

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 4 (82), 2025

Группы специальностей:

- 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство
- 4.2. Зоотехния и ветеринария
- 4.3. Агроинженерия и пищевые технологии

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2025

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

№ 4 (82), 2025

Groups of specialties:

- 4.1. Agronomy, forestry and water management
- 4.2. Animal science and veterinary medicine
- 4.3. Agroengineering and food technologies

Volgograd
Volgograd State Agrarian University
2025

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет**ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485****№ 4 (82), 2025***Группы специальностей:*

- 4.1. *Агрономия, лесное и водное хозяйство*
 4.2. *Зоотехния и ветеринария*
 4.3. *Агроинженерия и пищевые технологии*

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**THE MAGAZINE FOUNDER
Volgograd State
Agrarian University**ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485****№ 4 (82), 2025***Specialty groups:*

- 4.1. *Agronomy, forestry and water management*
 4.2. *Animal science and veterinary medicine*
 4.3. *Agroengineering and food technology*

ИЗВЕСТИЯНижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование**№ 4 (82), 2025**

В соответствии с решением Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России от 19.02.2010 г. № 686 журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук. Журнал индексируется в международных информационных системах **Web of Science (RSCI)**, **Agricultural Research Information System (AGRIS)**.

Официальный партнер международной организации **DOI Foundation (IDF)**, международной Ассоциации **Publishers International Linking Association (PILA)**, международного регистрационного агентства **CrossRef**.

Главный редактор:

Горлов И.Ф., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, зав. кафедрой "Технология пищевых производств" ВолГТУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Заместители главного редактора:

Фомин С.Д., доктор технических наук, зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, Волгоградский ГАУ

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Бочарников В.С., доктор технических наук, **член-корреспондент РАН**, Ученый секретарь Волгоградского ГАУ

Шанров М.Н., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

PROCEEDINGSof Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education**№ 4 (82), 2025**

According to the decision of Presidium of Higher certifying commission of Ministry of Education and science of Russia in 19.02.2010 № 686 the magazine was included into the list of leading peer-reviewed journals and issues where candidate and doctoral degree thesis basic scientific results can be published.

The journal is indexed in the International Information Systems **Web of Science (RSCI)**, **Agricultural Research Information System (AGRIS)**. Official partner of the International Organization **DOI Foundation (IDF)**, **The Publishers International Linking Association (PILA)**, and The International Registration Agency **CrossRef**

Editor-in-Chief:

Gorlov I.F., Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products

Deputy Editors in Chief:

Fomin S.D., Doctor of Technical Sciences, Head. Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, **Corresponding Member of RAS**, Scientific Secretary, Volgograd State Agrarian University
Shaprov M.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

**Международный редакционный совет
научного журнала**

Главный редактор – Горлов И.Ф., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, зав. кафедрой "Технология пищевых производств" ВолГТУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Заместители главного редактора:

Фомин С.Д., доктор технических наук, зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, Волгоградский ГАУ
<http://www.volgau.com/izvestiya>

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Бочарников В.С., доктор технических наук, член-корреспондент РАН, Ученый секретарь Волгоградского ГАУ

Шапров М.Н., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Бабински Лазло, профессор, доктор, директор института кормовых и пищевых биотехнологий, Дебреценский университет (Венгрия)
<http://mek.unideb.hu/hu/node/71>

Дубенок Н.Н., академик РАН, член бюро отделения РАН, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева
<http://www.timacad.ru/catalog/pps/detail.php?ID=1636>

Каштанова Е.Г., доктор, профессор, декан факультета с.-х., экотрофологии и ландшафтного развития, Анхальтский университет прикладных наук (г. Бернбург, Германия)
<https://www.hs-anhalt.de/en/university/service/directory-of-people/prof-dr-elena-kashtanova.html>

Кулик К.Н., академик РАН, Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН (ФНЦ Агроэкологии РАН)
<http://www.cnsbh.ru/AKDiL/akad/base/RK/000534.shtm>

Лихацевич А.П., член-корреспондент Национальной академии Беларуси, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт мелиорации (Республика Беларусь)
<http://nasb.gov.by/rus/members/>

**International Editorial Board
of the Scientific Journal**

Editor in Chief – Gorlov I.F., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, scientific director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, professor of the Volgograd State Agrarian University, Head of the Department of Food Production Technology of VolGTU, Honored Scientist of the Russian Federation, twice laureate of the Russian Government Prize in science and technology

Deputy Editor in Chief:

Fomin S.D., Doctor of Technical Sciences, head of the Center for Scientometrics Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, **Corresponding Member of RAS,** Scientific Secretary of the Volgograd State Agrarian University

Shaprov M.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State University

Babinski Lazlo, professor, doctor, director of the Institute of Feed and Food Biotechnology, Debrecen University (Hungary)

Dubenok N.N., Academician of the RAS, member of the Bureau of the Branch of the RAS, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

Kashtanova E.G., Doctor, Professor, Dean of the Faculty of Agriculture, Ecotrophology and Landscape Development, Anhalt University of Applied Sciences, Bernburg

Kulik K.N., Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Center for Agroecology, Melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences

Likhatsevich A.P., Corresponding Member, National Academy of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Institute of Land Reclamation (Belarus)

Петрович Милан, доктор биотехнических (сельскохозяйственных) наук, профессор, зам. директора по науке, Институт животноводства, г. Белград, Земун (Республика Сербия)

Сейдави Алиреза, доктор наук, профессор кафедры кормления с.-х. животных факультета зоотехнии, гл. редактор Иранского журнала прикладной зоотехнии, Директор подразделения по науке и технологиям Исламского университета Азад, Раштский филиал (Иран)

Семененко С.Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, гл. науч. сотрудник, ВНИИОЗ - филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», Москва

Сулаймонов Б.А., академик АН РУз, доктор биологических наук, ректор Ташкентского государственного аграрного университета, г. Ташкент (Республика Узбекистан)

<http://agriculture.uz/ru.php?/scientists/detail/28>

Турусов В.И., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»

Ференц Саваи, профессор, доктор, ректор Капошварского Университета (Венгрия)
<http://english.ke.hu/university/managing-board>

Шаговнович Драган А., директор Института экономики, Белград (Республика Сербия)

<http://www.ecinst.org.rs/sites/default/files/page-files/dragan-sagovnovic-eng.pdf>

Шеварлич Миладин М., доктор агроэкономических наук, профессор экономики сельского хозяйства и кооперативов, заведующий кафедрой экономики сельского хозяйства и рынка Белградского университета, председатель Общества агроэкономистов Сербии (Республика Сербия)

Шилерова Эдита, Ph.D., член Академического сената Чешского земледельческого университета в Праге
<http://wp.czu.cz/cs/index.php/?r=1071&mp=person.info&idClovek=39>

Щедрин В.Н., академик РАН, доктор технических наук, профессор

Ятусевич А.И., академик РАН, доктор ветеринарных наук, ректор Витебской государственной академии ветеринарной медицины (Республика Беларусь)

<http://www.vsavm.by/2012/09/04/yatusevich>

Petrovich Milan, Doctor of biotechnical (agricultural sciences), Professor, deputy Director for Science, Institute of Livestock, Belgrade, Zemun (Serbia)

Seidavi Alireza, Doctor of Science, Professor of the Department of Farm Animal Feeding of the Faculty of Animal Science, Editor-in-Chief of the Iranian Journal of Applied Animal Science, Director of the Science and Technology Division of the Islamic Azad University, Rasht Branch (Iran)

Semenenko S.Ya., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, VNIIOZ

Sulaimonov B.A., **academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan**, Doctor of Biological Sciences, Rector of the Tashkent State Agrarian University, Tashkent (Uzbekistan)

Turusov V.I., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Doctor of Agricultural Sciences, Voronezh FGBNU "Voronezh V.V. Dokuchaev FASC"

Savaii Ferenc, Professor, Doctor, Rector of Kaposvar University (Hungary)

Shagovnovich Dragan A., Director of the Institute of Economics, Belgrade (Serbia)

Shevarlich Miladin M., Doctor of Agricultural Economics, Professor of Agricultural Economics and Cooperatives, Head of the Department of Agricultural Economics and Market, University of Belgrade, Chairman of the Society of Agro-Economists of Serbia (Serbia)

Shilerova Edith, Ph.D., member of the Academic Senate of the Czech Agricultural University in Prague

Shchedrin V.N., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yatusevich A.I., **Academician of RAS**, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine (Belarus)

Редакционная коллегия научного журнала**4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство****4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)**

Дубенок Н.Н., академик РАН, член бюро отделения РАН, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

Егорова Г.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Зеленев А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральный исследовательский центр "Немчиновка", ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» г. Москва

Чамурлиев О.Г., доктор сельскохозяйственных наук, директор НИИ фундаментальных и прикладных агробиотехнологий, Волгоградский ГАУ

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки)

Подковыров И.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, Всероссийский НИИ фитопатологии, г. Москва

Зеленев А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральный исследовательский центр "Немчиновка", ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» г. Москва "

Егорова Г.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Тютюма Н.В., член-корреспондент РАН, профессор РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор ПАФ НЦ РАН

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

Подковыров И.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, Всероссийский НИИ фитопатологии, г. Москва

Зеленев А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральный исследовательский центр "Немчиновка", ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» г. Москва

Петров Н.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Editorial Board of the Scientific Journal**4.1. Agronomy, forestry and water management****4.1.1. General agriculture and crop production (agricultural sciences)**

Dubenok N.N., Academician of the RAS, member of the Bureau of the Branch of the RAS, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

Egorova G.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Zelenov A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal Research Center "Nemchinovka"

Chamurliov O.G., Doctor of Agricultural Sciences, Director of the Research Institute of Fundamental and Applied Agrobiotechnologies, Volgograd State Agrarian University

4.1.2. Plant breeding, seed production and biotechnology (agricultural sciences)

Podkovyrov I.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow

Zelenov A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal Research Center "Nemchinovka"

Egorova G.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Tutyuma N.V., corresponding member of RAS, Professor of RAS, Doctor of Agricultural Sciences, Director of PAF SC RAS

4.1.3. Agrochemistry, agro-soil science, plant protection and quarantine (agricultural sciences)

Podkovyrov I.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow

Zelenov A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal Research Center "Nemchinovka"

Petrov N.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Семененко С.Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, гл. науч. сотрудник, ВНИИОЗ-филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова», Москва

Филин В.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры (сельскохозяйственные науки)

Тютюма Н.В., **член-корреспондент РАН, профессор РАН**, доктор сельскохозяйственных наук, директор ПАФ НЦ РАН

Петров Н.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Ахмедов А.Д., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Ходяков Е.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Чамурлиев О.Г., доктор сельскохозяйственных наук, директор НИИ фундаментальных и прикладных агробиотехнологий, Волгоградский ГАУ

4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (сельскохозяйственные науки)

Овчинников А.С., **академик РАН**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Дубенок Н.Н., **академик РАН**, член бюро отделения **РАН**, РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева

Кулик К.Н., **академик РАН**, Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН (ФНЦ Агроэкологии РАН)

Ходяков Е.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Проездов П.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Саратовский ГАУ

4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (технические науки)

Лихацевич А.П., **член-корреспондент Национальной академии Беларуси**, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт мелиорации (Республика Беларусь)

Бочарников В.С., доктор технических наук, **член-корреспондент РАН**, Ученый секретарь Волгоградского ГАУ

Semenenko S.Ya., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, VNIIOZ

Filin V.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

4.1.4. Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops (agricultural sciences)

Tyutyuma N.V., **corresponding member of RAS, Professor of RAS**, Doctor of Agricultural Sciences, Director of PAF SC RAS

Petrov N.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Akhmedov A.D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Khodyakov E.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Chamurliev O.G., Doctor of Agricultural Sciences, Director of the Research Institute of Fundamental and Applied Agrobiotechnologies, Volgograd State Agrarian University

4.1.5. Land reclamation, water management and agrophysics (agricultural sciences)

Ovchinnikov A.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Volgograd State Agrarian University

Dubenok N.N., **Academician of the of the RAS**, member of the Bureau of the Branch of the RAS, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

Kulik K.N., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation RAS

Khodyakov E.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Proezdov P.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Saratov State Agrarian University

4.1.5. Land reclamation, water management and agrophysics (technical sciences)

Likhatsevich A.P., **Corresponding Member, National Academy of Belarus**, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Institute of Land Reclamation (Belarus)

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, **Corresponding Member of RAS**, Scientific Secretary of the Volgograd State Agrarian University

Васильев С.М., доктор технических наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации

Ахмедов А.Д., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Пахомов А.А., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

4.1.6. Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

Кулик К.Н., академик РАН, Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН (ФНЦ Агроэкологии РАН)

Иванцова Е.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор института естественных наук, Волгоградский госуниверситет

Кулик А.К., кандидат сельскохозяйственных наук, ФНЦ Агроэкологии РАН

Проездов П.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Саратовский ГАУ

Подковыров И.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, Всероссийский НИИ фитопатологии, г. Москва

4.2. Зоотехния и ветеринария

4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки)

Племышов К.В., член-корреспондент РАН, доктор ветеринарных наук, ректор ФГБОУ ВО «СПбГУВМ», г. Санкт-Петербург

Стекольников А.А., академик РАН, доктор ветеринарных наук, профессор, ФГБОУ ВО «СПбГУВМ»

Ятусевич А.И., академик РАН, доктор ветеринарных наук, ректор Витебской государственной академии ветеринарной медицины (Республика Беларусь)

Рыжкова Г.Ф., доктор биологических наук, профессор, Курская ГСХА им. Иванова И.И.

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Баймишев Х.Б., доктор биологических наук, профессор, Самарский ГАУ

Vasiliev S.M., Doctor of Technical Sciences, Russian Research Institute for Problems of Land Reclamation

Akhmedov A.D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Pakhomov A.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

4.1.6 Forest science, silviculture, agroforestry, landscaping, forest pyrology and inventory (agricultural sciences)

Kulik K.N., Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation RAS

Ivantsova E.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University

Kulik A.K., Candidate of Agricultural Sciences, National Science Center of Agroecology RAS

Proezdov P.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Saratov State Agrarian University

Podkovyrov I.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow

4.2. Animal science and veterinary medicine

4.2.1. Animal pathology, morphology, physiology, pharmacology and toxicology (veterinary sciences)

Plemyashov K.V., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

Stekolnikov A.A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

Yatusевич A.I., Academician of RAS, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine (Belarus)

Ryzhkova G.F., Doctor of Biological Sciences, Professor, Kurgan State Agricultural Academy named after Ivanova I.I

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

Baimishev Kh.B., Doctor of Biological Sciences, Professor, Samara GAU

Ряднова Т.А., кандидат биологических наук, доцент, Волгоградский ГАУ

4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (ветеринарные науки)

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Злепкин Д.А., доктор биологических наук, Волгоградский ГАУ

Сухинин А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки)

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Сухинин А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

Ятусевич А.И., академик РАН, доктор ветеринарных наук, ректор Витебской государственной академии ветеринарной медицины (Республика Беларусь)

Сашнина Л.Ю., доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией иммунологии, Всероссийский НИ ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии РАН

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки)

Горлов И.Ф., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, зав. кафедрой "Технология пищевых производств" ВолГТУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Мосолов А.А., доктор биологических наук, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Ryadnova T.A., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University

4.2.2. Sanitation, hygiene, ecology, veterinary and sanitary expertise and biosafety (veterinary sciences)

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

Zlepkin D.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Sukhinin A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

4.2.3. Infectious diseases and animal immunology (veterinary sciences)

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

Sukhinin A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

Yatusевич A.I., Academician of RAS, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine (Belarus)

Sashnina L.Yu., Doctor of Veterinary Sciences, Chief Researcher, Head Laboratory of Immunology, All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Russian Academy of Sciences

4.2.4 Private zootechnics, feeding, feed and livestock production technologies (agricultural sciences)

Gorlov I.F., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, scientific director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, professor of the Volgograd State Agrarian University, Head of the Department of Food Production Technology of VolGTU, Honored Scientist of the Russian Federation, twice laureate of the Russian Government Prize in science and technology

Mosolov A.A., Doctor of Biological Sciences, Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Варакин А.Т., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Натыров А.К., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, декан аграрного факультета Калмыцкого государственного университета

Сложенкина М.И., **член-корреспондент РАН**, доктор биологических наук, профессор, директор Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Чамурлиев Н.Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки)

Сизова Е.А., доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, зам. директора по научной работе

Злепкин Д.А., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Мосолова Н.И., доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции

Арылов Ю.Н., доктор биологических наук, профессор, Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова

Дускаев Г.К., доктор биологических наук, профессор РАН, первый заместитель директора, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН

Шлыков С.Н., доктор биологических наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки)

Горлов И.Ф., **академик РАН**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, зав. кафедрой "Технология пищевых производств" ВолГТУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Varakin A.T., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Natyrov A.K., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Dean of the Agrarian Faculty of Kalmyk State University

Slozhenkina M.I., Doctor of Biological Sciences, **Corresponding Member of RAS**, Professor, Director of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Chamurliev N.G., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd Agrarian State University

4.2.4 Private animal husbandry, feeding, technologies of feed preparation and production of livestock products (biological sciences)

Sizova E.A., Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director of Scientific Work

Zlepkin D.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Mosolova N.I., Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Volga Region Scientific Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products

Arylov Yu.N., Doctor of Biological Sciences, Professor, B. B. Gorodovikov Kalmyk State University

Duskaev G.K., Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, First Deputy Director, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences

Shlykov S.N., Doctor of Biological Sciences, Professor, Stavropol State Agrarian University

4.2.5 Breeding, Selection, Genetics and Animal Biotechnology (Agricultural Sciences)

Gorlov I.F., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Doctor of Agricultural Sciences, scientific director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, professor of the Volgograd State Agrarian University, Head of the Department of Food Production Technology of VolGTU, Honored Scientist of the Russian Federation, twice laureate of the Russian Government Prize in science and technology

Баймишев Х.Б., доктор биологических наук, профессор, Самарский ГАУ

Волохов И.М., доктор биологических наук, профессор, ВНИИплем

Коханов А.П., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Ранделин А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Федотов С.В., доктор ветеринарных наук, профессор, Московская ГАВМиБ, г. Москва

Чеходариди Ф.И., доктор ветеринарных наук, профессор, Горский ГАУ

Коханов М.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (биологические науки)

Ранделин Д.А., доктор биологических наук, Волгоградский ГАУ

Сложеникина М.И., **член-корреспондент РАН**, доктор биологических наук, профессор, директор Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Мосолова Н.И., доктор биологических наук, Главный научный сотрудник Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Злепкин Д.А., доктор биологических наук, Волгоградский ГАУ

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (сельскохозяйственные науки)

Ранделин Д.А., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Васильев А.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина

Гусева Ю.А., доктор сельскохозяйственных наук, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова

Бахарева А.А., доктор сельскохозяйственных наук, Астраханский государственный технический университет, Институт рыбного хозяйства, биологии и природопользования

Baimishev Kh.B., Doctor of Biological Sciences, Professor, Samara GAU

Volokhov I.M., Doctor of Biological Sciences, Professor, All-Russian Research Institute of Breeding

Kohanov A.P., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Randelin A.V., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Volgograd State Agrarian University

Fedotov S.V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine

Chekhodaridi F.I., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Gorsky State Agrarian University

Kohanov M.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

4.2.5 Breeding, Selection, Genetics and Animal Biotechnology (Agricultural Sciences)

Randelin D. A., Doctor of Biological Sciences, Volgograd State Agrarian University

Slozhenskina M.I., Doctor of Biological Sciences, **Corresponding Member of RAS**, Professor, Director of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Mosolova N.I., Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Zlepkin D.A., Doctor of Biological Sciences, Volgograd State Agrarian University

4.2.6. Fisheries, aquaculture and industrial fisheries (agricultural sciences)

Randelin D. A., Doctor of Biological Sciences, professor, Volgograd State Agrarian University

Vasiliev A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Bio-Technology – MBA named after K. I. Scriabin

Guseva Yu.A., Doctor of Agricultural Sciences, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

Bakhareva A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Astrakhan State Technical University, Institute of Fisheries, Biology and Environmental Management

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (биологические науки)

Ранделин Д.А., доктор биологических наук, Волгоградский ГАУ

Васильев А.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина

Гусева Ю.А., доктор сельскохозяйственных наук, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова

Бахарева А.А., доктор сельскохозяйственных наук, Астраханский государственный технический университет, Институт рыбного хозяйства, биологии и природопользования

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

Лихацевич А.П., член-корреспондент Национальной академии Беларуси, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт мелиорации (Республика Беларусь)

Зиганшин Б.Г., доктор технических наук, профессор РАН, первый проректор – проректор по научной работе и цифровой трансформации, Казанский ГАУ

Успенский И.А., доктор технических наук, профессор, Рязанский ГАТУ

Шапров М.Н., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Фомин С.Д., доктор технических наук, Волгоградский ГАУ

Новиков А.Е., доктор технических наук, член-корр. РАН, ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова», Москва

Ряднов А.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Борисенко И.Б., доктор технических наук, Волгоградский ГАУ

Гапич Д.С., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки)

Юдаев И.В., доктор технических наук, профессор, Кубанский ГАУ

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (биологические науки)

Randelin D. A., Doctor of Biological Sciences, Volgograd State Agrarian University

Vasiliev A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Bio-Technology – MBA named after K. I. Scriabin

Guseva Yu.A., Doctor of Agricultural Sciences, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

Bakhareva A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Astrakhan State Technical University, Institute of Fisheries, Biology and Environmental Management

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

Likhatsevich A.P., Corresponding Member, National Academy of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Institute of Land Reclamation (Belarus)

Ziganshin B.G., Professor of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, First Vice-Rector – Vice-Rector for Scientific Work and Digital Transformation, Kazan State University

Uspensky I.A., Doctor of Technical Sciences, Ryazan State Agrotechnological University

Shaprov M.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Fomin S.D., Doctor of Technical Sciences, Volgograd State Agrarian University

Novikov A.E., Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, GNU VNIIOZ, Director

Ryadnov A.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Borisenko I.B., Doctor of Technical Sciences, Volgograd State Agrarian University

Gapich D.S., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

4.3.2. Electrical technologies, electrical equipment and power supply of the agro-industrial complex (technical sciences)

Yudaev I.V., Doctor of technical sciences, professor, Kuban State University

Евдокимов А.П., кандидат технических наук, доцент, Волгоградский ГАУ

Дарманиян А.П., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Гапич Д.С., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

4.3.3. Пищевые системы (биологические науки)

Чернуха И.М., академик РАН, доктор технических наук, профессор, ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова», г. Москва

Бабински Лазло, профессор, доктор, директор института кормовых и пищевых биотехнологий, Дебреценский университет (Венгрия)
<http://mek.unideb.hu/hu/node/71>

Горлов И.Ф., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, зав. кафедрой "Технология пищевых производств" ВолГТУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Сложенкина М.И., член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, директор Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Гиро Т.М., доктор технических наук, профессор, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва

Храмова В.Н., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский государственный технический университет, декан факультета технологии пищевых производств

Золотокопова С.В., доктор технических наук, профессор, Астраханский ГТУ, Ученый секретарь

Мосолова Н.И., доктор биологических наук, главный научный сотрудник Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Evdokimov A.P., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University

Darmanyanyan A.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State University

Gapich D.S., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

4.3.3. Food systems (biological sciences)

Chernukha I.M., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, V. M. Gorbатов Food Science Research Center"

Babinski Lazlo, professor, doctor, director of the Institute of Feed and Food Biotechnology, Debrecen University (Hungary)

Gorlov I.F., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, scientific director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, professor of the Volgograd State Agrarian University, Head of the Department of Food Production Technology of VolGTU, Honored Scientist of the Russian Federation, twice laureate of the Russian Government Prize in science and technology

Slozhenkina M.I., Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of RAS, Professor, Director of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Giro T.M., Doctor of Technical Sciences, Professor, RGAU-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

Khramova V.N., Doctor of Biological Sciences, Professor, Volgograd State Technical University, Dean of the Faculty of Food Production Technology

Zolotokopova S.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Astrakhan State Technical University, Scientific Secretary

Mosolova N.I., Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

**АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО /
AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT**

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-01

**THE MINERAL NUTRITION IN MATTERS OF THE WINTER WHEAT YIELD GROWTH
IN THE SOUTH OF RUSSIA**¹Belyaev A. I., ²Petrov N. Yu., ²Kuznetsova E. A., ¹Petrov Yu. N.,
²Nekrasova T. N., ²Belyaev I. V., Okonov M. M.¹Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation²Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: npetrov60@list.ru

Received 18.04.2025

Submitted 10.06.2025

The study was carried out within the framework of the State Assignment «Theoretical foundations and methodology for assessing the greenhouse gas balance in freshwater reservoirs in the arid conditions of Southern Russia» (NFFE-2025-0012).

Abstract

Introduction. The relevance of the presented research is determined by the need to increase grain crop yields, especially winter wheat, in the context of rapidly growing global demand for food. The potential of new breeding methods and biotechnologies allows creating varieties with increased productivity; however, their maximum effect can only be achieved under adequate supply of macro- and micronutrients to plants. The article presents studies on the mineral nutrition influence on increasing grain yield of new winter wheat varieties. Experimental data confirmed that a lack of mineral nutrition significantly limits the realization of genetic potential of winter wheat. For example, at control plots without fertilizer application, variety yields varied from 4.96 t/ha («Stanichnaya») to 6.69 t/ha («Elanskaya»), reflecting the natural background productivity in conditions typical for chernozem soils of southern Volgograd region. However, when fertilizers were included into the cultivation technology, yields noticeably increased: up to 6.20 t/ha for «Stanichnaya» and 8.26 t/ha for «Elanskaya». **Object.** The experiment involved an agrobiological study of the following winter wheat varieties: «Stanichnaya» (control), «Skipetr», «Governor Don» and «Elanskaya» (local selection based on patent No. 11906 dated 2021). **Materials and Methods.** The methodology was based on classical field experiments conducted within the land ownership of the LLC «Niva» in Elan district, Volgograd region. The experiment took place between 2022-2024 in areas characterized by typical regional soil conditions-southern type black earth rich in humus (5.63 %). The experimental program consisted of several stages:

- Initial seed preparation included preliminary treatment against infectious diseases and pest damage.
- The main stage of the experiment focused on comparing effects of different levels of mineral nutrition, ranging from no fertilization to various combinations of fertilizer application (during sowing and spring top dressing).

Results and Conclusions. According to obtained data, the yield of winter wheat in control variants without fertilizer application ranged from 4.96 t/ha («Stanichnaya») to 6.69 t/ha («Elanskaya»).

Mineral fertilizers provided significant positive results:

- Single application of fertilizers during sowing increased the yield of «Stanichnaya» to 6.20 t/ha and «Elanskaya» to 8.26 t/ha.
- Highest yields were recorded when combining fertilizer application during sowing followed by subsequent spring top-dressing. In this case, yields reached 6.92 t/ha for «Stanichnaya» and 9.04 t/ha for «Elanskaya».

Thus, the study confirmed the effectiveness of targeted use of mineral fertilizers to enhance the productivity of winter wheat and allowed determining optimal fertilizer combinations for specific agroecological zones.

Keywords: chestnut soils, mineral nutrition of wheat, yield of winter wheat hybrids, winter wheat, winter wheat varieties, winter wheat hybrids, winter wheat cultivation technologies.

Citation. Belyaev A. I., Petrov N. Yu., Kuznetsova E. A., Petrov Yu. N., Nekrasova T. N., Belyaev I. V., Okonov M. M. The mineral nutrition in matters of the winter wheat yield growth in the South of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 13-20 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-01.

Author's contribution. The authors of this study were directly involved in setting up the program, planning the experiment, accounting and analyzing the data obtained, presenting conclusions and forming proposals for production. The authors of this article have studied and approved the final version of the article.

Conflict of interests. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 633.11:631.5

**МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ В ВОПРОСАХ РОСТА УРОЖАЙНОСТИ
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЮГЕ РОССИИ**¹**Беляев А. И.**, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор²**Петров Н. Ю.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор²**Кузнецова Е. А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент¹**Петров Ю. Н.**, кандидат сельскохозяйственных наук²**Некрасова Т. Н.**, кандидат филологических наук, соискатель²**Беляев И. В.**, соискатель**Оконов М. М.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор¹ФГБУ Федеральный научный центр «Агроэкологии, комплексной мелиорации
и защитного лесоразведения» РАН²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследование выполнено в рамках Гос. задания «Теоретические основы и методология оценки баланса парниковых газов на пресноводных водоемах в засушливых условиях Юга России» (NFFE-2025-0012).

Актуальность. Актуальность представленного исследования определяется необходимостью повышения урожайности зерновых культур, особенно озимой пшеницы, в условиях быстро развивающегося мирового спроса на продовольствие. Потенциал новой селекции и биотехнологий позволяет создавать сорта с повышенной продуктивностью, однако максимальный эффект от их выращивания возможен лишь при условии адекватного обеспечения растений макро- и микроэлементами. В статье представлены исследования по влиянию минерального питания на повышение урожайности зерна новых сортов озимой пшеницы. Экспериментальные данные подтвердили, что недостаток минерального питания серьезно ограничивает реализацию генетического потенциала озимой пшеницы. Например, на контрольных площадках без внесения удобрений урожайность сортов варьировала от 4,96 т/га (сорт «Станичная») до 6,69 т/га (сорт «Еланская»), что отражает естественный фон продуктивности в условиях черноземов южной зоны Волгоградской области. Однако при включении удобрений в технологию возделывания пшеницы урожайность заметно повышалась: от 6,20 т/га у сорта «Станичная» до 8,26 т/га у сорта «Еланская».

Объект. Эксперимент включал в себя: агробиологическое изучение сорта озимой пшеницы – «Станичная» (контроль) и перспективные сорта – «Скипетр», «Губернатор Дона» и «Еланская» (местной селекции (патент на селекционное достижение № 11906 от 2021 года)).

Материалы и методы. Методология исследования основана на классическом полевом опыте, реализованном в условиях землевладения ООО «Нива» в Еланском районе Волгоградской области. Эксперимент проходил в период с 2022 по 2024 год на территории с типичными для региона почвенными условиями – черноземами южного типа, богатыми гумусом (5,63 %). Программа эксперимента состояла из нескольких этапов:

- Первоначальная подготовка семян включала предварительное протравливание для предотвращения инфекционных заболеваний и повреждений вредителями.

- Основной этап эксперимента заключался в сравнении эффектов от разного уровня минерального питания, начиная от отсутствия удобрений и заканчивая различными комбинациями их внесения (при посеве и весенней подкормке).

Результаты и выводы. Согласно полученным данным, урожайность озимой пшеницы в контрольных вариантах, без внесения удобрений, находилась в диапазоне от 4,96 т/га (сорт «Станичная») до 6,69 т/га (сорт «Еланская»).

Использование минеральных удобрений дало значительный положительный эффект:

- Однократное внесение удобрений при посеве увеличило урожайность сорта «Станичная» до 6,20 т/га, а сорта «Еланская» – до 8,26 т/га.

- Наиболее высокая урожайность была зафиксирована при совместном внесении удобрений при посеве и последующей весенней подкормке. В таком варианте урожайность составила 6,92 т/га у сорта «Станичная» и 9,04 т/га у сорта «Еланская».

Таким образом, исследование подтвердило эффективность целенаправленного применения минеральных удобрений для повышения продуктивности озимой пшеницы и позволило определить оптимальные комбинации удобрений для конкретной агроэкологической зоны.

Ключевые слова: каштановые почвы, минеральное питание пшеницы, урожайность гибридов озимой пшеницы, озимая пшеница, сорта озимой пшеницы, гибриды озимой пшеницы, технологии возделывания озимой пшеницы.

Цитирование. Беляев А. И., Петров Н. Ю., Кузнецова Е. А., Петров Ю. Н., Некрасова Т. Н., Беляев И. В., Оконов М. М. Минеральное питание в вопросах роста урожайности озимой пшеницы на юге России. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 13-20. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-01.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования непосредственно участвовали в постановке программы, планировании эксперимента, учета и анализа полученных данных, в изложении выводов и формированию предложений производству. Авторы настоящей статьи изучили и одобрили представленный в окончательном виде вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Развитие аграрного сектора экономики предполагает непрерывное совершенствование производственных процессов, особенно касающихся высокоэффективных способов получения качественной сельскохозяйственной продукции. Важнейшая роль среди зерновых культур отводится озимой пшенице, обладающей высокими генетическими характеристиками продуктивности по сравнению с яровыми сортами. Современные технологии требуют разработки устойчивых, экономически выгодных и экологически сбалансированных решений, позволяющих удовлетворять биологическую потребность культуры в элементах питания и эффективно использовать ресурсы окружающей среды.

Современное растениеводство сталкивается с необходимостью эффективного управления процессом воспроизводства зерновой продукции, поскольку спрос на зерно продолжает расти, а традиционные способы хозяйствования зачастую оказываются недостаточными для удовлетворения растущих требований рынка. Поэтому одним из приоритетных направлений является внедрение новейших сортов пшеницы с высоким потенциалом продуктивности, правильная подготовка семенных площадей, своевременное использование органических и минеральных удобрений, создание благоприятных условий для развития корневой системы и максимального проявления потенциала растения.

Научные исследования и практические эксперименты играют ключевую роль в создании инновационных технологий возделывания озимой пшеницы, направленных на увеличение урожайности и устойчивости к неблагоприятным условиям внешней среды.

Настоящее исследование посвящено изучению воздействия минерального питания на урожайность сортов озимой пшеницы, относящихся к разным направлениям селекции. Исследование проведено в условиях агроклиматической зоны Чернозёмных почв юга России, известной своими уникальными условиями для развития пшеницы.

Полевой эксперимент проходил в 2022-2024 гг. на земельном участке хозяйства «Нива» в Еланском районе Волгоградской области. Почва участка представлена южными черноземами с уровнем содержания гумуса порядка 5,63 % в верхнем слое почвы. Культуры подвергались воздействию умеренного континентального климата с ежегодными колебаниями температур и сезонностью выпадения осадков.

Объектами опыта стали четыре сорта озимой пшеницы:

- «Станичная» – стандартный контрольный сорт.
- «Скипетр», «Губернатор Дона», «Еланская» – перспективные сорта местного происхождения, зарегистрированные патентным свидетельством № 11906 от 2021 года.

Каждый сорт оценивался по реакции на разные схемы внесения минеральных удобрений. Внесение минеральных удобрений осуществлялось следующим образом:

- Основной объем удобрений вводился при посеве: использовали аммонийфосфатное удобрение (аммофоска) в дозировке 60 кг/га.

- Весной использовалась дополнительная подкормка аммиачной селитрой в дозировке 200 кг/га.

- Комплексное внесение удобрений включало оба указанных этапа.

Исследование выявило существенные изменения урожайности сортов пшеницы в зависимости от степени минерального питания. Контрольные варианты продемонстрировали следующую динамику урожайности:

- Сорт «Станичная»: 4,96 т/га.

- Сорт «Еланская»: 6,69 т/га.

Применение минерального питания при посеве значительно повысило показатель урожайности:

- Сорт «Станичная»: 6,20 т/га.

- Сорт «Еланская»: 8,26 т/га.

Наиболее эффективным оказалось совместное использование основного внесения удобрений при посеве и дополнительной подкормки весной. Эта комбинация привела к следующему росту показателей:

- Сорт «Станичная»: 6,92 т/га.

- Сорт «Еланская»: 9,04 т/га.

Таким образом, наибольший прирост урожайности наблюдался именно при комплексной схеме внесения удобрений.

Зерновые культуры традиционно остаются ключевым элементом пищевой цепочки человечества, оказывая прямое воздействие на продовольственную безопасность государств и стабильность функционирования мировой экономики. Согласно современным научным данным, приведенным З. М. Азизовым (2023), современное состояние мирового зернового хозяйства выступает индикатором общей эффективности глобальной аграрной индустрии. Высокий уровень спроса на продукты переработки зерна обусловлен значительным увеличением численности населения Земли, изменением потребительских предпочтений и стремительным ростом потребления мяса и молока, являющихся конечными продуктами животноводства, зависящего от наличия качественного корма [1, 8].

Темпы роста мирового товарообмена зерном свидетельствуют о нарастающей интеграции рынков и формировании единого пространства международных торговых отношений. Несмотря на общее удвоение объема международной торговли зерном за последние три десятилетия, наблюдаются признаки снижения темпов прироста, вызванного изменениями в структуре потребления, снижением доходности аграрного бизнеса и нестабильной экологической ситуацией.

Среди всех зерновых культур особое значение приобретает озимая пшеница, которая выделяется своей уникальной способностью обеспечивать стабильно высокие урожаи и превосходить остальные виды злаковых культур по объему производства. Основные регионы культивирования озимой пшеницы включают центрально-черноземную зону России, Северокавказский регион и Волго-Уральские степи, отличающиеся благоприятными климатическими условиями и наличием богатых черноземных почв [1, 8]. Эти районы обеспечивают стабильное поступление зерна на внутренний рынок и возможность экспорта, поддерживая стратегические интересы государства в сфере продовольствия.

Несмотря на очевидные преимущества, российские ученые отмечают наличие ряда проблем, связанных с недостаточной степенью адаптации существующих сортов к изменениям климатических условий, низкой адаптацией отечественных производителей к новым требованиям международного рынка и сложностям транспортировки зерна в отдаленные регионы [2, 3]. Решение этих вопросов потребует значительных усилий по модернизации инфраструктуры хранения и логистике, а также разработки принципиально новых селекционных линий, ориентированных на повышение урожайности и устойчивости к экстремальным погодным явлениям.

Важность устойчивого развития российского зернового хозяйства подчеркивается выводами А. Н. Бондаренко, А. Ф. Туманяна и других авторов (2020), отмечавших острую необходимость дальнейшего наращивания объемов производства зерна. Проблема заключается не только в удовлетворении внутреннего спроса на хлебобулочные изделия, но и в обеспечении устойчивого развития животноводческой отрасли, связанной с производством комбикормов. Объемы посевных площадей зерновых культур составляют приблизительно треть мировых земельных угодий, что подчеркивает исключительную важность эффективной стратегии развития отечественного зерноводства для решения продовольственных задач как внутри страны, так и на международном рынке [2, 3].

Таким образом, исследование состояния мирового зернового хозяйства и выявление путей улучшения производственной структуры зернопроизводящих регионов становятся критически важными аспектами современной аграрной политики. Необходимость принятия мер по стабилизации и расширению площадей под озимую пшеницу диктуется задачей укрепления национальной продовольственной безопасности и поддержания высоких стандартов жизни населения Российской Федерации.

Современные реалии сельскохозяйственного производства характеризуются усилением роли инновационных технологий и научных разработок в повышении эффективности зерноводства. Озимая пшеница остаётся ключевой культурой, способствующей обеспече-

нию продовольственной безопасности и экономического благополучия регионов России. Однако, несмотря на значительные успехи в области селекции и агротехники, средний уровень урожайности в целом по стране, в частности в Волгоградской области, оставляет желать лучшего и варьируется в диапазоне от 2,00 до 3,50 тонн с гектара [3, 10]. Данная ситуация требует тщательного научного обоснования и практических шагов по внедрению прогрессивных технологий, учитывающих региональные особенности почвенно-климатических зон.

Особое внимание уделяется вопросам выбора оптимальной системы удобрения, играющего решающую роль в увеличении урожайности. Исследовательские работы показывают, что сочетание богатого органического вещества почвы, выражаемого показателем гумусности, с грамотно подобранными нормами и видами минеральных удобрений способно обеспечить получение рекордных урожаев свыше 10 тонн с гектара [6]. Таким образом, южные черноземы Волгоградской области обладают уникальным потенциалом для реализации высокоэффективных агроприемов, основанных на ресурсосберегающих методиках.

Достоверность подобного утверждения подкрепляется рядом наблюдений, проведенных учеными Е. А. Бильдиевым и В. Н. Капрановым [2, 7], доказавшими положительное влияние научно обоснованного применения минеральных удобрений. Особое внимание уделяется использованию азотных удобрений, оптимально вводимых в фазу активного вегетативного роста озимой пшеницы. Именно этот элемент оказывает наибольшее влияние на процессы синтеза белков и углеводов, способствуя формированию полноценного урожая. Вместе с тем, успешное проведение агротехнологических операций невозможно без глубокого понимания особенностей конкретных сортов и региональных условий возделывания.

Обобщив итоги многолетних исследований, выполненных ведущими научными центрами нашей страны, можно отметить, что наиболее перспективными технологиями возделывания озимой пшеницы в сухостепных зонах России являются системы земледелия, предусматривающие минимальную обработку почвы, сохранение влаги и максимальное снижение энергозатрат. Данные технологии основаны на принципах рационального использования природных ресурсов и интегрированного подхода к управлению процессами питания растений. Внедрение таких технологий позволит создать предпосылки для устойчивого развития сельского хозяйства, сохранить почвенное плодородие и повысить конкурентоспособность российской сельскохозяйственной продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Материалы и методы исследования. Изучаемые сорта озимой пшеницы подвергаются регулярным испытаниям с целью выявления оптимальных технологий возделывания, соответствующих региональным особенностям и гарантирующим высокое качество урожая. Одной из значимых территорий для подобных исследований является территория Волгоградской области, характеризующаяся преобладанием южного чернозема и разнообразием климатических условий, благоприятствующих развитию зерновых культур.

Испытательные поля расположены на территории сельскохозяйственного предприятия ООО «Нива» в Еланском районе Волгоградской области. Регион характеризуется средиземноморским типом континентальности климата, присущим лесостепным и степным зонам юга России. Южная часть области расположена в зоне широкого распространения южно-степных черноземов, характеризующихся повышенным содержанием гумуса, хорошо развитым механическим составом и нейтральной реакцией почвенного раствора. Территория имеет рельеф с незначительной расчлененностью и малым уклоном поверхности, что облегчает механизацию работ и улучшает дренажные свойства почвы.

Классическая схема севооборота на предприятии предусматривает последовательное чередование культур: чёрный пар → озимая пшеница → подсолнечник. Такое распределение культур направлено на профилактику заболеваний и вредителей, восстановление плодородия почвы и повышение урожайности последующих культур.

Механизированная обработка почвы выполняется по классической системе, принятой для региона, с обязательной глубокой обработкой перед посевом озимой пшеницы. Основное глубокое рыхление осуществляется с помощью комбинированных агрегатов, оснащённых плугами с предплужниками. Плуг оборудован несколькими корпусами, установленными последовательно, друг за другом, что позволяет обрабатывать почву на глубину 0,29-0,31 метров. Данный прием направлен на разрушение уплотнённого слоя почвы, подготовку верхнего горизонта для заделки семян и стимуляцию аэрации почвы.

В рамках полевых исследований испытывались четыре сорта озимой пшеницы:

- Контрольный сорт «Станичная».

- Сорта местной селекции: «Губернатор Дона», «Скипетр», «Еланская» (зарегистрированы в Государственном реестре селекционных достижений Российской Федерации, Патент № 11906 от 2021 года).

Семена предварительно проходили специальную обработку в целях профилактики грибковых инфекций и поражения насекомыми-вредителями. Для этого использовалась баковая смесь инсекто-фунгицидного препарата, обеспечивающая защиту посевного материала от болезней и вредителей.

Одновременно с посевом внедрялась программа удобрений, основанная на применении препаратов сложного химического состава. Основным видом удобрений являлся аммофос ($N:P_2O_5 = 12:52$), предназначенный для обогащения почвы доступными формами азота и фосфора. Норма внесения составила 60 кг физической массы на один гектар.

Дополнительно в весенний период производилась внекорневая подкормка растений путём внесения аммиачной селитры (NH_4NO_3) с помощью специализированного агрегата Туман-2М. Аммиачная селитра вносится в дозировке 200 кг физической массы на гектар, способствуя ускоренному росту зелёной массы и закладке репродуктивной фазы растений.

Результаты и обсуждение. Конечным итогом проведенных исследований является урожайность – результирующий показатель оценки того или иного сорта, который всецело базируется на генетических особенностях, реакции комплекса наследственных факторов растений озимой пшеницы на его разные условия внешней среды. Новые перспективные сорта интенсивного типа, как было получено в наших опытах в благоприятные годы, (такие как 2022 год) формируют урожайность до 10,0 т/га по предшественнику черный пар на черноземе южном с дополнительным применением минерального питания. Результаты проведенного опыта отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность озимой пшеницы в зоне чернозема южного, т/га среднее за 2022...2024 гг.
Table 1 – Winter wheat yield in the southern chernozem zone, t/ha average for 2022...2024

Фон / Background	Сорт / Wheat variety			
	«Станичная» / «Stanichnaya»	«Губернатор Дона» / «Governor Don»	«Скипетр» / «Scipetr»	«Еланская» / «Elanskaya»
Контроль / Control	4,96	5,23	6,47	6,69
При посеве – Аммофос 12:52, 60 кг / When sowing – Amophos 12:52, 60 kg	5,91	6,38	7,52	7,96
Подкормка весной – 200 кг / Feeding in spring – 200 kg	6,20	6,75	7,94	8,26
Аммофос 60 кг + Аммиачная селитра 200 кг / Amofos 60 kg + Ammonium nitrate 200 kg	6,92	7,31	8,43	9,04

$HCP_{05} = 0,16$

Проведенный эксперимент показал, что без применения удобрений, при наличии гумуса в пахотном горизонте 5,63 % у сорта стандарта была сформирована средняя урожайность за 3 года на уровне 4,96 т/га. У сорта «Скипетр» – 6,47 т/га, у сорта «Губернатор Дона» – 6,69 т/га. На вариантах, где применяли только аммофоску, с высеваем урожайность повышалась у сорта «Станичная» – до 5,91 т/га, у сорта «Скипетр» – 7,52 т/га, у сорта «Губернатор Дона» – 6,38 т/га, у сорта «Еланская» – 7,96 т/га. Наибольшая урожайность была получена при комплексном применении минерального питания с высеваем и в весеннюю подкормку. В результате величины урожайности составляли: сорт «Станичная» – 6,92 т/га, сорт «Скипетр» – 8,43 т/га, сорт «Губернатор Дона» – 7,31 т/га, сорт «Еланская» – 9,04 т/га.

Заключение. Проведённые исследования продемонстрировали, что совместное использование удобрений (аммофос в дозе 60 кг на га при посеве и аммиачная селитра в дозе 200 кг на га в качестве весенней подкормки) на южных чернозёмах с исходным уровнем гумуса 5,63 % позволяет достичь значимого прироста урожайности. Например, сорт местной селекции «Еланская» формирует максимальный сбор зерна – 9,04 т/га против средней естественной урожайности 6,69 т/га на необработанном участке.

Таким образом, проведение полевых исследований в естественных условиях позволило установить ряд важных зависимостей между приёмами агротехники, сортовыми особенностями и параметрами окружающей среды. Разработанная система применения удобрений, выбор оптимальных сроков обработки почвы и правильный подбор сортов позволили выявить ключевые механизмы, повышающие производительность и стабильность урожая озимой пшеницы в условиях конкретного региона.

Conclusions. Studies have shown that the combined use of fertilizers (ammophos at a dose of 60 kg per hectare during sowing and ammonium nitrate at a dose of 200 kg per hectare as spring fertilization) on southern black soils with an initial humus level of 5.63 % can achieve a significant increase in yield. For example, the variety of local selection Elanskaya forms the maximum grain yield – 9.04 t/ha against the average natural yield of 6.69 t/ha on an uncultivated plot.

Thus, field research in natural conditions made it possible to establish a number of important dependencies between agricultural techniques, varietal features and environmental parameters. The developed system of fertilizer application, the choice of optimal tillage periods and the correct selection of varieties made it possible to identify key mechanisms that increase the productivity and stability of the winter wheat harvest in the conditions of a particular region.

Библиографический список

1. Азизов З. М. и др. Влияние систем приемов основной обработки почвы в сочетании с применением азотного удобрения на урожайность сортов озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья. Аграрный научный журнал. 2023. № 10. С. 4-13.
2. Бильдиева Е. А., Ерошенко Ф. В. Влияние технологии возделывания на накопление азота растениями озимой пшеницы. Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 1 (16). С. 4-11.
3. Бондаренко А. Н., Гусакова Н. Н., Жук Е. А. Влияние минерального питания на урожайность и качество зерна озимых зерновых культур. Аграрный научный журнал. 2020. № 2. С. 4-8.
4. Вошидский Н. Н., Кулыгин В. А., Целуйко О. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность новых сортов озимой пшеницы в Ростовской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 125-134.
5. Емельянова А. А., Дубовик Д. В., Айдиев А. Я., Логинов Е. В. Изменение урожайности и качества зерна озимой пшеницы в зависимости от сорта и доз минеральных удобрений. Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36 (11). С. 26-30.
6. Зеленев А. В., Егоров Н. М., Новокрещенов И. Д. Эффективность приемов основной обработки чистого пара в повышении урожайности сортов озимой пшеницы в условиях каштановых почв Волгоградской области. Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 88-95.
7. Капранов В. Н., Зеленев А. В., Кисилев Е. Ф., Тегенов Д. С., Плещачев Н. Ю. Роль технологии разного уровня в формировании урожайности и качества зерна новых сортов озимой пшеницы. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2025. № 1 (79). С. 32-39.
8. Петров Л. К., Ивенин В. В., Ивенин А. В. Формирование урожайности сортов озимой пшеницы в зависимости от технологии их возделывания в Нижегородской области. Аграрный научный журнал. 2024. № 10. С. 34-41.
9. Кравцов А. М. и др. Роль оптимизации режима питания растений озимой пшеницы в повышении урожайности и качества зерна. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 86. С. 68-78.
10. Туманян А. Ф., Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н. Агротехнологические приемы повышения урожайности озимых и яровых зерновых культур в условиях Астраханской области. Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2020. № 1 (43). С. 3-6.
11. Bikmukhametov Z. Adaptive technologies for intensification of winter wheat grain production in biologized crop rotation. BIO Web of Conferences. 2020. V. 17.
12. Bakaeva N. P., et al. Intensive agricultural technologies of winter wheat cultivation in the Middle Volga region. BIO Web of Conferences. 2020. V. 17.
13. Pelech L. Formation of productivity of winter wheat crops depending on agrotechnical methods of tillage. The Scientific Heritage. 2021. № 62-1. Pp. 5-8.

References

1. Azizov Z. M., et al. The influence of systems of basic tillage techniques combined with the use of nitrogen fertilizers on the yield of winter wheat varieties in the conditions of the Lower Volga region. Agrarian Scientific Journal. 2023. No. 10. Pp. 4-13.
2. Bildieva E. A., Eroshenko F. V. Influence of cultivation technology on nitrogen accumulation by winter wheat plants. Agricultural magazine. 2023. No. 1 (16). Pp. 4-11.
3. Bondarenko A. N., Gusakova N. N., Zhuk E. A. The influence of mineral nutrition on the yield and grain quality of winter crops. Agrarian Scientific Journal. 2020. No. 2. Pp. 4-8.
4. Voshidskiy N. N., Kulygin V. A., Tseluiko O. A. The influence of elements of cultivation technology on the yield of new varieties of winter wheat in the Rostov region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: science and higher professional education. 2022. No. 3 (67). Pp. 125-134.
5. Yemelyanova A. A., Dubovik D. V., Aidiev A. Ya., Loginov E. V. Changes in the yield and quality of winter wheat grain depending on the variety and doses of mineral fertilizers. Achievements of science and technology of the agroindustrial complex. 2022. V. 36 (11). Pp. 26-30.
6. Zelenev A. V., Egorov N. M., Novokreschenov I. D. The effectiveness of basic steam treatment techniques in increasing the yield of winter wheat varieties in chestnut soils of the Volgograd region. Innovative technologies in the agro-industrial complex in the context of digital transformation: proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd, 2022. Pp. 88-95.

7. Kapranov V. N., Zelenev A. V., Kisilev E. F., Tegenov D. S., Pleskachev N. Y. The role of technology at various levels in the formation of yield and grain quality of new varieties of winter wheat. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: science and higher professional education. 2025. No. 1 (79). Pp. 32-39.
8. Petrov L. K., Ivenin V. V., Ivenin A. V. The formation of yields of winter wheat varieties depending on the technology of their cultivation in the Nizhny Novgorod region. Agrarian Scientific Journal. 2024. No. 10. Pp. 34-41.
9. Kravtsov A. M., et al. The role of optimizing the nutrition regime of winter wheat plants in increasing grain yield and quality. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2020. No. 86. Pp. 68-78.
10. Tumanyan A. F., Tyutyuma N. V., Bondarenko A. N. Agrotechnological techniques for increasing the yield of winter and spring grain crops in the Astrakhan region. Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. 2020. No. 1 (43). Pp. 3-6.
11. Bikmukhametov Z. Adaptive technologies for the intensification of winter wheat grain production in a biological crop rotation. BIO. 2020 Web conference. V. 17.
12. Bakayeva N. P., et al. Intensive agrarian technologies of winter wheat cultivation in the Middle Volga region. BIO. 2020 Web conference. Volume 17.
13. Pelekh L. Formation of yield of winter wheat crops depending on agrotechnical methods of tillage. Scientific heritage. 2021. No. 62-1. Pp. 5-8.

Информация об авторах

Беляев Александр Иванович, член-корреспондент РАН, директор, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97).

Петров Николай Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), e-mail: npetrov60@list.ru

Кузнецова Елена Андреевна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26).

Петров Юрий Николаевич, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97).

Некрасова Татьяна Николаевна, соискатель, кандидат филологических наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), e-mail: tnnekrasova@inbox.ru

Беляев Иван Владимирович, соискатель, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26).

Оконов Мутул Максимович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. А. С. Пушкина, 11).

Authors' Information

Belyaev Aleksander Ivanovich, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97).

Petrov Nikolay Yurievich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: npetrov60@list.ru

Kuznetsova Elena Andreevna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26).

Petrov Yuriy Nikolaevich, Senior Researcher, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97).

Nekrasova Tatyana Nikolaevna, Applicant, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: tnnekrasova@inbox.ru

Belyaev Ivan Vladimirovich, Applicant, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26).

Okonov Mutul Maksimovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, Republic of Kalmykia, Elista, A. S. Pushkin str., 11).

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-02

THE PRE-SOWING SEED TREATMENT WITH THE ULTRAVIOLET RADIATION (REVIEW)**Pakhomov V. I., Bakhchevnikov O. N., Braginets A. V., Khomenko P. A.**

*Agricultural Research Centre Donskoy
Zernograd, Rostov Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: oleg-b@list.ru

Received 09.04.2025

Submitted 26.05.2025

Summary

The article presents the results of a review of pre-sowing seed treatment with ultraviolet radiation. A systematic search and critical analysis of scientific literature showed that UV radiation treatment is an environmentally safe method that can replace chemical methods of seed preparation for sowing.

Abstract

Introduction. Pre-sowing treatment of seeds with ultraviolet radiation is an environmentally safe method aimed at increasing germination, disinfection and improving crop growth. **Object.** Pre-sowing treatment of seeds with UV radiation was the object of the study. **Materials and Methods.** A systematic search and critical analysis of relevant scientific literature from 2010 to 2025 was carried out using PRISMA-ScR protocol.

Results and Discussion. The effect of UV radiation on seeds depends on its wavelength. UV-A radiation is ineffective for seed stimulation and disinfection. UV-B radiation shows a dose-dependent effect: low doses stimulate germination while high doses inhibit growth. UV-B has mild disinfection potential. UV-C is recognized as the most promising, as its short-term exposure effectively stimulates seed germination, seedling growth, increases plant resistance to stress and provides the best disinfection against bacteria and fungi. The key factors in the effectiveness of UV radiation application are the irradiation dose determined by its intensity and duration, the distance to the light source and specific characteristics of seeds. Advantages of seed treatment with UV radiation: environmental friendliness, complex stimulating and disinfecting effect, increase of plant stress resistance. Disadvantages: risk of seed damage when the dose is exceeded, specificity of the reaction and limited depth of radiation penetration. **Conclusion.** UV radiation treatment is an environmentally safe method that can replace chemical methods of seed preparation for sowing. Further studies are necessary to determine the optimum treatment regimes for different crops and their varieties, the synergistic effects of different ranges of UV radiation and the development of cost-effective technologies.

Keywords: pre-sowing seed treatment, ultraviolet radiation, radiation range, seed germination, seed disinfection.

Citation. Pakhomov V. I., Bakhchevnikov O. N., Braginets A. V., Khomenko P. A. The pre-sowing seed treatment with the ultraviolet radiation (review). *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 20-34 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-02.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 621.384.4+631.53.027.34

ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА СЕМЯН УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ (ОБЗОР)

Пахомов В. И., член-корреспондент РАН, доктор технических наук, директор
Бахчевников О. Н., кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Брагинец А. В., кандидат технических наук, научный сотрудник
Хоменко П. А., аспирант

Аграрный научный центр «Донской»
г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация

Актуальность. Предпосевная обработка семян ультрафиолетовым излучением представляет собой экологически безопасный метод, направленный на повышение всхожести, обеззараживание и улучшение роста сельскохозяйственных культур. **Объект.** Объектом исследования являлась предпосевная обработка семян УФ-излучением. **Материалы и методы.** Был выполнен систематический поиск и критический анализ релевантной научной литературы за период с 2010 по 2025 год с использованием протокола PRISMA-ScR. **Результаты и обсуждение.** Действие УФ-излучения на семена зависит от длины его волны. Излучение UV-A малоэффективно для стимуляции и обеззараживания семян. Излучение UV-B демонстрирует дозозависимое действие: низкие дозы стимулируют прорастание, тогда как высокие ингибируют рост. UV-B обладает умеренным обеззараживающим потенциалом. Излучение UV-C признано наиболее перспективным, так как его кратковременное воздействие эффективно стимулирует прорастание семян, рост проростков, повышает устойчивость растений к стрессам и обеспечивает наилучшее обеззараживание от бактерий и грибов. Ключевыми факторами эффективности применения УФ-излучения являются доза облучения, определяемая его интенсивностью и продолжительностью, расстояние до источника света и видоспецифические особенности семян. Отмечены преимущества обработки УФ-излучением, такие как экологичность, комплексное стимулирующее и обеззараживающее действие, повышение стрессоустойчивости растений, а также его недостатки, включая риск повреждения семян при превышении дозы, видоспецифичность реакции и ограниченную глубину проникновения излучения. **Выводы.** Обработка УФ-излучением является экологически безопасным методом, который может заменить химические способы подготовки семян к посеву. Однако для ее успешного применения необходимо провести дополнительные исследования для определения оптимальных режимов обработки для различных культур и их сортов, изучения синергетических эффектов действия различных диапазонов УФ-излучения и разработки экономически эффективных технологий.

Ключевые слова: предпосевная обработка семян, ультрафиолетовое излучение, диапазон излучения, всхожесть семян, прорастание семян, обеззараживание семян.

Цитирование. Пахомов В. И., Бахчевников О. Н., Брагинец А. В., Хоменко П. А. Предпосевная обработка семян ультрафиолетовым излучением (обзор). *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 20-34. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-02.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур является важным этапом их возделывания, направленным на улучшение всхожести, защиту всходов от болезней и, в конечном итоге, на повышение урожайности [1].

Для обеззараживания семян перед посевом их протравливают химическими препаратами, в том числе фунгицидами, благодаря чему предотвращается поражение растений инфекциями [2]. Этот способ обработки семян успешно применяется уже много лет. Но химические препараты для протравливания оказывают негативное воздействие на окружающую среду и здоровье людей и животных [3]. В отдельных случаях эти химикаты оказывают отрицательное влияние и на энергию прорастания и всхожесть семян. Кроме того, фунгицидные препараты не оказывают непосредственного стимулирующего влияния на всхожесть семян и развитие проростков, улучшая их только косвенно за счет снижения заболеваемости.

Для получения высоких урожаев необходимо добиться высокой всхожести семян и хорошего и равномерного развития проростков [4]. Для этого осуществляют прайминг, заключающийся в активации метаболических процессов в семенах без запуска полноценного прорастания [5, 6]. При этом используют различные способы, заключающиеся в воздействии на семена воды, растворов солей или различных химических препаратов, в результате чего создаются специфические условия, при которых семена проходят начальные стадии прорастания, но затем этот процесс останавливается до момента непосредственного посева [7].

Для развития сельскохозяйственного производства желательно разработать экологически безопасные комбинированные способы предпосевной обработки, которые позволят не только уничтожать патогенную микрофлору на семенах, но и стимулировать и улучшать их прорастание, повышая тем самым урожайность.

Перспективными и экологически безопасными способами предпосевной обработки семян являются методы, основанные на действии на них различных видов электромагнитного поля, в частности ионизирующие и неионизирующие излучения, которые оказывают на семена обеззараживающее и стимулирующее действие [8, 9, 10]. Одним из них является ультрафиолетовое (УФ) излучение с длиной волны 100-400 нм [11].

В отличие от химических протравителей, ультрафиолетовая обработка не оставляет токсичных остатков в почве и растениях и не представляет опасности для полезной фауны [7, 8]. Кроме того, применение УФ-излучения позволяет избежать формирования резистентности патогенных микроорганизмов, что является серьезной проблемой при длительном использовании химических средств защиты растений [2, 11].

Установлено, что УФ-излучение обладает различными биологическими эффектами, включая стимулирующее влияние на прорастание семян, рост и развитие растений, а также обеззараживающее действие против широкого спектра патогенных микроорганизмов [12, 13]. Но при этом нет достаточной ясности с рациональными параметрами и режимами предпосевной обработки семян УФ-излучением, так как накопленные научные данные описывают результаты воздействия ультрафиолетового излучения разной длины волны, интенсивности и продолжительности на семена различных растений, включая сельскохозяйственные культуры.

По причине разнообразия подходов к предпосевной обработке семян растений ультрафиолетовым излучением возникла необходимость проведения комплексного критического анализа научных публикаций по данной теме и обобщения выявленных закономерностей.

Цель исследования – Выполнить систематический обзор, обобщить и критически проанализировать научные статьи, посвященные изучению процесса предпосевной обработки семян ультрафиолетовым излучением и его влияния на их прорастание, последующий рост растений и обеззараживание семенного материала.

Объектом исследования являлся процесс предпосевной обработки семян УФ-излучением и его результаты.

Материалы и методы. Работа над систематическим обзором включала следующие основные этапы: целенаправленный поиск и отбор релевантной научной литературы, извлечение из отобранных источников необходимых данных, их систематизацию, последующий критический анализ и обобщение установленных закономерностей [14, 15].

Поиск научных статей выполнили в авторитетных в научном сообществе библиографических базах данных Google Scholar, eLIBRARY, ScienceDirect, Springer Link и MDPI. Отбирали следующие типы научных публикаций: оригинальные исследовательские статьи (Article), обзорные статьи (Review), а также главы из научных монографий (Chapter). Чтобы обеспечить точность результатов поиска и сужение предметной области, запросы к базам данных формировали из ключевых слов и их возможных сочетаний на русском и английском языках.

Процесс обзора предметного поля и отбора публикаций для последующего анализа был выполнен по алгоритму, разработанному в соответствии с протоколом PRIZMA-ScR [16]. Анализ данных из отобранных научных статей был согласно по методике, изложенной в статье W. Mengist [17], что гарантировало объективность и последовательность исследования.

Были изучены научные статьи, посвященные предпосевной обработке семян растений ультрафиолетовым излучением с целью их обеззараживания и стимуляции прорастания.

Критерии отбора публикаций включали в себя как соответствие тематике исследования, так и научную значимость. Приоритет отдавали статьям, получившим наибольшее количество цитирований в научной литературе. Исключение из этого правила составили лишь недавно опубликованные статьи. Для расширения охвата обзора дополнительно проанализировали списки литературы в уже отобранных статьях, что позволило выявить дополнительные релевантные источники.

В обзоре рассмотрены публикации, вышедшие в свет с 2010 по 2025 г. Вместе с тем в обзор включили и статьи, опубликованные до 2010 г., в тех случаях, когда результаты исследований по конкретным аспектам выбранной темы отсутствовали или были недостаточно представлены в современной научной литературе.

Таким образом, многоэтапный комбинированный подход к поиску, отбору и анализу научной литературы позволил сформировать комплексное представление о современном состоянии исследуемой проблемы, выявить ключевые тенденции и направления развития научных исследований в данном предметном поле.

Результаты и обсуждение. *Физическая природа ультрафиолетового излучения.* Ультрафиолетовое излучение – это электромагнитное излучение в спектральном диапазоне между видимым человеческим глазом светом и рентгеновскими лучами (диапазон длин волн – 10-400 нм). Обладая высокой энергией, УФ-излучение способно инициировать химические реакции между молекулами и разрушать межатомные связи. Основное биологическое воздействие оказывает УФ-излучение в диапазоне 100-400 нм, который и стал объектом изучения в настоящем обзоре. Согласно стандарту ISO-DIS-21348 диапазон ультрафиолетового излучения разделен на три поддиапазона по длине волны: дальний ультрафиолет UV-C (УФ-С) – 100-280 нм, средний ультрафиолет UV-B (УФ-В) – 280-315 нм, ближний ультрафиолет UV-A (УФ-А) – 315-400 нм (рисунок 1). Действие этих видов УФ-излучения на живые организмы и их ткани различно, поэтому в научных исследованиях они изучаются отдельно.

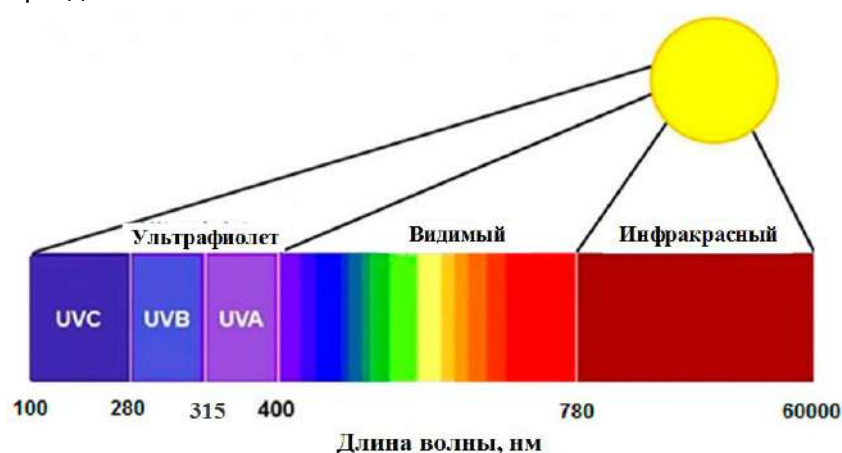


Рисунок 1 – Спектр ультрафиолетового излучения
(источник <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/19/4216>)

Figure 1 – Ultraviolet radiation spectrum
(source <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/19/4216>)

Механизм действия ультрафиолетового излучения на живые организмы. Наиболее интенсивно на клетки живых организмов действует коротковолновое УФ-излучение диапазона UV-C [12]. Излучение UV-B менее эффективно, а UV-A считается относительно безопасным для растений и животных [8].

Основной механизм воздействия ультрафиолетового излучения на живые организмы связан с его способностью повреждать молекулы протеина, в том числе входящие в состав ДНК и РНК [11]. УФ-излучение поглощается нуклеиновыми кислотами и белками, что может приводить к образованию димеров тиминовых оснований, мутациям и разрушению молекул ДНК [18]. Эти повреждения потенциально опасны для нормального функционирования клеток и могут привести к нарушениям в жизнедеятельности различных организмов, в том числе как бактерий, так и самих растений (рисунок 2).

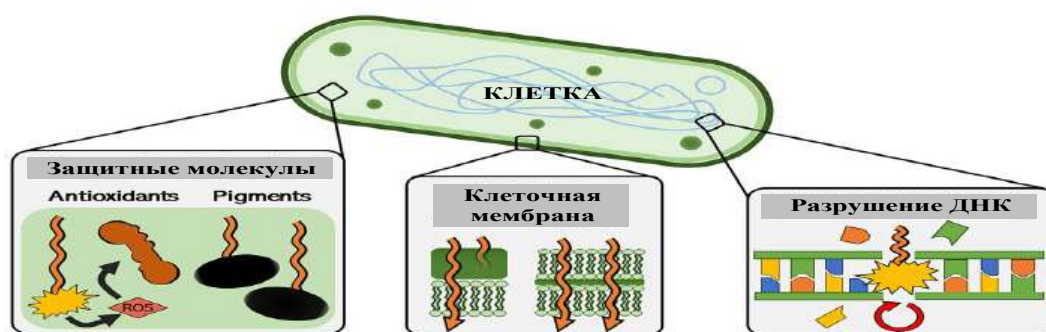


Рисунок 2 – Механизм действия УФ-излучения на клетки живых организмов (V. Arcos-Liminana [19])

Figure 2 – Mechanism of action of UV radiation on cells of living organisms (V. Arcos-Liminana [19])

Именно на этом эффекте основано использование УФ-излучения для обеззараживания семян. Благодаря способности повреждать ДНК клетки УФ-излучение препятствует размножению патогенных одноклеточных микроорганизмов, включая бактерии и грибы [19]. Наибольшее бактерицидное действие на одноклеточные организмы имеет излучение диапазона UV-C [11, 20].

Растения, в отличие от микроорганизмов, обладают эффективной системой защиты от разрушающего действия УФ-излучения. Исследования показали, что повреждения ДНК, вызванные ультрафиолетом, в основном устраняются благодаря активации специального фермента – фотолиазы, который восстанавливает поврежденные последовательности ДНК клеток растений [21, 22].

Механизм действия ультрафиолетового излучения на семена растений. Ультрафиолетовое (УФ) излучение стимулирует прорастание семян и дальнейшее развитие растений за счет нескольких механизмов.

Прежде всего, действие ультрафиолета изменяет структуру оболочки семени благодаря воздействию на клеточные мембраны, делая ее более проницаемой для воды и кислорода, благодаря чему ускоряется набухание семян и активируются физиологические процессы в них [1]. В частности, действие УФ-излучения стимулирует синтез фитогормонов, которые ускоряют рост зародыша и разрушает абсцизовую кислоту (гормон покоя), что приводит к скорейшему пробуждению семян [4, 5].

Также УФ-излучение способствует образованию в семени активных форм кислорода, которые активируют антиоксидантную систему и стимулируют метаболизм, выводя его из состояния покоя [23].

Обработка семян излучением диапазона UV-A. До последнего времени диапазон длинноволнового ультрафиолетового излучения UV-A (315-400 нм) считался наименее эффективным для воздействия на растения и их семена. Но результаты новых исследований показали, что обработка семян UV-A излучением может оказывать стимулирующее воздействие на процесс прорастания. Предполагается, что это связано с генерацией под действием излучения активных форм кислорода, которые могут способствовать нарушению целостности семенной оболочки и активации метаболических процессов, необходимых для начала прорастания [9, 23].

N. Mariz-Ponte сообщил об ускорении прорастания семян помидора (*Solanum lycopersicum* L.), повышении равномерности этого процесса и увеличении массы проростков после обработки UV-A [24].

Исследование N. Hamid показало, что обработка семян маша (*Vigna radiata* L.) UV-A излучением (длина волны 366 нм) в течение 4 и 6 ч способствовала улучшению их всхожести, увеличению сухой массы, удельной площади листьев, а также длины корней и побегов, превосходя по эффективности воздействие излучения UV-C (254 нм) аналогичной интенсивности [25]. При этом темпы роста проростков маша после UV-A обработки были на 10-15 % выше, чем после действия UV-C.

Влияние обработки УФ-излучением диапазона UV-A интенсивностью 3,137 Вт/м² на семена лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) в течение 5-15 мин. и на семена костреца безостого (*Bromus inermis* Leyss.) в продолжение 15-35 мин. было изучено Ж. С. Нелюбиной [26]. Опыт показал, что действие излучения UV-A увеличило длину ростков лядвенца на 0,81 см и силу их роста на 5,4 %. Обработка семян костреца увеличила их всхожесть на 14,5 %, а длину ростка на 0,9 см.

Исследователи Н. С. Левина и Ю. В. Тертышная продемонстрировали, что обработка семян ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) излучением UV-A в течение 30 и 40 мин. увеличивает их всхожесть на 6 % (рисунок 3) [27]. Также ими было установлено, что воздействие UV-A способствует улучшению морфологических характеристик растений ячменя. Они также изучили действие UV-A на семена пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и установили, что оно мало влияет на всхожесть семян, но значительно меняет биометрические показатели проростков, в частности увеличивает длину их корней на 26-60 %.

I. M. Lazar исследовал результативность обработки семян рапса (*Brassica napus* L.) излучением UV-A дозой 70 кДж/м² [28]. Он определил максимальную всхожесть 84,37 % (на 6,60 % больше контроля) при экспозиции 135 мин., тогда как минимальная всхожесть (69,79 %) наблюдалась после 65 мин. обработки.

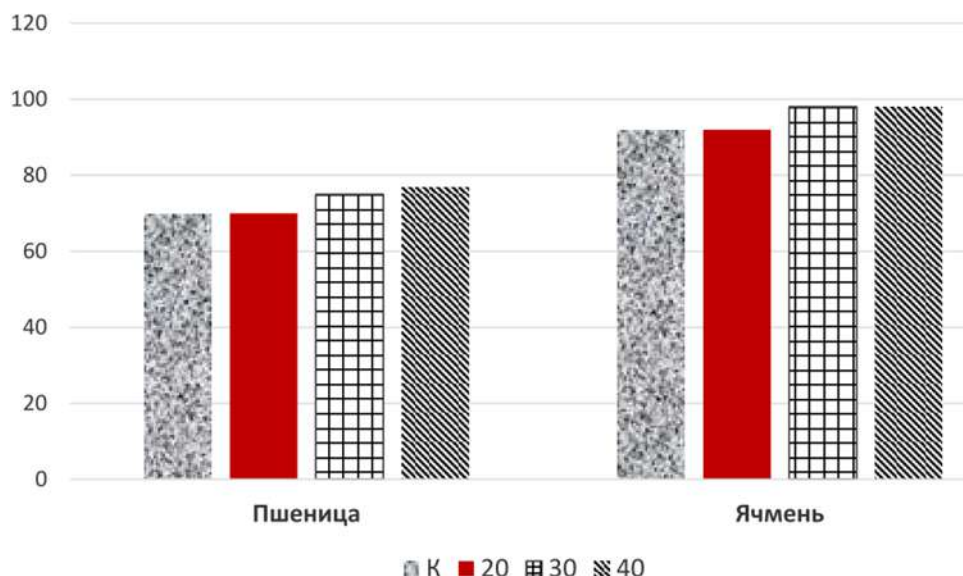


Рисунок 3 – Полевая всхожесть пшеницы и ячменя после обработки семян УФ-излучением диапазона UV-A (по данным Н. С. Левиной [27]): К – контроль; 20, 30 и 40 – длительность обработки, мин.

Figure 3 – Field germination of wheat and barley after seed treatment with UV-A radiation (N. S. Levina [27]): K – control; 20, 30 and 40 – duration of treatment, min

По сравнению с диапазонами UV-B и UV-C диапазон излучения UV-A гораздо менее пригоден для обеззараживания семян из-за более низкой энергии фотонов [11]. Имеется мало сведений о эффективном действии этого диапазона излучения на патогенные микроорганизмы. Ж. С. Нелюбина определила, что обработка UV-A 365 нм снизила инфицированность семян лядвенца на 3,2 % и костреца на 5,8 % [26].

В целом можно отметить достаточно низкую эффективность обработки семян УФ-излучением диапазона UV-A для стимуляции прорастания семян. Для достижения значимых результатов в этом случае необходима большая длительность воздействия. Применение UV-A излучения для обеззараживания семян, по мнению изучавших этот вопрос ученых, неэффективно.

Обработка семян излучением диапазона UV-B. Обработка ультрафиолетовым излучением диапазона UV-B (280-315 нм) оказывает более выраженное воздействие на семена растений, чем их обработка UV-A. Низкие дозы UV-B могут стимулировать прорастание семян, рост проростков и активировать синтез вторичных метаболитов. Однако высокие дозы UV-B способны подавлять эти процессы из-за повреждения ДНК и клеточных мембран, что замедляет развитие растений [29, 30].

R. E. Noble выдвинул гипотезу, что излучение UV-B может способствовать прорастанию семени, ослабляя его оболочку, но одновременно с этим вызывать стресс, замедляющий рост проростка [30].

Эксперименты A. W. Moss на семенах маша (*Vigna radiata* L.) продемонстрировали, что низкие дозы излучения UV-B положительно влияют на длину корешка, тогда как высокие дозы замедляют рост растения [31]. Исследование S. S. Shaukat показало, что обработка UV-B семян черного маша (*Vigna mungo* L.) увеличила скорость их прорастания, но снизила всхожесть [32]. Это подтверждает зависимость эффективности воздействия UV-B на прорастание семян и рост проростков от дозы излучения, а также видоспецифичность реакции растений на этот диапазон излучения.

A. Sen изучил влияние предпосевной обработки семян риса (*Oryza sativa* L.) UV-B на устойчивость растений к абиогенным стрессам [33]. Он установил, что под действием UV-B дозой 4 кДж/м² повышается устойчивость проростков к стрессу, связанному с засолением почвы и засухой. Предварительная обработка семян UV-B облегчила последствия стресса за счет увеличения производства защитных агентов, а именно осмолитов, ферментативных и неферментативных антиоксидантов, а также повысила экспрессию белков, связанных со стрессом.

K. Sugimoto исследовал влияние излучения диапазона UV-B (280-306 нм, интенсивность 2 Вт/м², расстояние от источника света 15 см) на семена 19 различных видов культурных растений [34]. Он обнаружил, что действие UV-B подавило прорастание семян баклажана, сельдерея и свеклы и не повлияло на скорость прорастания семян гречихи, капусты, петрушки, пекинской капусты и других видов. При этом прорастание семян ни одного вида растений не было ускорено по сравнению с контролем.

C. E. Diaz-Leyva исследовал действие UV-B на семена томата [35]. Он сообщает, что облучение семян UV-B дозой 5,4 кДж/м² способствовало увеличению количества нормальных проростков.

Но в то же время имеется группа экспериментальных исследований, подтверждающих негативные результаты обработки семян излучением UV-B на дальнейшее развитие растений. Негативное влияние UV-B подтверждают результаты, полученные H. B. Ozel [36]. Он установил, что излучение длительностью 10-60 мин. отрицательно подействовало на всхожесть семян черной сосны (*Pinus nigra*), уменьшив ее на 80 %. A R. Stefanello установил, что действие на семена сои UV-B интенсивностью 2,5 Вт/м² и продолжительностью более 2 ч привело к уменьшению их всхожести, длины и сухой массы проростков [37]. M. Ma установил, что обработка UV-B излучением уменьшает всхожесть семян сои (*Glycine max* L.). Причиной негативного влияния UV-B на семена растений, по его мнению, является происходящее под действием излучения UV-B увеличение проницаемости клеточных мембран, нарушение их целостности, а также истечение воды из межклеточного пространства [38].

UV-B излучение обладает обеззараживающим действием, более выраженным, чем у диапазона UV-A, и может негативно влиять на патогенные микроорганизмы, вызывая повреждение их ДНК, инактивацию ферментов и увеличение проницаемости клеточных мембран [11].

Имеются данные о том, что умеренные дозы UV-B (2,83-3,75 кДж/м²) могут быть эффективны для борьбы с возбудителями болезней на семенах без значительного снижения всхожести [19]. В частности, L. M. Hinds сообщает, что количество бактерий сенной палочки (*B. subtilis*) на семенах черного перца (*Piper nigrum* L.) в результате обработки ультрафиолетовым излучением UV-B длиной волны 280 нм в течение 20 мин. уменьшилось на 1,0 log [39].

Приведенные в рассмотренных выше научных статьях экспериментальные данные демонстрируют возможность использования излучения диапазона UV-B для одновременного обеззараживания и стимуляции прорастания семян при определенных для каждого вида растений оптимальных дозах излучения.

Обработка семян излучением диапазона UV-C. Наиболее эффективное действие на семена растений из всех диапазонов ультрафиолетового излучения оказывает излучение UV-C (100-280 нм). Большая часть опубликованных научных статей посвящена изучению влияния на семена обработки именно этим диапазоном излучения.

Опубликованные результаты экспериментов наглядно демонстрируют, что кратковременное воздействие UV-C излучения оказывает стимулирующее действие на прорастание семян различных видов растений. Стимулирующий эффект проявляется в увеличении всхожести, скорости прорастания, а также в улучшении роста корней и побегов [12]. Механизмы этого стимулирующего эффекта включают нарушение покоя семян, увеличение проницаемости семенных оболочек, что облегчает поглощение ими воды и активацию ферментов, стимулирующих прорастание [6, 12]. Но более длительное или более интенсивное воздействие UV-C оказывает негативное влияние на прорастание семян, снижая их всхожесть [9]. Этот факт ученые объясняют тем, что для каждого вида растений существует четкая граница между стимулирующими и ингибирующими дозами излучения диапазона UV-C [9, 12].

D. Guajardo-Flores обнаружил, что 10-часовое воздействие UV-C увеличивало скорость прорастания семян фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.) и повышало концентрацию биоактивных соединений в их оболочках [40].

P. Sadeghianfar исследовал влияние UV-C излучения 254 нм на семена кукурузы (*Zea mays* L.) и сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) в продолжение 0,5-12 ч [41]. Он установил, что обработка УФ-излучением не оказала существенного влияния на всхожесть семян, но при этом значительно повысила скорость их прорастания. Наиболее эффективной была обработка семян кукурузы в течение 8 ч и сахарной свеклы в течение 12 ч. P. Sadeghianfar считает, что возможными причинами имевших место положительных эффектов являются нарушение целостности оболочки семян и повышение их температуры под действием УФ-излучения.

A. Семенов установил, что действие излучения UV-C 200-280 нм дозой 250 Дж/м² в течение 12 ч стимулировало прорастание семян озимой пшеницы, значимо повысив их всхожесть [42].

Ф. Н. Худоёрбеков установил, что обработка семян пшеницы УФ-излучением 254 нм интенсивностью 7 Вт/м² в течение 60 мин привело впоследствии к увеличению урожайности и массы 1000 зерен на 5-10 % [43].

R. Stefanello показал, что обработка семян овса (*Avena sativa* L.) UV-C дозой 3,42 кДж/м² повышает устойчивость ростков к солевому стрессу, предлагая это как простой и экономичный метод снижения вредного влияния засоления почвы на растения [44].

Помимо описанных выше публикаций, имеется еще значительное количество научных статей, подтверждающих эффективность предпосевной обработки семян UV-C излучением для повышения всхожести и лучшего роста растений.

Экспериментальные исследования подтверждают эффективность UV-C для обеззараживания семян от различных патогенов, включая бактерии и грибы. Механизм обеззараживания заключается в прямом повреждении излучением UV-C ДНК и РНК микроорганизмов, что предотвращает их размножение и приводит к инактивации [12].

В исследовании С. Вендина были установлены оптимальные параметры для дезинфекции семян сои: интенсивность облучения 9 Вт/м² и продолжительность 30 с, что привело к снижению микробной обсемененности на 99 % [45]. Y. Jia установил, что облучение семян риса UV-C 274 нм является эффективным способом снижения уровня их бактериальной обсемененности, не оказавшим влияния на всхожесть [46].

R. Агаџо сообщает, что доза УФ-излучения 31,1 кДж/м² на 80 % снижает зараженность семян сои патогенными грибами без снижения всхожести [47]. Доза 41,4 кДж/м² еще более эффективна против патогенов, но отрицательно сказывается на физиологических качествах семян.

V. Роровіс установил эффективность УФ-излучения с длиной волны 253,7 нм для уничтожения грибов *Fusarium* и *Penicillium* на семенах кукурузы [48]. Количество грибов уменьшилось на 80 % после облучения дозой 5000 мДж/см². Более того, такое облучение семян снизило на 30-40 % содержание микотоксинов, в частности дезоксиниваленола.

Таким образом, предпосевная обработка семян ультрафиолетовым излучением диапазона UV-C при условии соблюдения правильно подобранных доз является перспективным способом повышения их всхожести и обеззараживания.

Сравнительный анализ влияния УФ-излучения диапазонов UV-A, UV-B и UV-C на прорастание и обеззараживание семян. Критический анализ научных статей показал, что различные диапазоны УФ-излучения оказывают неодинаковое влияние на стимуляцию прорастания семян. UV-A может стимулировать прорастание при высоких дозах и длительном воздействии, но в целом малоэффективно. Воздействие UV-B может увеличивать всхожесть семян и скорость прорастания, но часто приводит и к уменьшению их всхожести. UV-B также отрицательно влияет на рост проростков при превышении оптимальной дозы. Излучение UV-C при кратковременном воздействии стимулирует прорастание семян, увеличивая как их всхожесть, так и скорость прорастания. Также имеется информация о повышении устойчивости растений к абиогенным стрессам после обработки семян UV-C [44]. Однако длительное интенсивное воздействие UV-C излучения на семена является ингибирующим [12]. На основании имеющихся данных можно предположить, что UV-C, при условии правильного подбора дозы и продолжительности обработки, является наиболее перспективным типом УФ-излучения для стимуляции прорастания семян различных видов растений.

В области обеззараживания семян также установлены значительные различия в эффективности разных диапазонов УФ-излучения. Диапазон UV-A обладает наименьшей эффективностью при обработке семян по сравнению с UV-B и UV-C и не используется для их обеззараживания. Диапазон UV-B обладает обеззараживающим действием, однако его эффективность ниже, чем у UV-C. Тем не менее, опубликованы исследования, указывающие на наличие доз UV-B, эффективно действующих против патогенных бактерий, поражающих семена, без значительного снижения их всхожести. UV-C является наиболее эффективным для предпосевной обработки с целью обеззараживания семян диапазоном УФ-излучения благодаря своему гермицидному действию [13]. При этом излучение диапазона UV-C уничтожает не только бактерии и грибки, но и снижает содержание микотоксинов на семенах [48].

Следует отметить, что комбинированное воздействие разных диапазонов УФ-излучения на семена изучено недостаточно, необходимы дополнительные исследования, чтобы понять, как они взаимодействуют. Можно предположить, что комбинированная обработка семян УФ-излучением разных диапазонов при правильном подборе доз может обеззараживать семена, повышать их всхожесть и стимулировать рост проростков.

Факторы, влияющие на эффективность обработки семян УФ-излучением. Экспериментальные данные однозначно указывают на то, что доза УФ-излучения является ключевым фактором, определяющим эффективность предпосевной обработки семян [9, 12]. На практике дозу излучения изменяют, меняя продолжительность обработки при неизменной интенсивности излучения [49]. Важную роль также играет такой параметр, как расстояние от семян до источника излучения [9, 13].

Для каждого вида растений существует определенный оптимум дозы излучения, превышение которого при обработке семян приводит к негативным последствиям, включая снижение их всхожести. Это различие в оптимальных режимах обработки может быть связано с особенностями строения семенной оболочки, размером семян, их химическим составом и другими видоспецифическими характеристиками [1, 23, 50]. Исследования на различных культурах показали, что семена с более плотной оболочкой, как правило, требуют более интенсивного или продолжительного воздействия УФ-излучения [12, 23]. Кроме того, семена с высоким содержанием пигментов и антиоксидантов могут быть более устойчивыми к воздействию УФ-излучения [9].

Цель предпосевной обработки УФ-излучением – стимулировать прорастание семян и обеззараживать их, не вызывая ингибирования всхожести и необратимых повреждений. Соблюдение этого баланса имеет решающее значение для практического применения УФ-излучения в сельском хозяйстве.

Достоинства и недостатки обработки семян УФ-излучением. Главным преимуществом способа обработки семян УФ-излучением перед протравливанием является сочетание стимулирующего и обеззараживающего действия.

Одним из важных преимуществ предпосевной обработки семян УФ-излучением перед другими способами является ее экологическая безопасность. В отличие от химических методов обработки, таких как использование фунгицидов, физическая обработка УФ-излучением не оставляет вредных остатков в почве и растениях, безопасна для осуществляющих ее работников [23]. Таким образом, обработка УФ-излучением может рассматриваться как экологически безопасная альтернатива традиционному протравливанию семян химическими препаратами, которая при правильном применении способна одновременно решать задачи обеззараживания семян и стимуляции их прорастания.

Преимуществом обработки семян УФ-излучением перед другими физическими методами, такими как магнитное поле и ультразвук, является его выраженное антимикробное действие, что особенно важно для семян с высоким уровнем инфицированности [8].

Еще одним важным преимуществом обработки семян УФ-излучением является повышение устойчивости растений к абиотическим стрессам [12, 44].

Способ обработки семян УФ-излучением обладает относительной простотой использования и возможностью интеграции в существующие технологические схемы предпосевной подготовки семян. Но ограниченная проникающая способность УФ-излучения может быть проблемой при предпосевной обработке больших партий семян или семян с толстой или же семян с пигментированной оболочкой [19].

Главным недостатком способа предпосевной обработки семян УФ-излучением является высокий риск повреждения зародышей и снижения всхожести при превышении рекомендованной дозы [9, 11]. Это требует тщательного контроля параметров обработки в процессе ее осуществления, в частности интенсивности излучения, продолжительности воздействия и расстояния от семян до источника излучения.

Недостатком является и видоспецифичность реакции семян на УФ-излучение, что требует проведения предварительных исследований для определения оптимальных режимов обработки для каждого вида и даже сорта сельскохозяйственных культур.

Выводы. В настоящем обзоре был обобщен и критически изучен обширный массив научных исследований, посвященных влиянию предпосевной обработки УФ-излучением различных диапазонов (UV-A, UV-B и UV-C) на семена растений, в том числе сельскохозяйственных культур.

Результаты проведенного анализа научных статей показали, что эффективность обработки семян УФ-излучением зависит от диапазона излучения. Диапазон UV-A (315-400 нм) продемонстрировал ограниченную эффективность, требуя длительного времени воздействия для достижения умеренной стимуляции прорастания семян и обладая минимальным обеззараживающим потенциалом. Диапазон UV-B (280-315 нм) оказывает более выраженное, но зависящее от дозы действие: низкие дозы могут стимулировать прорастание семян и повышать устойчивость растений к стрессам, тогда как высокие дозы часто ингибируют рост и снижают всхожесть. Эффективность обеззараживания у UV-B выше, чем у UV-A, но уступает UV-C.

Наиболее перспективным для предпосевной обработки признан диапазон излучения UV-C (100-280 нм). Кратковременное воздействие UV-C способно эффективно стимулировать прорастание семян различных культур, улучшать рост проростков и повышать их устойчивость к абиотическим стрессам. Одновременно UV-C обладает наиболее выраженным обеззараживающим действием, эффективно уничтожая бактерии и грибы на поверхности семян и даже снижая содержание микотоксинов.

Ключевым фактором при обработке УФ-излучением является точный подбор дозы (интенсивности и длительности облучения), поскольку превышение оптимальных ее значений ведет к повреждению зародыша и снижению жизнеспособности семян. Оптимальные режимы обработки являются видоспецифичными и зависят от характеристик семян.

Таким образом, предпосевная обработка семян ультрафиолетовым излучением представляет собой перспективный и экологически безопасный метод, способный улучшить всхожесть и обеспечить их обеззараживание от патогенных микроорганизмов.

Несмотря на многообещающие результаты, остается ряд вопросов, требующих дальнейшего изучения. В частности, необходимо проведение более глубоких исследований для определения оптимальных режимов обработки УФ-излучением для широкого спектра сельскохозяйственных культур с учетом их сортовых особенностей. Также представляет интерес изучение синергетического эффекта от комбинированного применения различных диапазонов УФ-излучения.

Несмотря на доказанный потенциал обработки семян УФ-излучением как экологически безопасной альтернативы химическому протравливанию, еще остаются важные направления для дальнейших исследований. Их перспективы связаны с разработкой экономически эффек-

тивных технологий предпосевной обработки семян УФ-излучением, пригодных для использования в сельскохозяйственном производстве. Необходимо проведение более глубоких исследований для определения точных оптимальных доз и режимов обработки семян для широкого спектра сельскохозяйственных культур и их сортов. Требуется изучения синергетический эффект комбинированного воздействия различных диапазонов ультрафиолетового излучения или сочетания – обработки УФ с другими методами прайминга и обеззараживания. Важным направлением исследований является изучение влияния обработки УФ-излучением на устойчивость растений к различным абиотическим стрессам, а также на их урожайность в долгосрочной перспективе. Дальнейшие исследования в этой области будут способствовать развитию экологически устойчивых способов урожайности сельскохозяйственных культур.

Conclusions. An extensive corpus of scientific research on the effects of different ranges of UV radiation (UV-A, UV-B and UV-C) on crop seeds has been summarized and critically analyzed in this review.

The results of the analyses showed that the effectiveness of seed treatment with UV radiation depends on the range of radiation. The UV-A range (315-400 nm) showed limited efficacy, requiring long exposure times to achieve moderate stimulation of seed germination and having minimal disinfection potential. The UV-B range (280-315 nm) has a more significant but dose-dependent effect: low doses can stimulate seed germination and improve plant stress tolerance, while high doses often inhibit growth and reduce germination. The disinfection efficiency of UV-B is higher than UV-A, but inferior to UV-C.

The UV-C radiation range (100-280 nm) is recognized as the most promising for pre-sowing treatment. Short-term exposure to UV-C can effectively stimulate germination of seeds of various crops, improve seedling growth and increase their resistance to abiotic stresses. UV-C has the most significant disinfecting effect, effectively destroying bacteria and fungi on the seed surface and even reducing the content of mycotoxins.

Precise selection of the dose (intensity and duration of irradiation) is a key factor in UV-C treatment, as exceeding its optimal values leads to germ damage and reduced seed viability. Optimal treatment regimes are species specific and depend on seed characteristics.

Pre-sowing treatment of seeds with ultraviolet radiation is a promising and environmentally safe method that can improve germination and ensure their disinfection from pathogens.

Despite the promising results, a number of questions remain that require further investigation. It is necessary to conduct more in-depth studies to determine the optimal modes of treatment with UV radiation for a wide range of crops, taking into account their varietal characteristics. The study of the synergetic effect of combined application of different ranges of UV radiation is also of interest.

Despite the proven potential of seed treatment with UV radiation as an environmentally safe alternative to chemical treatment, there are still important areas for further research. Its prospects are linked to the development of cost-effective technologies for the pre-sowing treatment of seeds with UV radiation that are suitable for use in agricultural production. To determine the exact optimal dose and mode of seed treatment for a wide range of crops and their varieties, more in-depth research is needed. The synergetic effect of combined exposure to different ranges of ultraviolet radiation or combination of UV treatment with other priming and disinfection methods needs to be studied. Studying the effect of UV treatment on plant resistance to various abiotic stresses, as well as on plant yield in the long term, is an important area of research. Further research in this area will contribute to the development of environmentally sustainable ways of crop yields.

Библиографический список

1. Nalwa C., Seth M. Physiology of Seed Dormancy and Germination - A Review. *Journal of Pharmaceutical Research International*. 2021. V. 33. № 58A. Pp. 557-562.
2. Los A., Ziuzina D., Bourke P. Current and future technologies for microbiological decontamination of cereal grains. *Journal of Food Science*. 2018. V. 83. № 6. Pp. 1484-1493.
3. Riedo J., Yokota A., Walther B., et al. Temporal dynamics of total and bioavailable fungicide concentrations in soil and their effect upon nine soil microbial markers. *Science of the Total Environment*. 2023. V. 878. P. 162995.
4. Paparella S., Arajo S. S., Rossi G., et al. Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*. 2015. V. 34. Pp. 1281-1293.
5. Carrera-Castano G., Calleja-Cabrera J., Pernas M., Gomez L., Onate-Sanchez L. An updated overview on the regulation of seed germination. *Plants*. 2020. V. 9. № 6. P. 703.
6. Rifna E. J., Ramanan K. R., Mahendran R. Emerging technology applications for improving seed germination. *Trends in Food Science & Technology*. 2019. V. 86. Pp. 95-108.
7. Thakur M., Tiwari S., Kataria S., Anand A. Recent advances in seed priming strategies for enhancing planting value of vegetable seeds. *Scientia Horticulturae*. 2022. V. 305.
8. Araujo S. D. S., Paparella S., Dondi D., et al. Physical methods for seed invigoration: advantages and challenges in seed technology. *Frontiers in Plant Science*. 2016. V. 7. P. 646.
9. Bera K., Dutta P., Sadhukhan S. Seed priming with non-ionizing physical agents: plant responses and underlying physiological mechanisms. *Plant Cell Reports*. 2022. V. 41. № 1. Pp. 53-73.

10. Ключев Д. С., Кузьменко А. А., Трифонова Л. Н. Влияние на всхожесть предпосевной обработки семян посредством их облучения волнами разной длины. Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2020. Т. 23. № 1. С. 84-88.
11. Vanhaelewyn L., Van Der Straeten D., De Coninck B., Vandebussche F. Ultraviolet radiation from a plant perspective: The plant-microorganism context. *Frontiers in Plant Science*. 2020. V. 11. P. 597642.
12. Upadhyay A. K., Chormule S. R., Kuiry B. M., et al. Effect of UV radiation on seeds physiological parameter: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phyto-chemistry*. 2020. V. 9. No 6. Pp. 1877-1879.
13. Nasab S. S., Zare L., Tahmouzi S., et al. Effect of irradiation treatment on microbial, nutritional and technological characteristics of cereals: A comprehensive review. *Radiation Physics and Chemistry*. 2023. V. 212. N 111124.
14. Peters M. D., Marnie C., Colquhoun H., et al. Scoping reviews: reinforcing and advancing the methodology and application. *Systematic Reviews*. 2021. V. 10. P. 263.
15. Siddaway A. P., Wood A. M., Hedges L. V. How to do a systematic review: a best practice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses. *Annual review of psychology*. 2019. V. 70. Pp. 747-770.
16. Mattos S. M., Cestari V. R. F., Moreira T. M. M. Scoping protocol review: PRISMA-ScR guide refinement. *Revista de Enfermagem da UFPI*. 2023. V. 12. No 1. e3062.
17. Mengist W., Soromessa T., Legese G. Method for conducting systematic literature review and meta-analysis for environmental science research. *MethodsX*. 2020. V. 7. 100777.
18. Mounni M., Brodal G., Romanazzi G. Recent innovative seed treatment methods in the management of seedborne pathogens. *Food Security*. 2023. V. 15. No 5. Pp. 1365-1382.
19. Arcos-Liminana V., Maestre-Pérez S., Prats-Moya M. S. A comprehensive review on ultraviolet disinfection of spices and culinary seeds and its effect on quality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2025. V. 24. No 1. e70076.
20. Singh H., Bhardwaj S. K., Khatri M., Kim K. H., Bhardwaj N. UVC radiation for food safety: An emerging technology for the microbial disinfection of food products. *Chemical Engineering Journal*. 2021. V. 417. 128084.
21. Илюхина Н. В., Колоколова А. Ю., Тришканева М. В. и др. Исследование динамики ингибирования микрофлоры растительного сырья в результате обработки ультрафиолетовым излучением. Хранение и переработка сельхозсырья. 2021. № 1. С. 117-126.
22. Kebbi Y., Muhammad A. I., Sant'Ana A. S., et al. Recent advances on the application of UV-LED technology for microbial inactivation: Progress and mechanism. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020. V. 19. No 6. Pp. 3501-3527.
23. Correa M. S., Saavedra M. E., Parra E. A., et al. Ultraviolet radiation and its effects on plants. *Abiotic stress in plants-adaptations to climate change*. IntechOpen. 2023.
24. Mariz-Ponte N., Mendes R. J., Sario S., et al. Moderate UV-A supplementation benefits tomato seed and seedling invigoration: a contribution to the use of UV in seed technology. *Scientia Horticulturae*. 2018. V. 235. Pp. 357-366.
25. Hamid N., Jawaid F. Influence of seed pre-treatment by UV-A and UV-C radiation on germination and growth of Mung beans. *Pakistan Journal of Chemistry*. 2011. V. 1. Pp. 164-167.
26. Нелюбина Ж. С., Касаткина Н. И. Влияние ультрафиолетового облучения семян многолетних трав на их посевные качества. *Аграрная наука*. 2021. № 9. С. 97-100.
27. Левина Н. С., Тертышная Ю. В., Бидей И. А. и др. Влияние ультрафиолетового излучения на посевные качества и вегетацию яровой пшеницы и ярового ячменя. *АПК России*. 2019. Т. 26. № 3. С. 344-350.
28. Lazar I. M., Ifrim I. L., Nicuta D., et al. Macro and ultra-micro scale changes of rapeseed seedlings germinated from seeds exposed to UV-A-VIS radiations. *Environmental Engineering & Management Journal*. 2013. V. 12. No 1. Pp. 49-57.
29. Foroughbakhch Pournavab R., Bacópolos Mejía E., Benavides Mendoza A., et al. Ultraviolet radiation effect on seed germination and seedling growth of common species from Northeastern Mexico. *Agronomy*. 2019. V. 9. No 6. P. 269.
30. Noble R. E. Effects of UV-irradiation on seed germination. *Science of the Total Environment*. 2002. V. 299. № 1-3. Pp. 173-176.
31. Moss A. W., Kim J. J. The effect of UV irradiation on *Vigna radiata* seeds' (mung beans) germination and growth. 2021. Pp. 1-11.
32. Shaukat S. S., Farooq M. A., Siddiqui M. F., Zaidi S. A. Effect of enhanced UV-B radiation on germination, seedling growth and biochemical responses of *Vigna mungo* (L.) Hepper. *Pakistan Journal of Botany*. 2013. V. 45. № 3. Pp. 779-785.
33. Sen A., Challabathula D., Puthur J. T. UV-B priming of *Oryza sativa* seeds augments the innate tolerance potential in a tolerant variety more effectively toward NaCl and PEG stressors. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2021. V. 40. Pp. 1166-1180.
34. Sugimoto K. Seed germination under UV-B irradiation. *Bulletin of Minamikyushu University*. 2013. № 43A. Pp. 1-9.
35. Díaz-Leyva C. E., Bacópolos-Mejía E., Ruiz-Torres N. A., et al. Irradiation of tomato seeds with UV-B and UV-C: Impact on germination, vigor and growth. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2017. V. 8. No 1. Pp. 105-118.
36. Ozel H. B., Abo Aisha A. E. S., Cetin M., et al. The effects of increased exposure time to UV-B radiation on germination and seedling development of Anatolian black pine seeds. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2021. V. 193. No 7. Pp. 1-11.
37. Stefanello R., Barreto R. A. M., Müller G. L., et al. UV-B and UV-C radiation on the germination of soybean seeds. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 2023. V. 18. No 2. Pp. e2964-e2964.
38. Ma M., Wang P., Yang R., et al. Effects of UV-B radiation on the isoflavone accumulation and physiological-biochemical changes of soybean during germination: Physiological-biochemical change of germinated soybean induced by UV-B. *Food Chemistry*. 2018. V. 250. Pp. 259-267.
39. Hinds L. M., Guclu G., Kelebek H., et al. Effect of ultraviolet light emitting diode treatments on microbial load, phenolic and volatile profile of black peppercorns. *LWT – Food Science and Technology*. 2021. V. 152. 112133.

40. Guajardo-Flores D., Serna-Guerrero D., Serna-Saldívar S. O., et al. Effect of germination and UV-C radiation on the accumulation of flavonoids and saponins in black bean seed coats. *Cereal Chemistry*. 2014. V. 91. Pp. 276-279.
41. Sadeghianfar P., Nazari M., Backes G. Exposure to ultraviolet (UV-C) radiation increases germination rate of maize (*Zea mays* L.) and sugar beet (*Beta vulgaris*) seeds. *Plants*. 2019. V. 8. No 2. P. 49.
42. Semenov A., Korotkova I., Sakhno T., et al. Effect of UV-C radiation on basic indices of growth process of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds in pre-sowing treatment. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2020. V. 116. № 1. Pp. 49-58.
43. Худоёрбеков Ф. Н. Влияние предпосевного УФ-облучения семян на рост и продуктивность пшеницы. *Известия национальной академии наук Таджикистана. Отделение биологических наук*. 2023. № 2. С. 46-51.
44. Stefanello R., Puntel R. T., Da Silva Garcia W. J., Strazzabosco Dorneles L. Mitigating salt stress by conditioning seeds with ultraviolet light (UV-C) in white oats (*Avena sativa* L.). *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*. 2024. V. 87. No 13. Pp. 533-540.
45. Vendin S., Strakhov V., Manuilenko A. Results of studies on the application of UV radiation for disinfecting the surface of soybean seeds from pathogenic microflora. *BIO Web of Conferences*. 2023. V. 67. 02027.
46. Jia Y., Read Q. D. Bacteria disinfection of rice seeds by ultraviolet light irradiation in a biosafe flow cabinet. *Plant Health Progress*. 2023. V. 24. No 4. Pp. 435-438.
47. Araújo R. S. L., Araújo M. E. V., Gomes F. A. et al. Ultraviolet-C radiation improves soybean physiological and sanitary quality. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2020. V. 48. No 4. Pp. 213-227.
48. Popovic V., Fairbanks N., Pierscianowski J., et al. Feasibility of 3D UV-C treatment to reduce fungal growth and mycotoxin loads on maize and wheat kernels. *Mycotoxin Research*. 2018. V. 34. No 3. Pp. 211-221.
49. Кондратьева Н. П., Сторчевой В. Ф., Большин Р. Г. Применение ультрафиолета для предпосевной обработки семян. *Агроинженерия*. 2024. Т. 24. № 5. С. 59-65.
50. Rajjou L., Duval M., Gallardo K. et al. Seed germination and vigor. *Annual Review of Plant Biology*. 2012. V. 63. № 1. Pp. 507-533.

References

1. Nalwa C., Seth M. Physiology of Seed Dormancy and Germination – A Review. *Journal of Pharmaceutical Research International*. 2021. V. 33. No 58A. Pp. 557-562.
2. Los A., Ziuzina D., Bourke P. Current and future technologies for microbiological decontamination of cereal grains. *Journal of Food Science*. 2018. V. 83. No 6. Pp. 1484-1493.
3. Riedo J., Yokota A., Walther B., et al. Temporal dynamics of total and bioavailable fungicide concentrations in soil and their effect upon nine soil microbial markers. *Science of The Total Environment*. 2023. V. 878. Pp. 162995.
4. Paparella S., Arajo S. S., Rossi G., et al. Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*. 2015. V. 34. Pp. 1281-1293.
5. Carrera-Castano G., Calleja-Cabrera J., Pernas M., et al. An updated overview on the regulation of seed germination. *Plants*. 2020. V. 9. No 6. P. 703.
6. Rifna E. J., Ramanan K. R., Mahendran R. Emerging technology applications for improving seed germination. *Trends in Food Science & Technology*. 2019. V. 86. Pp. 95-108.
7. Thakur M., Tiwari S., Kataria S., Anand A. Recent advances in seed priming strategies for enhancing planting value of vegetable seeds. *Scientia Horticulturae*. 2022. V. 305. 111355.
8. Araujo S. D. S., Paparella S., Dondi D., et al. Physical methods for seed invigoration: advantages and challenges in seed technology. *Frontiers in Plant Science*. 2016. V. 7. P. 646.
9. Bera K., Dutta P., Sadhukhan S. Seed priming with non-ionizing physical agents: plant responses and underlying physiological mechanisms. *Plant Cell Reports*. 2022. V. 41. No 1. Pp. 53-73.
10. Klyuev D. S., Kuzmenko A. A., Trifonova L. N. Influence on germination of pre-sowing treatment of seeds by irradiation with waves of different lengths. *Physics of Wave Processes and Radio Systems*. 2020. V. 23. No 1. Pp. 84-88.
11. Vanhaelewyn L., Van Der Straeten D., De Coninck B., Vandebussche F. Ultraviolet radiation from a plant perspective: The plant-microorganism context. *Frontiers in Plant Science*. 2020. V. 11. 597642.
12. Upadhyay A. K., Chormule S. R., Kuiry B. M., et al. Effect of UV radiation on seeds physiological parameter: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phyto-chemistry*. 2020. V. 9. No 6. Pp. 1877-1879.
13. Nasab S. S., Zare L., Tahmouzi S., et al. Effect of irradiation treatment on microbial, nutritional and technological characteristics of cereals: A comprehensive review. *Radiation Physics and Chemistry*. 2023. V. 212. 111124.
14. Peters M. D., Marnie C., Colquhoun H., et al. Scoping reviews: reinforcing and advancing the methodology and application. *Systematic Reviews*. 2021. V. 10. P. 263.
15. Siddaway A. P., Wood A. M., Hedges L. V. How to do a systematic review: a best practice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses. *Annual Review of Psychology*. 2019. V. 70. Pp. 747-770.
16. Mattos S. M., Cestari V. R. F., Moreira T. M. M. Scoping protocol review: PRISMA-ScR guide refinement. *Revista de Enfermagem da UFPI*. 2023. V. 12. No 1. e3062.
17. Mengist W., Soromessa T., Legese G. Method for conducting systematic literature review and meta-analysis for environmental science research. *MethodsX*. 2020. V. 7. 100777.
18. Mounni M., Brodal G., Romanazzi G. Recent innovative seed treatment methods in the management of seedborne pathogens. *Food Security*. 2023. V. 15. No 5. Pp. 1365-1382.
19. Arcos-Limiñana V., Maestre-Pérez S., Prats-Moya M. S. A comprehensive review on ultraviolet disinfection of spices and culinary seeds and its effect on quality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2025. V. 24. No 1. e70076.
20. Singh H., Bhardwaj S. K., Khatri M., et al. UVC radiation for food safety: An emerging technology for the microbial disinfection of food products. *Chemical Engineering Journal*. 2021. V. 417. 128084.
21. Ilyukhina N. V. et al. Study of the dynamics of inhibition of plant raw material microflora as a result of ultraviolet radiation treatment. *Khranenie i Pererabotka Sel'khozsyrya*. 2021. No 1. Pp. 117-126.
22. Kebbi Y., Muhammad A. I., Sant'Ana A. S., et al. Recent advances on the application of UV-LED technology for microbial inactivation: Progress and mechanism. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020. V. 19. No 6. Pp. 3501-3527.

23. Correa M. S. S., Saavedra M. E., Parra E. A. et al. Ultraviolet radiation and its effects on plants. Abiotic stress in plants-adaptations to climate change. IntechOpen. 2023.
24. Mariz-Ponte N., Mendes R. J., Sario S., et al. Moderate UV-A supplementation benefits tomato seed and seedling invigoration: a contribution to the use of UV in seed technology. Scientia Horticulturae. 2018. V. 235. Pp. 357-366.
25. Hamid N., Jawaid F. Influence of seed pre-treatment by UV-A and UV-C radiation on germination and growth of Mung beans. Pakistan Journal of Chemistry. 2011. V. 1. Pp. 164-167.
26. Nelyubina Zh. S., Kasatkina N. I. Influence of ultraviolet irradiation of perennial grass seeds on their sowing qualities. Agrarian Science. 2021. No 9. Pp. 97-100.
27. Levina N. S., Tertysnaya Yu. V., Bidey I. A., et al. Ultraviolet radiation influence on the sowing qualities and vegetation of spring wheat and spring barley. Agro-Industrial Complex of Russia. 2019. V. 26. No 3. Pp. 344-350.
28. Lazar I. M., Ifrim I. L., Nicuta D. et al. Macro and ultra-micro scale changes of rapeseed seedlings germinated from seeds exposed to UV-A-VIS radiations. Environmental Engineering & Management Journal. 2013. V. 12. No 1. Pp. 49-57.
29. Foroughbakhch Pournavab R., Bacópulos Mejía E., Benavides Mendoza A., et al. Ultraviolet radiation effect on seed germination and seedling growth of common species from Northeastern Mexico. Agronomy. 2019. V. 9. No 6. P. 269.
30. Noble R. E. Effects of UV-irradiation on seed germination. Science of the Total Environment. 2002. V. 299. No 1-3. Pp. 173-176.
31. Moss A. W., Kim J. J. The effect of UV irradiation on *Vigna radiata* seeds' (mung beans) germination and growth. 2021. Pp. 1-11.
32. Shaukat S. S., Farooq M. A., Siddiqui M. F., Zaidi S. A. Effect of enhanced UV-B radiation on germination, seedling growth and biochemical responses of *Vigna mungo* (L.) Hepper. Pakistan Journal of Botany. 2013. V. 45. No 3. Pp. 779-785.
33. Sen A., Challabathula D., Puthur J. T. UV-B priming of *Oryza sativa* seeds augments the innate tolerance potential in a tolerant variety more effectively toward NaCl and PEG stressors. Journal of Plant Growth Regulation. 2021. V. 40. Pp. 1166-1180.
34. Sugimoto K. Seed germination under UV-B irradiation. Bulletin of Minamikyushu University. 2013. No 43A. Pp. 1-9.
35. Díaz-Leyva C. E., Bacópulos-Mejía E., Ruiz-Torres N. A., et al. Irradiation of tomato seeds with UV-B and UV-C: Impact on germination, vigor and growth. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2017. V. 8. No 1. Pp. 105-118.
36. Ozel H. B., Abo Aisha A. E. S., Cetin M., et al. The effects of increased exposure time to UV-B radiation on germination and seedling development of Anatolian black pine seeds. Environmental Monitoring and Assessment. 2021. V. 193. No 7. Pp. 1-11.
37. Stefanello R., Barreto R. A. M., Müller G. L., et al. UV-B and UV-C radiation on the germination of soybean seeds. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. 2023. V. 18. No. 2. Pp. e2964-e2964.
38. Ma M., Wang P., Yang R., et al. Effects of UV-B radiation on the isoflavone accumulation and physiological-biochemical changes of soybean during germination: Physiological-biochemical change of germinated soybean induced by UV-B. Food Chemistry. 2018. V. 250. Pp. 259-267.
39. Hinds L. M., Guclu G., Kelebek H., et al. Effect of ultraviolet light emitting diode treatments on microbial load, phenolic and volatile profile of black peppercorns. LWT – Food Science and Technology. 2021. V. 152. 112133.
40. Guajardo-Flores D., Serna-Guerrero D., Serna-Saldívar S. O., et al. Effect of germination and UV-C radiation on the accumulation of flavonoids and saponins in black bean seed coats. Cereal Chemistry. 2014. V. 91. Pp. 276-279.
41. Sadeghianfar P., Nazari M., Backes G. Exposure to ultraviolet (UV-C) radiation increases germination rate of maize (*Zea mays* L.) and sugar beet (*Beta vulgaris*) seeds. Plants. 2019. V. 8. No 2. P. 49.
42. Semenov A., Korotkova I., Sakhno T., et al. Effect of UV-C radiation on basic indices of growth process of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds in pre-sowing treatment. Acta Agriculturae Slovenica. 2020. V. 116. No 1. Pp. 49-58.
43. Khudoyorbekov F. N. Aftereffect of pre-sowing of UV-irradiation of seeds on wheat growth and productivity. News of the National Academy of Sciences of Tajikistan. Department of Biological Sciences. 2023. No 2. Pp. 46-51.
44. Stefanello R., Puntel R. T., Da Silva Garcia W. J., Strazzabosco Dorneles L. Mitigating salt stress by conditioning seeds with ultraviolet light (UV-C) in white oats (*Avena sativa* L.). Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A. 2024. V. 87. No 13. Pp. 533-540.
45. Vendin S., Strakhov V., Manuilenko A. Results of studies on the application of UV radiation for disinfecting the surface of soybean seeds from pathogenic microflora. BIO Web of Conferences. 2023. V. 67. 02027.
46. Jia Y., Read Q. D. Bacteria disinfection of rice seeds by ultraviolet light irradiation in a biosafe flow cabinet. Plant Health Progress. 2023. V. 24. No 4. Pp. 435-438.
47. Araújo R. S. L., Araújo M. E. V., Gomes F. A. et al. Ultraviolet-C radiation improves soybean physiological and sanitary quality. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 2020. V. 48. No 4. Pp. 213-227.
48. Popovic V., Fairbanks N., Pierscianowski J., et al. Feasibility of 3D UV-C treatment to reduce fungal growth and mycotoxin loads on maize and wheat kernels. Mycotoxin Research. 2018. V. 34. No 3. Pp. 211-221.
49. Kondrateva N. P., Storcheyov V. F., Bolshin R. G. Use of ultraviolet for pre-sowing seed treatment. Agricultural Engineering (Moscow). 2024. V. 24. No 5. Pp. 59-65.
50. Rajjou L., Duval M., Gallardo K. et al. Seed germination and vigor. Annual Review of Plant Biology. 2012. V. 63. No 1. Pp. 507-533.

Информация об авторах

Пахомов Виктор Иванович, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, директор, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Российская Федерация, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14), профессор ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (Российская Федерация, 344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID: 0000-0002-8715-0655, e-mail: vnptim@gmail.com

Бахчевников Олег Николаевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Российская Федерация, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14), ORCID: 0000-0002-3362-5627, e-mail: oleg-b@list.ru

Брагинец Андрей Валерьевич, кандидат технических наук, научный сотрудник, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Российская Федерация, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14), ORCID: 0000-0002-7188-4179, e-mail: Al.55552015@vandex.ru

Хоменко Павел Андреевич, аспирант, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Российская Федерация, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14), ORCID: 0009-0000-7159-4887, e-mail: pavel.khomenko.00@mail.ru

Authors' Information

Pakhomov Viktor Ivanovich, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering Sciences, Director, Agricultural Scientific Center Donskoy (Russian Federation, 347740, Rostov region, Zernograd, Lenin str., 14), Professor, Don State Technical University (Russian Federation, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), ORCID: 0000-0002-8715-0655, e-mail: vniptim@gmail.com

Bakhchevnikov Oleg Nikolayevich, Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher, Agricultural Research Center Donskoy (Russian Federation, 347740, Rostov region, Zernograd, Lenin str., 14), ORCID: 0000-0002-3362-5627, e-mail: oleg-b@list.ru

Braginets Andrey Valeryevich, Candidate of Engineering Sciences, Researcher, Agricultural Research Centre Donskoy (Russian Federation, 347740, Rostov region, Zernograd, Lenin str., 14), ORCID: 0000-0002-7188-4179, e-mail: Al.55552015@vandex.ru

Khomenko Pavel Andreevich, Postgraduate student, Agricultural Research Centre Donskoy (Russian Federation, 347740, Rostov region, Zernograd, Lenin str., 14), ORCID: 0009-0000-7159-4887, e-mail: pavel.khomenko.00@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-03

THE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF INSECTICIDE USING AGAINST THE COLORADO BEETLE IN THE CULTIVATION OF EGGPLANTS

Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V.

Federal State Budgetary Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of Russian Academy of Sciences»

Solenoye Zaymische, Astrakhan Region, Russian Federation

Corresponding author: E-mail: bondarenko-a.n@mail.ru

Received 18.02.2025

Submitted 23.05.2025

The research was conducted within the framework of the budget financing program for research and development in 2025-2029. (FNMW-2025-0007) "To develop new zonal technologies for cultivating crops using adapted highly productive varieties and hybrids that increase crop production, preserve and reproduce the fertility of light chestnut soils in the Northwestern Caspian region".

Summary

The results of eggplant cultivation on light chestnut soil using drip irrigation are presented. Promising options have been identified that contribute to the formation of high yields of the crop under study.

Abstract

Introduction. Currently, the search for the most effective methods of controlling Colorado potato beetle on eggplants plantings is an urgent task. This article presents the results of a comparative analysis of the effectiveness of different insecticides in controlling this pest. The research was aimed at determining the effectiveness of different insecticides in protecting eggplants (*Solanum melongena*) from Colorado potato beetle in soil and climatic conditions of the north of the Astrakhan region. For this purpose, a field experiment on eggplants was carried out in the course of research work. **Object.** Eggplants variety Khalif. **Materials and methods.** 2021 to 2023, a study was conducted to evaluate the biological efficacy of different insecticides in the control of Colorado potato beetle on eggplants variety Khalif cultivated in the open ground. The experiments involved the preparations Tyra, KE, as well as Borey Neo, KE. The trials showed that the insecticide Borey Neo, KE was very effective against Colorado potato beetle. The best results were achieved after two treatments of experimental plots with a rate of 200 mg/ha. Three days after treatment, the number of beetles decreased by 87.5 %, which demonstrates the high efficiency of Borey Neo, KE insecticide. On the 7th day this indicator increased to 90 %, and after two weeks the efficiency decreased to 76.9 %. Despite some decrease in efficacy over time, the results indicate significant and long-lasting (although not consistently maximum) suppression of Colorado potato beetle numbers. This, in turn, had a positive effect on eggplants yield. **Conclusions.** The study showed that the highest concentration of nitrate in fruit samples was found in the centre of fruits of Khalif variety grown with Borey Neo, KE + N₁₈₀P₉₀K₆₀ fertilizer. This maximum concentration was 145.5 mg per kilogram. It is important to emphasise that the recorded value is significantly lower than the permissible level of nitrate content set at 300 mg/kg. Thus, no exceedance of permissible norms was detected.

Keywords: eggplant (*Solanum melongena*), eggplant varieties, insecticides, eggplant plant protection, eggplant pests.

Citation. Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. The analysis of the efficiency of insecticide using against the Colorado beetle in the cultivation of eggplants. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 34-45 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-03.

Author contributions. The authors of this scientific study were directly involved in laying out field experience, analyzing the data obtained during the period of research.

Conflict of interest. The authors of this publication declare no conflict of interest.

УДК 664.51:632.951

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНСЕКТИЦИДОВ В БОРЬБЕ
С КОЛОРАДСКИМ ЖУКОМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ БАКЛАЖАНОВ****Бондаренко А. Н., доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией
Костыренко О. В., научный сотрудник**ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»
с. Соленое Займище, Астраханская область, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках программы бюджетного финансирования тематики НИР 2025...2029 гг. (FNMW-2025-0007) «Разработать новые зональные технологии возделывания сельскохозяйственных культур с использованием адаптированных высокопродуктивных сортов и гибридов, обеспечивающие повышение объемов растениеводческой продукции, сохранение и воспроизводство плодородия светло-каштановых почв в зоне Северо-Западного Прикаспия».

Введение. В настоящее время актуальной задачей является поиск наиболее действенных методов борьбы с колорадским жуком на баклажанах. В данной статье представлены результаты сравнительного анализа эффективности применения разных инсектицидов в борьбе с этим вредителем. Исследования были направлены на определение эффективности различных инсектицидов в защите баклажанов (*Solanum melongena*) от колорадского жука в почвенно-климатических условиях севера Астраханской области. Для этого в ходе научно-исследовательской работы был проведен полевой эксперимент на баклажанах. **Объект.** Баклажан сорт Халиф. **Материалы и методы.** С 2021 по 2023 год проводилось исследование, направленное на оценку биологической эффективности различных инсектицидов в борьбе с колорадским жуком на баклажанах сорта Халиф, культивируемых в открытом грунте. В экспериментах были задействованы препараты Тайра, КЭ, а также Борея Нео, КЭ. Проведенные испытания показали, что инсектицид Борея Нео, КЭ оказался весьма эффективным против колорадского жука. Лучшие результаты были достигнуты после двух обработок экспериментальных участков с нормой расхода препарата 200 мг/га. Уже через три дня после обработки количество жуков уменьшилось на 87,5 %, что демонстрирует высокую эффективность инсектицида Борея Нео, КЭ. На 7 сутки этот показатель увеличился до 90 %, а спустя две недели эффективность снизилась до 76,9 %. Несмотря на некоторое снижение эффективности со временем, результаты указывают на значительное и долговременное (хотя и не постоянно максимальное) подавление численности колорадского жука. Это, в свою очередь, положительно влияло на урожайность баклажанов. **Выводы.** Исследования показали, что наибольшая концентрация нитратов в образцах плодов была обнаружена в центре плодов сорта Халиф, выращенных с применением удобрений Борея Нео, КЭ + $N_{180}P_{90}K_{60}$. Эта максимальная концентрация составила 145,5 мг на килограмм. Важно подчеркнуть, что зафиксированное значение значительно ниже допустимого уровня содержания нитратов, установленного на уровне 300 мг/кг. Таким образом, превышения допустимых норм не выявлено.

Ключевые слова: баклажан (*Solanum melongena*), сорта баклажана, инсектициды, защита растений баклажана, вредители баклажана.

Цитирование. Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Анализ эффективности использования инсектицидов в борьбе с колорадским жуком при возделывании баклажанов. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 34-45. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-03.

Авторский вклад. Авторы данного научного исследования принимали непосредственное участие в закладке полевого опыта, проведении анализа полученных данных, сформированных за период проведенных исследований.

Конфликт интересов. Авторы данной публикации заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Достижение больших урожаев качественных баклажанов – это непростая задача, требующая системного подхода [1, 2, 5, 13].

В условиях Нижневолжского региона, где наблюдается дефицит влаги в летний период и значительные колебания температур, необходимо внедрение передовых методов полива, направленных на экономию ресурсов, а также внесения удобрений, учитывающих специфику почвы [4, 7, 8].

Нередко, несмотря на применение передовых методов агротехники, урожайность баклажан оказывается под угрозой из-за воздействия болезней и вредителей [3, 6, 7, 11, 12].

Ущерб, наносимый урожаю, может быть колоссальным, составляя от 20 до 70 %, а в некоторых ситуациях даже превышая эти показатели. Такие существенные потери обусловлены не единственной причиной, а целым рядом взаимосвязанных факторов [18, 20].

Среди вредителей значительный вред посадкам наносят насекомые, в частности хлопковая совка, колорадский жук, паутинные клещи и белокрылка. Каждый из этих вредителей характеризуется своими особенностями жизненного цикла и предпочтениями в выборе пищи [15-17, 19, 21, 22].

Например, колорадский жук проходит несколько фаз развития, от яйца до взрослой особи. Наибольший вред причиняют именно личинки. В связи с этим для действенной защиты растений необходимо оперативно обнаруживать вредителей и применять инсектициды на ранних этапах их развития, пока личинки еще небольшие и находятся на листьях и плодах. Обработка на этой стадии обеспечивает максимальную эффективность применяемых средств и позволяет сократить количество повторных обработок [14].

Цель проведенных исследований заключалась в оценке биологической эффективности применения инсектицидов в борьбе с колорадским жуком (*Solanum melongena*) при возделывании баклажанов в почвенно-климатических условиях Астраханской области.

В ходе НИР был заложен полевой опыт на баклажанах. Повторность опыта – трехкратная. Размещение делянок – систематическое¹.

Опыт с баклажанами предусматривал проведение защитных мероприятий от вредителей (колорадский жук). Площадь 1 учётной делянки – 25 м², площадь под 1 вариантом – 75 м². Густота посадки 57,0 тыс. шт./га.

В опыте изучали следующие варианты: вариант 1 – Контроль (без обработки); вариант 2 – Тайра, КЭ; вариант 3 – Борей Нео, КЭ. Расход препаратов осуществляли согласно рекомендуемым нормам от товаропроизводителя.

Дополнительно в период вегетации были внесены минеральные удобрения. Общее содержание внесенных минеральных удобрений, рассчитанных по рекомендации (В. В. Челобанов, 1988 г.) для почвенно-климатических условий Астраханской области с учётом выноса питательных веществ составило для баклажан – N₁₈₀P₉₀K₆₀.

Объект исследований. Среднеспелый спелый сорт Халиф. Плод булавовидный, средней длины, диаметр маленький, темно-фиолетовый, глянцево-блестящий. Шипы на чашечке отсутствуют или очень редкие. Мякоть беловатая, без горечи. Масса плода – 230 г. Регион допуска – Нижневолжский.

Материалы и методы. Тайра, КЭ – инсектицид для широкого спектра культур. Действующее вещество – хлорпирифос. Концентрация – 480 г/л. Химический класс: Фосфорорганические соединения (ФОС). Препаративная форма: Концентрат эмульсии. Опрыскивание в период вегетации. Норма применения препарата: 0,07...0,1 г/га. Расход рабочей жидкости – 200...400 л/га.

Борей Нео, СК – уникальный трехкомпонентный инсектицид для защиты, овощных, плодовых и лесных культур от комплекса вредителей. Препаративная форма: суспензионный концентрат. Содержание действующего вещества: 125 г/л Альфа-циперметрин + 100 г/л имидаклоприд + 50 клотианидин г/л. Опрыскивание в период вегетации. Норма расхода препарата 100...200 мг/га. Расход рабочей жидкости 200...400 л/га.

Для выполнения поставленных задач проводились полевые учеты, наблюдения и измерения с использованием общепринятых методик.

Влияние исследуемых препаратов на рост и развитие растений оценивались по следующим параметрам: размер и масса плода, урожайность, товарность, % [9].

Учет урожайности проводился поделочно методом сплошной уборки на всех вариантах по мере технического созревания.

Стандартный урожай определялся согласно требованиям: баклажан свежий (ГОСТ 31821-2022. Баклажаны свежие).

Учеты колорадского жука на растениях баклажана проводился согласно Методическим указаниям по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности [10].

1. учет до опрыскивания;
2. учет – на 3 сутки после обработки;
3. учет – на 14 сутки после обработки;

Для расчета биологической эффективности использовалась формула Хендерсона-Тилтона (1955 г.):

$$БЭ = 100 \cdot (1 - Оп \cdot Кд / Од \cdot Кп)$$

где БЭ – эффективность, выраженная процентом снижения численности вредителя; Кд – число живых особей на контроле до обработки; Кп – число живых особей на контроле в данный срок учета; Од – число живых особей в опыте до обработки; Оп – число живых особей в опыте в данный срок учета.

¹Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 6-е. – Москва: Альянс, 2011. – 351 с. ил.)

Для определения нитратов в плодах баклажан использовали стандартный ионометрический метод. Измерения осуществляли с использованием ионометра Эксперт-001. В ходе проведенного анализа, полученные данные использовали для определения количества нитратов в продукции в мг/кг по формуле:

$$\text{Содержание нитратов, мг/кг} = \frac{C \text{ мг/л} * V \text{ пробы (мл)} * 1000 \text{ (коэффициент для перевода в кг)}}{m \text{ пробы (г)} * 1000 \text{ (коэффициент для перевода в л)}}$$

C, мг/кг – концентрация нитратов в суспензии, согласно данным ионометра; m – масса навески, г; V – объем раствора, мл.

Результаты. Исследование пахотного слоя светло-каштановой солонцеватой почвы опытного участка выявило ряд важных агрохимических характеристик, существенно влияющих на продуктивность овощных культур. Почва опытного участка характеризовалась низким содержанием гумуса 0,786 % и высоким показателем pH-7,05. Несмотря на относительно высокое содержание подвижного фосфора 240,0 мг/кг и калия 256,0 мг/кг, низкое содержание гумуса может снижать эффективность усвоения этих элементов растениями.

Анализ климатических данных за период исследований показал существенные отклонения от среднесуточных показателей. Среднесуточная температура воздуха в мае +19,8 °C превысила норму (+16,7 °C) на 3,1 °C, что свидетельствует о более теплом, чем обычно, начале вегетационного периода.

Сочетание высокой температуры и низкой относительной влажности воздуха 38,4 %, на 15,6 % ниже нормы создало условия повышенного испарения влаги из почвы, что потребовало более частого и обильного полива для выращиваемой культуры. Сумма активных температур выше +10 °C составила 633,5 °C.

Июнь и август характеризовались дефицитом осадков. В июне выпало всего 11,9 мм осадков (на 14,1 мм меньше нормы), а в августе – 4,4 мм (на 13,6 мм меньше нормы). Такая засушливая погода, в сочетании с высокой температурой от +11,2 до +32,6 °C в июне и от +19,8 до +27,5 °C в августе, существенно повлияла на возделывание изучаемой культуры (таблица 1).

Таблица 1 – Агрометеорологические условия вегетационного периода (в среднем за 2021-2023 гг.)
Table 1 – Agrometeorological conditions of the growing season (2021-2023 average)

Месяц / Month	Температура воздуха среднесуточная, °C / Air temperature daily average, °C		Осадки, мм / Precipitation, mm		Σ активных температур > 10°C, °C / Σ of active temperatures > 10°C, °C	Относительная Влажность воздуха, % / Relative humidity air humidity, %	
	Среднее значение / Average value	Средне-многолетние данные / Annual averages data	Σ за месяц / Σ for the month	Средне-много-летние данные / Annual averages		За Месяц / In month	Средне-многолетние данные / Annual averages
Май / May	19,8	16,7	-	31,0	633,5	38,4	54
Июнь / June	23,5	21,5	11,9	26,0	704,8	33,5	50
Июль / July	28,0	24,3	40,3	23,0	835,0	52,0	50
Август / August	24,5	22,8	4,4	18,0	735,2	41,0	
За вегета-ционный период / For the vegeta-tion period	24,0		56,6		908,5	41,2	52

В начале мая была произведена высадка рассады баклажанов сорта Халиф. Методы подготовки почвенного участка полностью совпадали с общепринятыми агротехническими приемами, рекомендованными для данной местности.

Обработка баклажанов против колорадского жука была осуществлена в первой декаде июля, в период активного цветения и формирования завязей. В это время популяция вредителя составляла от 4 до 6 личинок на одно растение, что достигало критического уровня, установленного в результате предшествующих исследований на экспериментальном участке. Такое количество личинок могло нанести существенный вред посадкам, если бы не были своевременно применены меры защиты.

В ходе трехлетней исследовательской работы было проведено тестирование ряда инсектицидов. Они показали значительную биологическую эффективность в защите посадок баклажанов от имаго и личиночной стадии колорадского жука. Действие данных средств защиты продолжалось в течение двух недель после применения, при этом эффективность варьировалась в пределах от 44,6 до 76,9 %.

Препарат Борея Нео, КЭ, при норме расхода 200 мг/га, выявился наиболее действенным, обеспечивая сокращение популяции вредителя в среднем на 90 % в течение первой недели после обработки. Благодаря этому, по результатам наших исследований он явился одним из предпочтительных вариантов для контроля численности колорадского жука, особенно в уязвимые фазы роста и развития культуры (таблица 2).

Таблица 2 – Биологическая эффективность инсектицида, среднее за 2021-2023 гг.

Table 2 – Biological efficacy of the insecticide, average for 2021-2023

Вариант опыта / Test variant	Среднее число вредителей на растение, шт. / Average number of pests per plant, pcs.				Снижение численности относительно исходной с поправкой на контроль после обработки по суткам учётов, % / Decrease in abundance relative to the initial one with correction for control after treatment by days of counting, %		
	До обработки / Before treatment	После обработки по суткам учётов / After processing by day of counts					
		3	7	14	3	7	14
Контроль+ N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀ / Control + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀	6	8	10	13	-		-
Тайра, КЭ + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀ / Tyra, KE + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀	5	2	4	6	70,0	52,0	44,6
Борей Neo, КЭ + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀ / Borei Neo, KE + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀	6	1	1	3	87,5	90,0	76,9
НСР ₀₅	0,28	0,18	0,25	0,37			

По результатам трехлетнего исследования, охватывающего период 2021...2023 гг., динамика плодообразования на баклажанах по датам учета выявила вариант с использованием инсектицида Борея Нео, КЭ. По сумме учетов за 6 учетов максимальное значение 9 шт./раст. было выявлено именно по данному варианту (таблица 3).

За годы изучения максимальные показатели урожайности были получены на варианте с использованием инсектицида Борея Нео, КЭ. Так, биологическая урожайность на данном варианте за 6 учетов составила в среднем 84,0 т/га. Вариант, с использованием препарата Тайра, КЭ значительно уступал по показателям урожайности 76,9 т/га предыдущему варианту (таблица 4).

Общая масса с одного растения за 6 учетов в среднем на варианте с использованием инсектицида Борея Нео, КЭ составила 1199,8 г., товарность 91,1 %. На варианте с использованием инсектицида Тайра, КЭ общая масса с одного растения за 6 учетов в среднем была равна 1133,6 г., товарность 79,4 % (таблица 5). Средняя масса товарных плодов баклажанов за 6 учетов на варианте с применением препарата Борея Нео 129,4 г, на варианте с применением препарата Тайра, КЭ 124,9 г (таблица 6).

Таблица 3 – Динамика плодобразования на баклажанах по датам учета, среднее за 2021...2023 г.
Table 3 – Dynamics of fruit formation on eggplants by dates of record, average for 2021...2023

Вариант / Variant	1-й учет / 1st accounting		2-й учет / 2nd accounting		3-й учет / 3rd accounting		4-й учет / 4th accounting		5-й учет / 5th accounting		6-й учет / 6th accounting		Σ плодов на 1 раст. за 6 учетов / Σ fruits per plant. per 6 counts
	Фаза бутонизации Н.Ф. / Phase budding		Фаза цветения Н.Ф. / Phase flowering		Фаза цветения П.Ф. / Phase flowering		Фаза плодообра- зование Н.Ф. / Phase Fertilisation sowing		Фаза плодобразования П.Ф. / Phase Fertilisation sowing				
	Бутонов / Buds	Цветков / Blossoms	Цветков / Blossoms	Плодов / Fruits	Цветков / Blossoms	Плодов / Fruits	Цветков / Blossoms	Плодов / Fruits	Цветков / Blossoms	Плодов / Fruits			
	Количество во плодов шт./раст. / Number of wo fruits pcs./growth												
Контроль+ N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀ / Control+ N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀	1,1	0,3	14,4	0,7	0,6	-	0,8	2,3	2,9	7			
Тайра, КЭ + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀ / Tyra, KE + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀	1,3	-	12,5	0,3	1,6	-	1,1	3,6	3,4	8			
Борей Нео, КЭ + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀ / Borei Neo, KE + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀	0,9	0,3	8,3	0,3	1,3	-	0,9	3,6	3,8	9			

Таблица 4 – Биологическая урожайность товарных плодов баклажан в зависимости от применения инсектицидов, среднее за 2021...2023 гг.
Table 4 – Biological yield of marketable aubergine fruits depending on insecticide application, average for 2021...2023

Вариант / Variant	1-й учет / 1st accounting		2-й учет / 2nd accounting		3-й учет / 3rd accounting		4-й учет / 4th accounting		5-й учет / 5th accounting		6-й учет / 6th accounting		Σ за 6 учетов / Σ for 6 records	
	Масса плодов с 1-го раст., г / Fruit weight with 1st stage, g	Биологическая урожайность т/га / Biological yield t/ha	Масса плодов с 1-го раст., г / Fruit weight with 1st stage, g	Биологическая урожайность т/га / Biological yield t/ha	Масса плодов с 1-го раст., г / Fruit weight with 1st stage, g	Биологическая урожайность т/га / Biological yield t/ha	Масса плодов с 1-го раст., г / Fruit weight with 1st stage, g	Биологическая урожайность т/га / Biological yield t/ha	Масса плодов с 1-го раст., г / Fruit weight with 1st stage, g	Биологическая урожайность т/га / Biological yield t/ha	Масса плодов с 1-го раст., г / Fruit weight with 1st stage, g	Биологическая урожайность т/га / Biological yield t/ha	Масса плодов с 1-го раст., г / Fruit weight with 1st stage, g	Биологическая урожайность т/га / Biological yield t/ha
Контроль + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀ / Control + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀	114,4	8,0	58,2	4,1	309,7	21,7	268,2	18,8	131,2	9,2	79,7	5,6	961,4	67,3
Тайра, КЭ + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀ / Tyra, KE + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀	99,3	4,6	173,1	12,1	259,0	18,1	221,8	15,5	230,2	16,1	150,2	10,5	1133,6	76,9
Борей Нео, КЭ+N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀ / Borei Neo, KE + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀	53,2	3,7	47,8	3,4	321,3	22,5	342,3	24,0	270,5	19,0	164,7	11,5	1199,8	84,0
НСР 05														3,8

Таблица 5 – Товарность плодов баклажана в зависимости от применения инсектицидов, среднее за 2021...2023 гг.
Table 5 – Productivity of eggplant fruits, depending on the use of insecticides, average for 2021-2023.

Вариант / Variant	1-й учет / 1st accounting		2-й учет / 2nd accounting		3-й учет / 3rd accounting		4-й учет / 4th accounting		5-й учет / 5th accounting		6-й учет / 6th accounting		Масса товарных плодов, г / Weight of commercial fruits, g	Масса нетоварных плодов, г / Weight of non-commercial fruits, g	Общая масса с 1-го участка, г / Total weight from the 1st stage, g	Товарность, % / Marketability, %	Среднее за 6 учетов / Average for 6 accounts
	Масса товарных плодов с 1-го участка, г / Weight of commercial fruits from the 1st growth, g	Масса нетоварных плодов с 1-го участка, г / Weight of non-commercial fruits from the 1st growth, g	Масса товарных плодов с 1-го участка, г / Weight of commercial fruits from the 1st growth, g	Масса нетоварных плодов с 1-го участка, г / Weight of non-commercial fruits from the 1st growth, g	Масса товарных плодов с 1-го участка, г / Weight of commercial fruits from the 1st growth, g	Масса нетоварных плодов с 1-го участка, г / Weight of non-commercial fruits from the 1st growth, g	Масса товарных плодов с 1-го участка, г / Weight of commercial fruits from the 1st growth, g	Масса нетоварных плодов с 1-го участка, г / Weight of non-commercial fruits from the 1st growth, g	Масса товарных плодов с 1-го участка, г / Weight of commercial fruits from the 1st growth, g	Масса нетоварных плодов с 1-го участка, г / Weight of non-commercial fruits from the 1st growth, g	Масса товарных плодов с 1-го участка, г / Weight of commercial fruits from the 1st growth, g	Масса нетоварных плодов с 1-го участка, г / Weight of non-commercial fruits from the 1st growth, g					
Контроль + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀ / Control+ N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀	84,5	29,9	30,2	28,0	163,8	145,9	102,8	165,4	75,0	56,2	40,3	39,4	496,6	464,8	961,4	51,7	
Тайра, КЭ+ N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀ / Tyra, KE + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀	73,9	25,4	144,0	29,1	209,8	49,2	186,2	35,6	167,4	62,8	118,3	31,9	899,6	234,0	1133,6	79,4	
Борей Нео, КЗ + N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀ / Borei Neo, KE+ N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀	53,2	-	47,8	-	290,1	31,2	313,1	29,2	224,7	45,8	164,7	-	1093,6	106,2	1199,8	91,1	

Таблица 6 – Средняя масса товарных плодов баклажан по учетам урожайности, среднее за 2021...2023 гг.
Table 6 – The average mass of marketable eggplant fruits in terms of yield, the average for 2021... 2023

Вариант / Variant	Средняя масса товарного плода по учетам, г / Average weight of commercial fruit by records, g					
	1-й учет / 1st accounting	2-й учет / 2nd accounting	3-й учет / 3rd accounting	4-й учет / 4th accounting	5-й учет / 5th accounting	6-й учет / 6th accounting
Контроль+ $N_{180}P_{90}K_{60}$ / Control+ $N_{180}P_{90}K_{60}$	84,1	44,2	157,6	134,1	132,4	119,0
Тайра, КЭ + $N_{180}P_{90}K_{60}$ / Тура, KE + $N_{180}P_{90}K_{60}$	144,1	53,8	141,4	140,0	146,7	123,7
Борей Нео, КЭ + $N_{180}P_{90}K_{60}$ / Borei Neo, KE + $N_{180}P_{90}K_{60}$	123,4	157,8	124,6	111,2	143,9	115,6
						111,9
						124,9
						129,4

В рамках наших научных исследований мы также изучали концентрацию нитратов в плодах баклажанов (рисунок 1). Результаты анализа показали, что наибольшее накопление нитратов, достигающее 145,5 мг/кг в центре плода, наблюдалось в варианте опыта с применением Борей Нео, КЭ + N₁₈₀P₉₀K₆₀.

В кожуре плодов, в вариантах с использованием инсектицидов, содержание нитратов варьировалось от 169,4 до 172,2 мг/га. Это превышало показатели контрольного варианта на 119,3...122,1. При анализе мякоти плодов, максимальные значения были зафиксированы в варианте с использованием инсектицида Борей Нео, КЭ и составили 21,7 мг/кг.

В целом необходимо отметить, что превышение нормы содержания нитратов (300 мг/кг) не наблюдалось (согласно постановлению от 14 ноября 2001 г. № 36 «О введении в действие санитарных правил»).

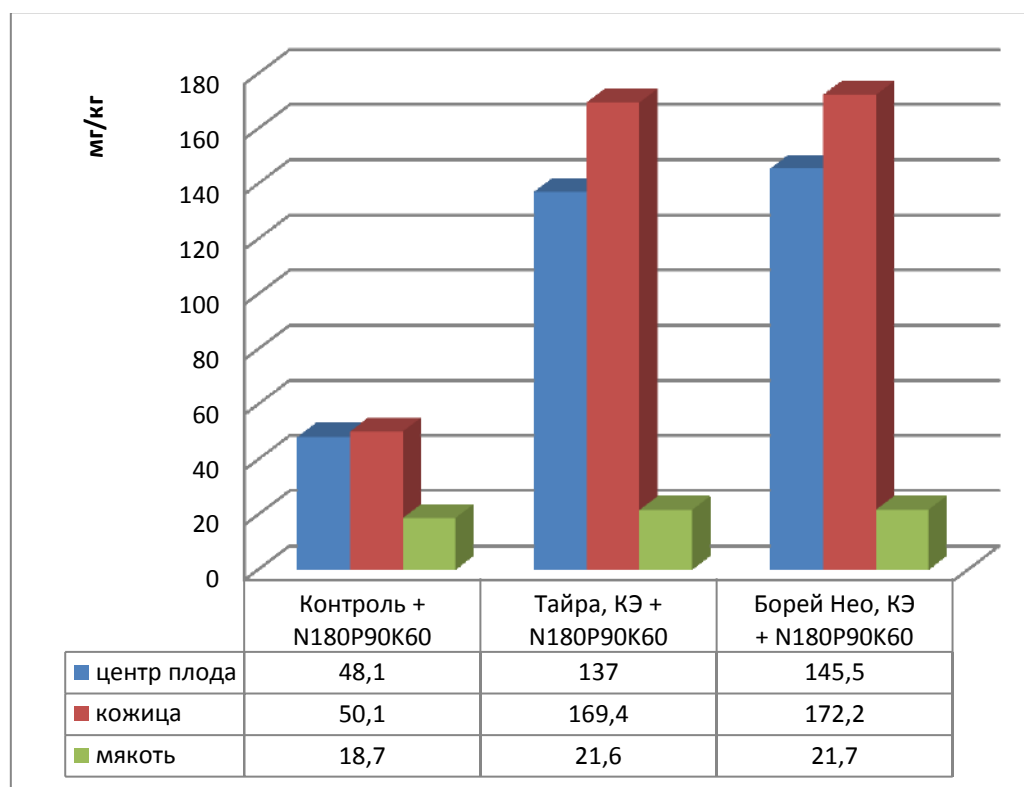


Рисунок 1 – Содержание нитратов в плодах баклажан сорта Халиф
Figure 1 – Nitrate content in eggplant fruits of Khalif variety

Закключение. В наших результатах исследований в условиях Астраханской области был выявлен максимальный эффект от использования инсектицидов в посадках баклажан при двукратной обработке препаратом Борей Нео, КЭ с нормой расхода 200 мг/га.

При этом отмечено существенное сокращение колорадского жука (*Solanum melongena*) уже на третьи сутки до 87,5 % с поправкой на контроль, на 7 сутки до 90,0 %.

В целом важно отметить, что биохимические показатели плодов практически не отклонялись от контрольного варианта. Превышение нормы (300 мг/кг) содержания нитратов от применения инсектицидов в плодах баклажана не наблюдалось.

Conclusions. Our research results in the Astrakhan region revealed the maximum effect from the use of insecticides in eggplant plantings with double treatment with Borei Neo, CE with a consumption rate of 200 mg/ha. At the same time, there was a significant reduction in the Colorado potato beetle (*Solanum melongena*) on the third day to 87.5 % adjusted for control, on the 7th day to 90.0 %. In general, it is important to note that the biochemical parameters of the fruits practically did not deviate from the control variant. Excess of the normal (300 mg / kg) nitrate content from the use of insecticides in eggplant fruits was not observed.

Библиографический список

1. Гарьянова Е. Д., Соколов А. С., Гуляева Г. В., Полякова Е. В. Выращивание безрассадного баклажана в Нижнем Поволжье. Вестник КрасГАУ. 2020. № 10. С. 13-20.

2. Гашкова И. В., Соловьева А. Е., Курина А. Б. Сравнительная характеристика биохимического состава образцов баклажана коллекции ВИР в защищенном грунте. Овощи России. 2021. № 1 (57). С. 87-95.
3. Свидовская Н. Н., Кузнецова Т. А., Завалишина О. М. Оценка сортов баклажана по параметрам пластичности и стабильности. Вестник Алтайского ГАУ. 2022. № 1 (216). С. 47-52.
4. Гулин А. В., Кигашпаева О. П., Мачулкина В. А. Биоэнергетическая оценка производства семян баклажан. Аграрный вестник Урала. 2023. № 04 (233). С. 70-78.
5. Джамбаева А. Д., Бакаева Р. У., Ганеева Э. М., Сатучиев А. М., Решетников О. Ю., Решетникова А. Ю., Лысенко А. А. Эффективность бактериальных препаратов при выращивании баклажана. International journal of Professional Science. 2021. № 1. С. 20-28.
6. Долженко В. И., Сухорученко Г. И., Буркова Л. А. Совершенствование ассортимента средств борьбы с вредителями растений в XXI веке. Агрохимия. 2021. № 1. С. 31-40.
7. Долженко В. И., Лаптев А. Б. Современный ассортимент средств защиты растений: биологическая эффективность и безопасность. Плодородие. 2021. № 3 (120). С. 71-75.
8. Мачулкина В. А., Санникова Т. А., Гулин А. В. Поступление урожая овощных культур в зависимости от региона выращивания. Sciences of Europe. 2020. № 52. С. 9-12.
9. Волощенко В. С., Старцева В. И. и др. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск четвертый картофель, овощные и бахчевые культуры. М.: «Министерство сельского хозяйства РФ», 2015. 61 с.
10. Методические указания по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности. Общая часть. М.: «Минсельхоз России». 2018. 56 с.
11. Москвичев А. Ю., Корженко И. А., Королев Д. Л. Особенности выращивания баклажана на овощных плантациях волгоградской области. Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 81-88.
12. Свидовская Н. Н., Кашнова Е. В. Перспективные сорта пасленовых культур для Западной Сибири. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2021. Т. 8-1 (59). С. 88-91.
13. Солдатенко А. В., Разин А. Ф., Пивоваров В. Ф. Овощи в системе обеспечения продовольственной безопасности России. Овощи России. 2019. № 2. С. 9-15.
14. Сухорученко Г. И., Буркова Л. А., Иванова Г. П. Формирование ассортимента химических средств защиты растений от вредителей в XX веке. Вестник защиты растений. 2020. № 1 (103). С. 5-24.
15. Alkhatib Rami, et al. Photosynthetic and Ultrastructural Properties of Eggplant (*Solanum melongena*) Under Salinity Stress. Horticulturae. 2021. V. 7. Pp. 1-12.
16. Aumentado H. D., Balendres M. Angelo. Diseases of Eggplant (*Solanum melongena* L.) and Their Management in Asia. Plant Pathology & Quarantine. 2024. V. 14. Pp. 97-117.
17. Hidayat Ramdan et al. Composition of Growing Media and Concentration of Foliar Fertilizer Affected Yield and Quality of Purple Eggplant (*Solanum melongena* L.). Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia. 2024. No 30. Pp. 48-54.
18. Ramadan A. Arafa, et al. Identification of Promising Eggplant Genotypes for Root-knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) Resistance. Hortscience. 2025. V. 60. I. 1. Pp. 35-41.
19. Rufa'i S., et al. Response of African Eggplant (*Solanum aethiopicum* L.) Varieties to Compost Tea in Sudan Savanna Agro-ecological Zone of Nigeria. Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research. 2024. No 11. Pp. 14-26.
20. Siam M. A. Habib et al. Biology and Management of Eggplant (*Solanum melongena* L.) Shoot and Fruit Borer: A Review. 2024. V. 22. Pp. 267-276.
21. Tsafack Hermine, et al. Effect of Nutrients and Phytochemical Compounds of *Solanum melongena* (Eggplants) on Cognitive Protection in Rats. Journal of Diseases and Medicinal Plants. 2024. V. 10. Pp. 17-28.
22. Wang Hong, et al. Comparative Transcriptome Analysis of Eggplant (*Solanum melongena* L.) Peels with Different Glossiness. Agronomy. 2024. V. 14. Pp. 2-12.

References

1. Garyanova E. D., Sokolov A. S., Gulyaeva G. V., Polyakova E. V. Cultivation of seedless eggplant in the Lower Volga region. Vestnik KrasGAU. 2020. № 10. Pp. 13-20.
2. Gashkova I. V., Solovyova A. E., Kurina A. B. Comparative characteristics of the biochemical composition of eggplant samples of the VIR collection in protected ground. Vegetables of Russia. 2021. № 1 (57). Pp. 87-95.
3. Svidovskaya N. N., Kuznetsova T. A., Zavalishina O. M. Evaluation of eggplant varieties by plasticity and stability parameters. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2022. № 1 (216). Pp. 47-52.
4. Gulina A. V., Kigashpaeva O. P., Machulkina V. A. Bioenergetic assessment of eggplant seed production. Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. № 04 (233). Pp. 70-78.
5. Dzhambaeva A. D., Bakaeva R. U., Ganeeva E. M., Satuchiev A. M., Reshetnikov O. Yu., Reshetnikova A. Yu., Lysenko A. A. Efficacy of bacterial preparations in eggplant cultivation. International journal of Professional Science. 2021. № 1. Pp. 20-28.
6. Dolzhenko V. I., Sukhoruchenko G. I., Burkova L. A. Improvement of the Assortment of Plant Pest Control Tools in the XXI Century. Agrochemistry. 2021. № 1. Pp. 31-40.
7. Dolzhenko V. I., Laptev A. B. Modern assortment of plant protection products: biological efficiency and safety. Fertility. 2021. № 3 (120). Pp. 71-75.
8. Machulkina V. A., Sannikova T. A., Gulina A. V. Yield of Vegetable Crops Depending on the Region of Cultivation. Sciences of Europe. 2020. № 52. Pp. 9-12.
9. Voloshchenko V. S., Startseva V. I., et al. Methods of State Variety Testing of Agricultural Crops. Fourth issue of potatoes, vegetables and melons. Moscow: Ministry of Agriculture of the Russian Federation, 2015. 61 p.
10. Guidelines for registration tests of pesticides in terms of biological efficacy. General part. Moscow: "Ministry of Agriculture of Russia". 2018. 56 p.
11. Moskvichev A. Yu., Korzhenko I. A., Korolev D. L. Features of Eggplant Cultivation on Vegetable Plantations in the Volgograd Region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020. № 1 (57). Pp. 81-88.

12. Svidovskaya N. N., Kashnova E. V. Promising varieties of nightshade crops for Western Siberia. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2021. V. 8-1 (59). Pp. 88-91.
13. Soldatenko A. V., Razin A. F., Pivovarov V. F. Vegetables in the system of ensuring food security in Russia. *Vegetables of Russia*. 2019. № 2. Pp. 9-15.
14. Sukhoruchenko G. I., Burkova L. A., Ivanova G. P. Formation of the assortment of chemical means of plant protection against pests in the twentieth century. *Plant Protection Bulletin*. 2020. № 1 (103). Pp. 5-24.
15. Alkhatib Rami, et al. Photosynthetic and Ultrastructural Properties of Eggplant (*Solanum melongena*) Under Salinity Stress. *Horticulturae*. 2021. V. 7. Pp. 1-12.
16. Aumentado H. D., Balendres M. Angelo. Diseases of Eggplant (*Solanum melongena* L.) and Their Management in Asia. *Plant Pathology & Quarantine*. 2024. V. 14. Pp. 97-117.
17. Hidayat Ramdan et al. Composition of Growing Media and Concentration of Foliar Fertilizer Affected Yield and Quality of Purple Eggplant (*Solanum melongena* L.). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 2024. No 30. Pp. 48-54.
18. Ramadan A. Arafa, et al. Identification of Promising Eggplant Genotypes for Root-knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) Resistance. *Hortscience*. 2025. V. 60. I. 1. Pp. 35-41.
19. Rufa'i S., et al. Response of African Eggplant (*Solanum aethiopicum* L.) Varieties to Compost Tea in Sudan Savanna Agro-ecological Zone of Nigeria. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*. 2024. No 11. Pp. 14-26.
20. Siam M. A. Habib et al. Biology and Management of Eggplant (*Solanum melongena* L.) Shoot and Fruit Borer: A Review. 2024. V. 22. Pp. 267-276.
21. Tsafack Hermine, et al. Effect of Nutrients and Phytochemical Compounds of *Solanum melongena* (Eggplants) on Cognitive Protection in Rats. *Journal of Diseases and Medicinal Plants*. 2024. V. 10. Pp. 17-28.
22. Wang Hong, et al. Comparative Transcriptome Analysis of Eggplant (*Solanum melongena* L.) Peels with Different Glossiness. *Agronomy*. 2024. V. 14. Pp. 2-12.

Информация об авторах

Бондаренко Анастасия Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, кв. Северный, 8), ORCID 0000-0003-4816-5667, e-mail.pniiaz@mail.ru

Костыренко Оксана Владимировна, научный сотрудник, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, кв. Северный, 8), ORCID 0000-0002-9650-9674, e-mail.pniiaz@mail.ru

Authors' Information

Bondarenko Anastasia Nikolaevna, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Agricultural Technologies of Vegetable Crops, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solyonoye Zaymische Village, Severny Quarter, 8), ORCID 0000-0003-4816-5667, e-mail.pniiaz@mail.ru

Kostyrenko Oksana Vladimirovna, Researcher, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solyonoye Zaymische Village, Severny Quarter, 8), ORCID 0000-0002-9650-9674, e-mail.pniiaz@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-04

**ECOLOGICAL AND ECONOMIC FEATURES OF THE MAIN ELEMENTS OF AGRICULTURE
IN AGRARIAN LANDSCAPES POLLUTED WITH ¹³⁷Cs**¹Dutov A. I., ²Dorofeev A. F., ³Shumsky V. A., ⁴Breslavets Y. P., ³Breslavets V. M.

¹*Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov
Belgorod, Russian Federation*

²*Financial University under the Government of the Russian Federation
Moscow, Russian Federation*

³*Belgorod State Agrarian University named after V. Y. Gorin
Maysky village, Belgorod region, Russian Federation*

⁴*All-Russian Research Institute for Animal Breeding
Dubrovitsy, Podilsky District, Moscow Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: dutov_bsau@mail.ru

Received 07.04.2025

Submitted 01.06.2025

Summary

The study explores the agrochemical factors influencing the mitigation of radiological risks in agricultural landscapes during the extended post-accident period. Particular emphasis is placed on the role of mineral fertilizers in areas contaminated with radioactive cesium, where their application is characterized by distinct radioecological considerations related to the imperative of producing agricultural outputs that comply with radiation safety regulations. The radiological effectiveness of mineral fertilizers varies depending on the botanical characteristics of crop species. Under the conditions of sod-podzolic soils typical of the Polesie region, this effectiveness is notably superior to that observed on chernozemic soils.

Abstract

Introduction. As a result of nuclear and radiation accidents and incidents, the concentration of radionuclides in soils increases. When radionuclides enter plants from the root system from the soil, the latter are included in the food chain when consumed by the population. **Object.** The study of soil-agrochemical aspects of the criticality of radionuclide-contaminated agricultural landscapes was carried out in regions with a

soil pollution density of ^{137}Cs from 5 to 40 Ci/km². **Materials and methods.** The specific activity of ^{137}Cs was determined by the spectrometric method on gamma-spectrometric equipment with semiconductor detectors GEM-30185, Ge (Li), GMX series "EG & G ORTEC") with a multichannel analyzer ADCAM – 300. Sampling and their preparation for analysis was carried out according to generally accepted methods, taking into account the specifics of scientific research in the field of agricultural radiology [1]. **Results and conclusion.** The analysis of the structure of various types of soils and the degree of contamination with radionuclides showed the greatest contamination in terms of radiation by peat-swamp and sod-podzolic soils of various mechanical composition (70 %), and significantly less by gray forest and chernozems (30 %). The study examined the influence of nitrogen and potassium fertilizers, both individually and in combination, on the accumulation of radiocesium (^{137}Cs) in agricultural crops. Findings indicate that the application of nitrogen fertilizers alone, at a rate of 120 kg/ha of active substance, led to an increase in ^{137}Cs concentration across all tested plant species. Conversely, the isolated use of phosphorus fertilizers at the same dose (120 kg/ha a.s.) demonstrated a downward trend in radionuclide accumulation-most notably in potato tubers, oat grain, and lupine – resulting in reductions of up to 17 %.

The application of potash fertilizers both separately and in combination with phosphoric ones reduced the content of ^{137}Cs in the crop yield by almost 3 times. However, potash fertilizer efficiency on chernozem is much lower compared to sod-podzolic. on sod-podzolic soil, the content of ^{137}Cs decreased in comparison with the control without fertilizers by almost 2.5-3 times, then on chernozem by 1.2-1.6 times, respectively.

The production of agricultural commodities that meet radiation safety standards in radionuclide-contaminated areas necessitates the implementation of scientifically grounded agrotechnical interventions. Among these, the application of mineral fertilizers – particularly those based on potassium – emerges as a critical component of mitigation strategies. This is especially pertinent for sod-podzolic soils, where the efficacy of potassium fertilizers in reducing the bioavailability of radiocesium is demonstrably higher compared to other soil types.

Keywords: radiological countermeasures, agroecological vulnerability, radionuclide contamination, specific radionuclide activity in crops, cesium-137, regulatory thresholds of radionuclide content, long-term post-accident remediation.

Citation. Dutov A. I., Dorofeev A. F., Shumsky V. A., Breslavets Y. P., Breslavets V. M. Ecological and economic features of the main elements of agriculture in agrarian landscapes polluted with ^{137}Cs . *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 45-53 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-04.

Authors' contributions. All listed authors were actively involved in the conceptual design, experimental implementation, and analytical interpretation of the research. Each co-author has reviewed and approved the final manuscript prior to submission.

Conflict of interest. The authors declare that there are no conflicts of interest associated with the publication of this study.

УДК 631.4:631.58:631.95

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ ^{137}Cs

¹Дутов А. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²Дорофеев А. Ф., доктор экономических наук, профессор

³Шумский В. А., кандидат биологических наук, доцент

⁴Бреславец Ю. П., кандидат сельскохозяйственных наук

³Бреславец В. М., кандидат ветеринарных наук, доцент

¹Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова
г. Белгород, Российская Федерация

²Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации
г. Москва, Российская Федерация

³Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина
п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Российская Федерация

⁴ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела» (ВНИИПлем)
пос. Дубровицы, Подольский район, Московская область, Российская Федерация

Резюме. Рассмотрены особенности функционирования агроландшафтов, подверженных радионуклидному загрязнению, с акцентом на почвенно-агрохимические факторы, влияющие на снижение их критичности в отдалённый период после аварийного радиационного воздействия. Установлено, что использование минеральных удобрений в зонах, загрязнённых радиоактивным цезием, характеризуется выраженной радиационно-экологической спецификой, связанной с необходимостью получения продукции растениеводства, соответствующей нормативам радиационной безопасности. Уровень радиологической эффективности применения удобрений зависит от видовой принадлежности сельскохозяйственных растений, что обуславливает дифференцированный подход к агрохими-

ческой коррекции. В частности, при обработке дерново-подзолистых почв Полесья наблюдается значительно более высокая результативность агрохимического воздействия по сравнению с чернозёмными почвами.

Актуальность. Вследствие ядерных и радиационных аварий и инцидентов в почвах обнаруживается повышенная концентрация радиоактивных веществ. При поступлении из почвы в растения через корневую систему радионуклиды включаются в пищевую цепочку, попадая на стол человека. **Объект.** Изучение почвенно-агрохимических аспектов критичности радионуклидно загрязнённых агроландшафтов проводили в регионах с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs от 5 до 40 Ки/км². **Материалы и методы.** Удельную активность ^{137}Cs , определяли спектрометрическим методом на гамма-спектрометрическом оборудовании с полупроводниковым детектором GEM-30185, Ge (Li), GMX серии «EG & G ORTEC») с многоканальным анализатором ADCAM – 300. Отбор образцов, их подготовка к анализу осуществлялись по общепринятым методикам с учётом специфики научно-исследовательских работ в области сельскохозяйственной радиологии. **Результаты и выводы.** Проведённый анализ морфологической структуры почв и степени их радионуклидного загрязнения показал, что наибольшая концентрация радиационно-опасных элементов зафиксирована в торфяно-болотных и дерново-подзолистых почвах различного гранулометрического состава, доля которых составила около 70 % от общей площади загрязнённых угодий. Значительно меньший уровень радиационной нагрузки наблюдался на серых лесных и чернозёмных почвах (около 30 %). В рамках исследования была проведена оценка влияния различных схем внесения минеральных удобрений – в том числе азотных, калийных и их комбинаций – на степень накопления радионуклида ^{137}Cs в урожае сельскохозяйственных культур. Установлено, что одностороннее применение азотных удобрений в дозе 120 кг/га д.в. сопровождалось ростом содержания радиоцезия во всех без исключения культурах. В то же время внесение исключительно фосфорных удобрений в той же дозировке способствовало снижению содержания ^{137}Cs в клубнях картофеля, зерне овса и люпина – снижение составило до 17 %. Наиболее выраженный радиозащитный эффект обеспечивало применение калийных удобрений как в чистом виде, так и в сочетании с фосфорными: в этих вариантах наблюдалось снижение содержания ^{137}Cs в урожае почти в три раза по сравнению с контролем. Однако эффективность калийного удобрения на чернозёме гораздо меньше по сравнению с дерново-подзолистой почвой. На дерново-подзолистой почве содержание ^{137}Cs уменьшилось в сравнении с контролем без удобрений почти в 2,5-3 раза, а на чернозёме в 1,2-1,6 раза соответственно. Гарантировано получение безопасной в радиационном отношении сельскохозяйственной продукции в условиях радионуклидного загрязнения почвы, при применении минеральных удобрений, среди которых наиболее эффективны калийные, что является одним из основных мероприятий, особенно на дерново-подзолистых почвах.

Ключевые слова: *противорадиационные мероприятия, радиационно-экологическая критичность агроландшафтов, радионуклидное загрязнение, удельная активность радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, ^{137}Cs , допустимые уровни содержания радионуклидов, отдалённый период развития радиационной ситуации.*

Цитирование. Дутов А. И., Дорофеев А. Ф., Шумский В. А., Бреславец Ю. П., Бреславец В. М. Эколого-экономические особенности основных элементов земледелия агроландшафтов, загрязнённых ^{137}Cs . *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 45-53. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-04.

Вклад авторов. Все участники данного научного исследования принимали активное участие на ключевых этапах – от формирования концепции и планирования эксперимента до сбора, интерпретации и анализа полученных данных. Каждый из авторов ознакомился с итоговой редакцией статьи и выразил согласие с её содержанием и научными выводами.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В условиях современного аграрного производства особую значимость приобретают проблемы антропогенного и техногенного воздействия на окружающую среду, в том числе методы и технологии, направленные на снижение экологического риска и восстановление пострадавших территорий [3, 9, 11]. Среди различных форм загрязнения окружающей среды наибольшую экологическую опасность в долгосрочной перспективе представляет радиоактивное заражение, возникающее в результате техногенных ядерных аварий и инцидентов.

Одним из ключевых аспектов постакидентного этапа радиационной обстановки является трансформация путей миграции радионуклидов, в частности, их включение в трофические цепи посредством корневого поступления из почвы в растительные организмы [1-3]. В структуре суммарной дозы облучения населения преобладающую роль приобретает внутреннее радиационное воздействие через потребление пищевых продуктов, выращенных на радиоактивно загрязнённых землях.

Многочисленные исследования подтвердили, что при одинаковой плотности радионуклидного загрязнения уровни их накопления в растениях могут варьировать на порядки, особенно на так называемых «критических» почвах – участках, обладающих аномально высокими коэффициентами перехода радионуклидов в биомассу сельскохозяйственных

культур [1, 3, 5]. Указанные особенности требуют учёта при разработке системы агротехнических мероприятий, направленных на минимизацию миграции радионуклидов и обеспечение радиационной безопасности продукции растениеводства.

В этом контексте особое внимание должно уделяться почвенно-агрохимическим характеристикам загрязнённых агроландшафтов, от которых во многом зависит эффективность защитных и реабилитационных мероприятий [2, 8, 11]. Несмотря на прошедший после аварий значительный временной интервал, необходимость комплексного изучения агрохимических факторов, определяющих радиационную критичность территорий, сохраняется как важное научно-практическое направление, актуальное для устойчивого функционирования агросистем в пострadiационный период.

Материалы и методы исследований. Изучение почвенно-агрохимических аспектов критичности радионуклидно загрязнённых агроландшафтов в отдалённый период развития радиационной ситуации проводили в натурных условиях зон радиоактивного загрязнения в результате аварии на Чернобыльской АЭС плотность загрязнения почв ^{137}Cs была в пределах от 5 до 40 Ки/км².

Удельную активность ^{137}Cs , как основного дозообразующего радионуклида, определяли спектрометрическим методом на гамма-спектрометрическом оборудовании с полупроводниковыми детекторами GEM-30185, Ge (Li), GMX серии «EG & G ORTEC») с многоканальным анализатором ADCAM – 300. Отбор образцов и их подготовка к анализу осуществлялась по общепринятым методикам с учётом специфики научно-исследовательских работ в области сельскохозяйственной радиологии [10].

Для оценки накопления радионуклидов в урожае использовали коэффициент перехода (КП) радиоактивного цезия из почвы в растения – содержание радионуклида в растении по плотности загрязнения почвы, равной единице (Бк/кг воздушно-сухой массы растений) / (кБк/м² почвы).

Результаты и обсуждение. Известно, что радиационно-экологические подходы к определению степени критичности почв в отдалённый период после во многом определяется ее типом и потенциальным плодородием [5, 6, 7].

Анализ структуры почвенного покрова сельскохозяйственных угодий, подвергшихся наибольшему радионуклидному загрязнению (рисунок 1), показал, что в своём большинстве он представлен критическими в радиационном отношении торфяно-болотными и дерново-подзолистыми почвами различного гранулометрического состава (70 %) и значительно меньше – серыми лесными и чернозёмами (30 %).

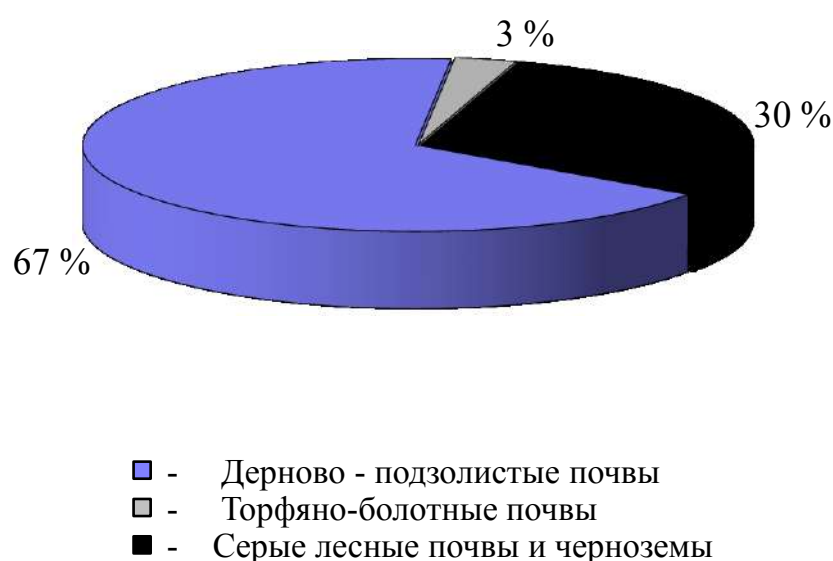


Рисунок 1 – Наиболее пострадавшая структура почвенного покрова территории
Figure 1 – The most affected structure of the soil cover of the territory

Агрохимическая характеристика торфяно-болотных и дерново-подзолистых почв свидетельствует о сравнительно низком уровне их потенциального плодородия по отношению к чернозёмам. В связи с этим использование минеральных удобрений традиционно рассматривается как один из ключевых приёмов интенсификации растениеводства, обеспечивающий устойчивое повышение урожайности и улучшение качественных параметров сельскохозяйственной продукции. Эта функция удобрений сохраняет свою актуальность и при наличии радиационного загрязнения почвенного покрова. Однако в таких условиях агрохимическое воздействие приобретает дополнительное значение, поскольку оно сопряжено с задачей обеспечения радиационно-безопасных условий производства продукции, соответствующей нормативным требованиям.

Результаты комплексного анализа и обобщения данных многолетних полевых наблюдений (см. рисунок 2) свидетельствуют о том, что уровень аккумуляции радионуклида ^{137}Cs в урожае основных сельскохозяйственных культур, – включая озимые зерновые (рожь, пшеницу), картофель и овёс, – в значительной мере зависит от характера агрохимического воздействия, в частности от схемы внесения удобрений. Установлено, что как одностороннее применение азотных или калийных соединений, так и их комбинированное использование оказывают дифференцированное влияние на интенсивность перехода радиоцезия из почвенного горизонта в растительную продукцию.

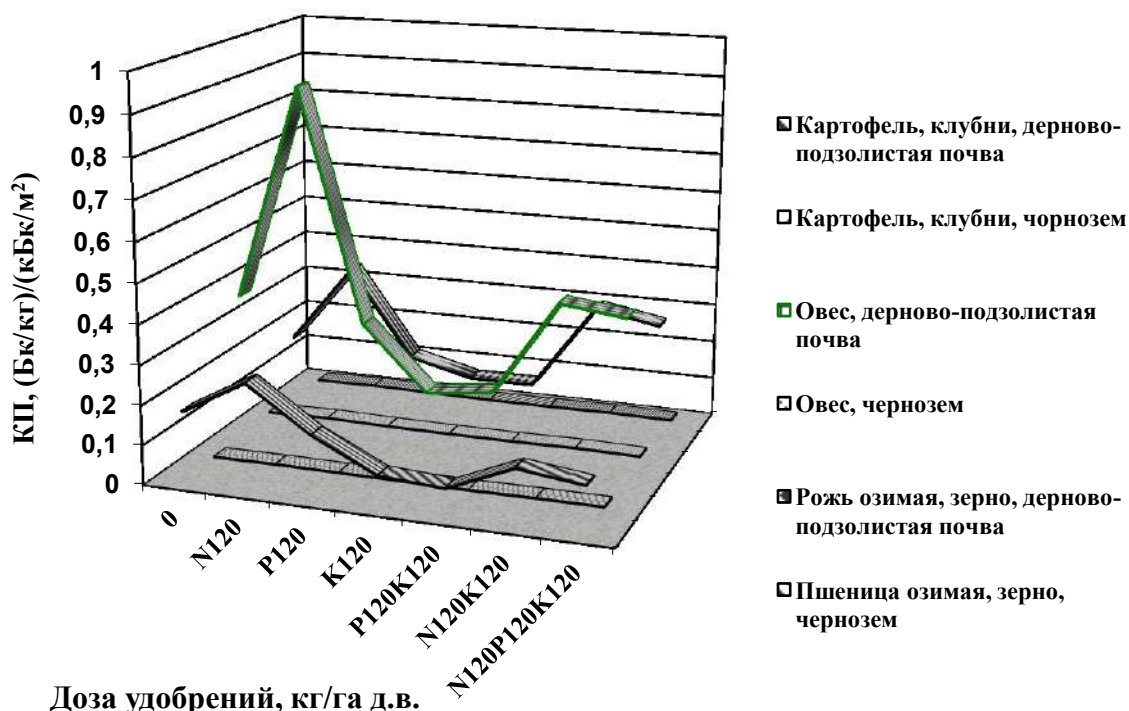


Рисунок 2 – Динамика накопления радионуклида ^{137}Cs в урожае сельскохозяйственных культур под воздействием различных вариантов минерального питания на дерново-подзолистых и чернозёмных почвах

Figure 2 – Dynamics of ^{137}Cs accumulation in crop yields under the influence of different mineral fertilizer regimes on sod-podzolic and chernozem soils

При внесении в почвенный слой только азотных удобрений в дозировке 120 кг/га д.в. было зафиксировано устойчивое повышение уровня накопления радионуклида ^{137}Cs во всех исследуемых культурах без исключения. В противоположность этому одностороннее применение фосфорсодержащих удобрений в аналогичной дозе (P120) способствовало снижению содержания ^{137}Cs в растительной продукции – в частности, в клубнях картофеля, зерне овса и люпина, где наблюдалась тенденция к уменьшению концентрации радионуклида до 17 %.

Наиболее выраженное снижение содержания радиоцезия в урожае сельскохозяйственных культур наблюдалось при применении калийных удобрений как в чистом виде (доза K120), так и в сочетании с фосфорными компонентами (P120K120). Эти агрохимиче-

ские схемы обеспечивали снижение уровня ^{137}Cs в растительной продукции почти в три раза по сравнению с контрольными вариантами. Варианты комбинированного внесения азотных и калийных форм (N120K120), а также комплексных минеральных удобрений полного состава (N120P120K120) проявляли различную эффективность в зависимости от вида сельскохозяйственной культуры, что обусловлено их биологическими и физиолого-метаболическими особенностями.

Так, при выращивании картофеля, гороха и люпина данные схемы внесения также обеспечили снижение содержания ^{137}Cs – в среднем до 1,5 раза. В то же время при использовании аналогичных агрохимических схем для овса и озимой пшеницы имелась обратная динамика: содержание радионуклида в зерне увеличивалось соответственно на 15-19 % и 42-58 %. Полученные различия, по всей видимости, обусловлены биологическими и физиологическими особенностями изучаемых сельскохозяйственных видов.

В условиях чернозёмов, обладающих высокой агрохимической ёмкостью и благоприятными характеристиками плодородия, характер воздействия минеральных удобрений на аккумуляцию ^{137}Cs в биомассе сельскохозяйственных культур оказался несколько иным. Повышенные концентрации радиоцезия в урожае озимой пшеницы были зафиксированы преимущественно в вариантах с односторонним внесением азотных соединений, в частности аммиачной селитры в дозе 120 кг/га. Напротив, применение фосфорных удобрений в той же дозировке, а также комплексного минерального состава с участием всех трёх основных элементов питания (азота, фосфора и калия), не оказывало существенного влияния на динамику миграции радионуклида в растительный материал. Вместе с тем установлено, что калийные удобрения, независимо от формы применения – в чистом виде или в сочетании с фосфорными компонентами, демонстрировали выраженную способность снижать интенсивность аккумуляции ^{137}Cs во всех изучаемых культурах.

Обобщение результатов экспериментальных данных подчёркивает различия в эффективности минерального питания в зависимости от почвенного типа, особенно в условиях радиационно загрязнённой среды. Так, на дерново-подзолистых почвах Полесья наблюдался значительно более высокий уровень биологического накопления радиоцезия в урожае сельскохозяйственных растений по сравнению с чернозёмами лесостепной зоны. В частности, содержание ^{137}Cs в клубнях картофеля в вариантах без удобрений на фоне дерново-подзолистых почв в среднем превышало аналогичные значения для чернозёмов в 20 раз. Для зерна овса и гороха это различие достигало 18 и 32 крат соответственно, что подчёркивает необходимость территориально-специфичного подхода к реализации противорадиационных агротехнологий.

Под влиянием минеральных удобрений показатели накопления радиоцезия в растительной продукции демонстрировали выраженное снижение, однако степень этого эффекта существенно различалась по типам почв. Так, при выращивании картофеля на дерново-подзолистых почвах уровень ^{137}Cs в клубнях уменьшался в 3,9 раза, тогда как на чернозёмах – лишь в 1,1 раза. Для зерна овса это снижение составило 5,1 и 1,2 раза соответственно, а для гороха – 2 и 1,3 раза. Эти данные подчёркивают преимущество дерново-подзолистых почв как объектов воздействия при реализации защитных агротехнологий, направленных на минимизацию радиационного риска.

Следовательно, использование калийных удобрений в рамках агрохимических стратегий радиационной защиты продолжает сохранять практическую значимость и в пролонгированном периоде после аварийного радионуклидного загрязнения, включая этапы постчернобыльской реабилитации агроландшафтов. Установлено, что интенсивность перехода ^{137}Cs из почвы в растения определяется не только дозой калия, но и спецификой почвенно-климатических условий, а также биологическими особенностями культур, включённых в агроценоз. В рамках проведённых опытов внесение калийных удобрений осуществлялось с учётом различий в азотно-фосфорном питании: для посевов гороха применялся агрофон N30P120, в то время как для овса и озимых зерновых использовалась более интенсивная схема N120P120. Такой дифференцированный подход обеспечил возможность объективной оценки реакции различных культур на комплексное минеральное воздействие, что представлено на рисунке 3.

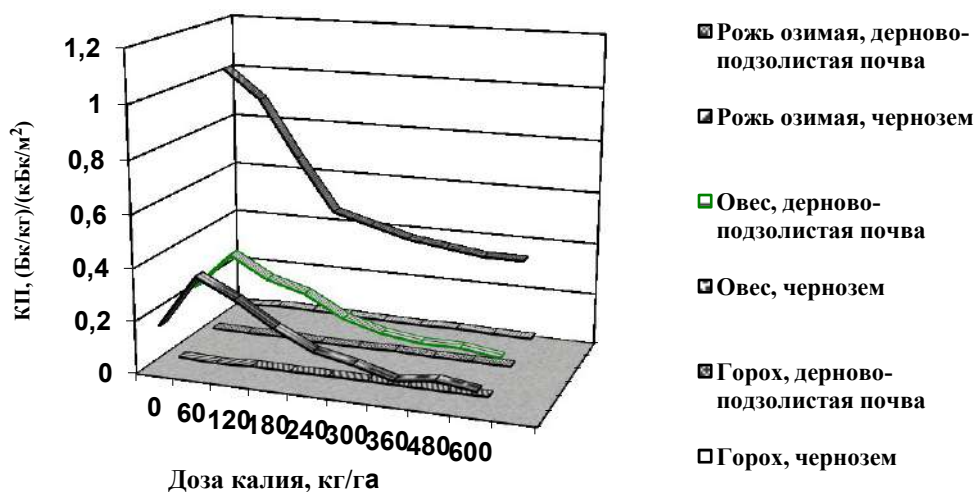


Рисунок 3 – Дозы калийных удобрений и накопление ^{137}Cs в урожае сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой почве и чернозёме

Figure 3 – Doses of potash fertilizers and accumulation of ^{137}Cs in crop yields on sod-podzolic soil and chernozem

Результаты проведённых исследований свидетельствуют о том, что наименьшая степень накопления радионуклида ^{137}Cs наблюдалась в урожае озимых зерновых культур, тогда как наибольшие значения характерны для зерна гороха. Установлено, что увеличение доз внесения калийных удобрений способствовало достоверному снижению содержания радиоцезия во всех изученных культурах. Вместе с тем выявлены существенные различия в поведении радионуклида в зависимости от типа почвы: коэффициенты перехода ^{137}Cs в растительную продукцию на чернозёмах были значительно ниже по сравнению с дерново-подзолистыми почвами.

Так, в зависимости от уровня калийного питания, коэффициенты перехода радиоцезия в зерне озимой ржи на дерново-подзолистых почвах Полесья варьировали в пределах 0,08-0,38 (Бк/кг)/(кБк/м²), тогда как на чернозёмах аналогичные значения составляли лишь 0,001-0,008. Для овса соответствующие показатели находились в интервале 0,10-0,38 и 0,016-0,026, а для гороха – 0,38-1,03 и 0,026-0,042 (Бк/кг)/(кБк/м²) на дерново-подзолистых и чернозёмных почвах соответственно.

В условиях чернозёмов эффективность калийных удобрений в контексте ограничения радиационного загрязнения оказалась менее выраженной. Так, при внесении максимальной дозы калия (К600) содержание ^{137}Cs в зерне на дерново-подзолистой почве снизилось по сравнению с контролем без удобрений почти в 2,5-3 раза, тогда как на чернозёме уменьшение составило лишь 1,2-1,6 раза.

Установленные различия в эффективности калийных удобрений обусловлены, по-видимому, различием в соотношении между концентрацией радионуклида и содержанием его химического аналога – стабильного калия – при одинаковой плотности радиоактивного загрязнения. Следует отметить, что внесение калийных соединений не изменяет общее содержание ^{137}Cs в почвенном профиле, однако влияет на параметр «цезий / обменный калий», тем самым снижая удельную активность радионуклида, нормированную по калийному обеспечению. Важно учитывать, что при повышении доз калийных удобрений их радиологическая эффективность может снижаться. Это связано с тем, что калий, поступающий в почву с удобрениями, способен переходить из доступной (обменной) формы в труднообменную, снижая тем самым свою конкурентную способность в отношении радиоцезия. Так, в опытах с использованием ^{40}K [4, 7] было показано, что из внесённых удобрений растения усваивают до 40 % калия. Около 50 % его количества переходят в малоподвижные формы. При этом количество его фиксации повышалось при увеличении дозы калийного удобрения и зависела от типа почвы и его гранулометрического состава.

Вывод. Проведённый анализ почвенно-агрохимических условий, определяющих уровень радиационной уязвимости агроландшафтов в длительный период после радионуклидного загрязнения, подчёркивает приоритетную значимость механизмов, сдерживающих миграцию радионуклидов в агробиоценозе, в частности в системе «почва – растение». В условиях контаминированных территорий применение минеральных удобрений, особенно калийных форм, выступает одним из ключевых агротехнических приёмов, направленных на снижение биологической доступности радиоцезия и обеспечение радиационной безопасности получаемой продукции сельского хозяйства. представляет собой одно из базовых звеньев системы контрмер, направленных на стабилизацию радиационной обстановки и обеспечение нормативной безопасности получаемой сельскохозяйственной продукции. Сравнительная оценка эффективности применения минеральных удобрений на различных типах почв показала, что дерново-подзолистые почвы Полесья обладают существенно большей чувствительностью к агрохимическим воздействиям в условиях радиоактивного загрязнения, чем чернозёмы лесостепной зоны. Это подтверждает целесообразность приоритетного применения калийсодержащих удобрений на указанных почвах в рамках мероприятий по снижению радиационно-экологической критичности агроэкосистем.

Conclusions. The analysis of soil and agrochemical conditions that determine the level of radiation vulnerability of agricultural landscapes in a long period after radionuclide contamination emphasizes the priority importance of mechanisms that restrain the migration of radionuclides in agrarian biocenosis, in particular in the "soil-plant" system. In contaminated areas, the use of mineral fertilizers, especially potassium forms, is one of the key agronomic techniques aimed at reducing the bioavailability of radio cesium and ensuring radiation safety of agricultural products. It is one of the basic links in the system of countermeasures aimed at stabilizing the radiation situation and ensuring the regulatory safety of the resulting agricultural products. A comparative assessment of the effectiveness of the use of mineral fertilizers on various types of soils showed that sod-podzolic soils of Polesie have a significantly greater sensitivity to agrochemical effects under conditions of radioactive contamination than chernozems of the forest-steppe zone. This confirms the expediency of the priority use of potassium-containing fertilizers on these soils as part of measures to reduce the radiation and environmental criticality of agroecosystems.

Библиографический список

1. Дорофеев А. Ф. и др. Ретроспективный анализ интенсификации технологического развития предприятий АПК. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 106. С. 7-16.
2. Ткаченко В. Г. и др. Совершенствование системы управления земельными ресурсами агропромышленного комплекса в современных условиях: монография. Белгород, 2024. 229 с.
3. Андреев А. В., Михайловская Т. П., Воробьев А. Ф. и др. Оценка содержания радионуклидов в сельскохозяйственных продуктах на территории России. Радиационная биология. Радиоэкология. 2020. Т. 60. № 6. С. 468-476.
4. Горбачев И. Г., Пристер Б. С., Спиридонов С. И. и др. Оценка радиозэкологической ситуации в агроэкосистемах России. Агрохимия. 2019. № 5. С. 62-75.
5. Давыдова М. А., Владимирович В. Л., Зайцев В. Ф. и др. Мониторинг радионуклидов в экосистемах Западной Сибири. Природа и география. 2020. № 2. С. 97-102.
6. Зайцев В. Ф., Замятина Г. П., Горбачев И. Г. и др. Распределение и миграция радионуклидов в почвах и растениях Западной Сибири. Радиационная биология. Радиоэкология. 2021. Т. 61. № 1. С. 45-53.
7. Иванов В. М., Красноперов В. А., Степанов А. А. и др. Радиоактивное загрязнение орошаемых полей на юге России. Вопросы радиационной безопасности. 2020. Т. 9. № 2. С. 39-45.
8. Кожин В. В., Шевелёва Г. Ф., Смирнова О. А. и др. Мониторинг радиоактивного загрязнения почв и растений в зонах экологического риска. Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 7. С. 33-38.
9. Мошаров О. В., Поликарпов Г. Г., Спиридонов С. И. и др. Долгосрочный мониторинг радионуклидов в почвах и растениях Западной Сибири. Почвоведение. 2019. № 10. С. 1167-1177.
10. Поляков В. П., Шишкова Т. А., Гринь Ю. Ф. и др. Распределение радионуклидов в почвах и растениях вокруг атомных станций в России. Атомная энергия. 2020. Т. 128. № 2. С. 122-127.
11. Смирнова О. А., Гаврилов Д. В., Кожин В. В. и др. Радиоактивное загрязнение почв и продукции сельского хозяйства в Российской Федерации: современное состояние и прогнозы. Агрохимия. 2020. № 9. С. 59-67.
12. Худяков В. Ю., Семенов И. Н., Гармашова Н. А. и др. Мониторинг загрязнения радионуклидами почвы и растений в зоне воздействия Чернобыльской катастрофы. Агрохимия. 2020. № 10. С. 87-97.
13. Попов В. В., Медведева И. Г., Исаченко В. В. и др. Мониторинг радионуклидов в почвах и растениях в зоне воздействия атомных станций. Вопросы радиационной безопасности. 2021. Т. 10. № 3. С. 17-26.
14. Коршунов В. М., Белозёров С. М., Котелева В. А. и др. Распределение радионуклидов в агроэкосистемах в условиях антропогенного воздействия. Агрохимия и экология. 2021. № 8. С. 41-48.
15. Звягинцев Ю. И., Лазарева Н. И., Михайлова Е. В. и др. Радионуклиды в экосистемах: миграция, накопление, взаимодействие. Радиационная биология. Радиоэкология. 2021. Т. 61. № 4. С. 307-317.

References

1. Dorofeev A. F., et al. Retrospective analysis of the intensification of technological development of agricultural enterprises. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2023. No. 106. Pp. 7-16.
2. Tkachenko V. G., et al. Improving the system of management of land resources of the agro-industrial complex in modern conditions: Monograph. Belgorod, 2024. 229 p.

3. Andreev A. V., Mikhaylovskaya T. P., Vorobiev A. F., et al. Assessment of radionuclide content in agricultural products in the territory of Russia. *Radiation Biology. Radioecology*. 2020. Vol. 60. No. 6. Pp. 468-476.
4. Gorbachev I. G., Prister B. S., Spiridonov S. I., et al. Assessment of the radioecological situation in agroecosystems of Russia. *Agrarian chemistry*. 2019. No. 5. Pp. 62-75.
5. Davydova M. A., Vladimirovich V. L., Zaitsev V. F., et al. Monitoring of radionuclides in Western Siberian ecosystems. *Nature and Geography*. 2020. No. 2. Pp. 97-102.
6. Zaitsev V. F., Zamiatina G. P., Gorbachev I. G., et al. Distribution and migration of radionuclides in soils and plants of Western Siberia. *Radiation Biology. Radioecology*. 2021. Vol. 61. No. 1. Pp. 45-53.
7. Ivanov V. M., Krasnoperov V. A., Stepanov A. A., et al. Radioactive contamination of irrigated fields in the south of Russia. *Issues of Radiation Safety*. 2020. Vol. 9. No. 2. Pp. 39-45.
8. Kozhin V. V., Shevelova G. F., Smirnova O. A., et al. Monitoring of radioactive contamination of soils and plants in areas of environmental risk. *Ecology and Industry of Russia*. 2020. Vol. 24. No. 7. Pp. 33-38.
9. Mosharov O. V., Polikarpov G. G., Spiridonov S. I., et al. Long-term monitoring of radionuclides in soils and plants of Western Siberia. *Soil Science*. 2019. No. 10. Pp. 1167-1177.
10. Polyakov V. P., Shishkova T. A., Grin Y. F., et al. Distribution of radionuclides in soils and plants around nuclear power plants in Russia. *Atomic Energy*. 2020. Vol. 128. No. 2. Pp. 122-127.
11. Smirnova O. A., Gavrilov D. V., Kozhin V. V., et al. Radioactive contamination of soil and agricultural products in the Russian Federation: current state and forecasts. *Agrarian chemistry*. 2020. No. 9. Pp. 59-67.
12. Khudyakov V. Y., Semenov I. N., Garmashova N. A., et al. Monitoring of radionuclide contamination of soil and plants in the Chernobyl disaster-affected zone. *Agrarian chemistry*. 2020. No. 10. Pp. 87-97.
13. Popov V. V., Medvedeva I. G., Isachenko V. V., et al. Monitoring of radionuclides in soil and plants in the vicinity of nuclear power plants. *Issues of Radiation Safety*. 2021. Vol. 10. No. 3. Pp. 17-26.
14. Korshunov V. M., Belozyorov S. M., Koteleva V. A., et al. Distribution of radionuclides in agroecosystems under conditions of anthropogenic impact. *Agrarian chemistry and Ecology*. 2021. No. 8. Pp. 41-48.
15. Zvyagintsev Yu. I., Lazareva N. I., Mikhaylova E. V., et al. Radionuclides in ecosystems: migration, accumulation, interaction. *Radiation Biology. Radioecology*. 2021. Vol. 61. No. 4. Pp. 307-317.

Информация об авторах

Дутов Александр Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова (Российская Федерация, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46), e-mail: Dutov_AI@bsaa.edu.ru

Дорофеев Андрей Фёдорович, доктор экономических наук, профессор, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Российская Федерация, 125167, г. Москва, Ленинградский проспект, 49/2), e-mail: AFDorofeev@fa.ru

Шумский Виталий Александрович, кандидат биологических наук, доцент, Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, 1), e-mail: shumskiy_56@mail.ru

Бреславец Юрий Павлович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела» (ВНИИплем) (Российская Федерация, 141212, Московская область, Пушкинский район, поселок Лесные Поляны, улица Ленина, 13), e-mail: Umat_05@mail.ru

Бреславец Валентина Магомедовна, кандидат ветеринарных наук, доцент, Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, 1).

Authors' Information

Dutov Aleksander Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov (Russian Federation, 308012, Belgorod, Kostyukova str., 46), e-mail: Dutov_AI@bsaa.edu.ru

Dorofeev Andrey Fedorovich, Doctor of Economics, Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation (Russian Federation, 125167, Moscow, Leningradsky Ave., 49/2), e-mail: AFDorofeev@fa.ru

Shumsky Vitaliy Aleksandrovich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Belgorod State Agrarian University named after V. Y. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod Region, Belgorod District, Maysky Village, Vavilova Str., 1), e-mail: shumskiy_56@mail.ru

Breslavets Yuriy Pavlovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Breeding (Russian Federation, 141212, Moscow Region, Pushkinsky District, Lesnye Polyany Village, Lenin Str., 13), e-mail: Umat_05@mail.ru

Breslavets Valentina Magomedovna, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Belgorod State Agrarian University named after V. Y. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod Region, Belgorod District, Maysky Village, Vavilova Str., 1).

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-05

THE ANALYSIS OF THE CONSUMER PREFERENCES IN THE FUNCTIONAL DRINKS MARKET**Ivantsova E. A., Venetsiansky A. S., Khudyakova S. S.**

*Volgograd State University
Volgograd Russian Federation*

Corresponding author E-mail: ivantsova.volg@mail.ru

Received 07.04.2025

Submitted 01.06.2025

Abstract

Introduction. The functional drinks market in Russia is showing steady growth, which is associated with a change in the lifestyle of the population and an increase in interest in healthy eating. Functional drinks, such as food products with additional physiological properties, are increasingly becoming part of the daily diet. The relevance of the research is determined by the need to study the factors influencing consumer choice, as well as identify key trends in demand formation in this segment of the market. **Objects and methods of**

research. The study was conducted among 578 respondents aged 18 to 50 years in three major cities – Moscow, St. Petersburg and Volgograd. Online questionnaires, data analysis using Microsoft Office Excel, and generalization of results using the Likert scale were used. The respondents were divided into three age groups. **Results and conclusions.** The data obtained showed that respondents aged 18-30 prefer energy and sports drinks, while respondents aged 30-45 prefer drinks to maintain immunity and functional water. Consumers in the third age group over the age of 45 are interested in natural ingredients. It was also found that factors such as taste, price, environmental friendliness of packaging, brand presence and marketing activity of the manufacturer are important. The research results can be used by companies to develop effective marketing strategies tailored to target audiences. Given the growing demand for natural and eco-friendly products, enterprises should pay more attention to sustainable production and the introduction of innovative formulations. A promising direction is the production of products based on plant extracts and superfoods that meet modern consumer requirements.

Keywords: functional beverages, consumer preferences, market segmentation, marketing strategy, demographic characteristics, psychographic characteristics, healthy lifestyle.

Citation. Ivantsova E. A., Venetsiansky A. S., Khudyakova S. S. The analysis of the consumer preferences in the functional drinks market. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 53-62 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-05.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 664.5:339.13

АНАЛИЗ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ НА РЫНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАПИТКОВ

Иванцова Е. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Венецианский А. С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Худякова С. С., аспирант

ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Рынок функциональных напитков в России демонстрирует устойчивый рост, что связано с изменением образа жизни населения и увеличением интереса к здоровому питанию. Функциональные напитки, как пищевые продукты, обладающие дополнительными физиологическими свойствами, всё чаще становятся частью повседневного рациона. Актуальность исследования обусловлена необходимостью изучения факторов, влияющих на выбор потребителей, а также выявления ключевых тенденций формирования спроса на данном сегменте рынка. **Материалы и методы.** Исследование проводилось среди 578 респондентов в возрасте от 18 до 50 лет в трёх крупных городах – Москве, Санкт-Петербурге и Волгограде. Использовались онлайн-анкетирование, анализ данных с использованием Microsoft Office Excel, а также обобщение результатов с применением шкалы Лайкерта. Респонденты были разделены на три возрастные группы. **Результаты и обсуждение.** Полученные данные показали, что респонденты в возрасте (18-30 лет) предпочитают энергетические и спортивные напитки, тогда как респонденты в возрасте (30-45 лет) отдают предпочтение напиткам для поддержания иммунитета и функциональной воде. Потребители третьей возрастной группы старше 45 лет проявляют интерес к натуральным ингредиентам. Также установлено, что важное значение имеют такие факторы, как вкусовые качества, цена, экологичность упаковки, присутствие бренда и маркетинговая активность производителя. Результаты исследования могут быть использованы компаниями для разработки эффективных маркетинговых стратегий, адаптированных под целевые аудитории. Учитывая рост спроса на натуральные и экологичные продукты, предприятия должны уделять больше внимания устойчивому производству и внедрению инновационных рецептов. Перспективным направлением является выпуск продуктов на основе растительных экстрактов и суперфудов, соответствующих современным требованиям потребителей.

Ключевые слова: функциональные напитки, потребительские предпочтения, сегментации рынка, маркетинговые стратегии, демографические характеристики, психо-графические характеристики, здоровый образ жизни.

Цитирование. Иванцова Е. А., Венецианский А. С., Худякова С. С. Анализ потребительских предпочтений на рынке функциональных напитков. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 53-62. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-05.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Авторы настоящей статьи ознакомлены с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Российский рынок функциональных напитков характеризуется уверенной положительной динамикой, обусловленной трансформацией потребительских предпочтений в пользу продуктов, способствующих улучшению состояния здоровья и поддержанию активного образа жизни. В последние годы наблюдается повышенный интерес к напиткам, содержащим биологически активные вещества, витамины, антиоксиданты и натуральные компоненты. Растущий спрос на данную категорию продукции подтверждается ежегодным увеличением объёмов продаж, превышающим аналогичные показатели традиционных безалкогольных напитков.

Согласно ГОСТ Р 56543-2015, функциональный напиток – это жидкий пищевой продукт на основе воды, содержащий один или несколько функциональных пищевых ингредиентов в количестве, достаточном при систематическом употреблении для обеспечения благоприятного эффекта на физиологические функции организма человека.

Устойчивый рост потребления функциональных напитков связан с повышением уровня осведомлённости населения о принципах здорового питания, развитием фитнес-индустрии и популяризацией правильного питания в средствах массовой информации и социальных сетях. При этом рынок отличается высокой конкуренцией, разнообразием ассортимента и неоднородностью структуры спроса.

Цель работы – комплексный анализ потребительских предпочтений на рынке функциональных напитков в России с выявлением ключевых факторов, мотивов покупательского поведения и формированием практических рекомендаций для производителей и маркетологов.

Сектор функциональных продуктов и напитков остаётся одним из наиболее активно развивающихся в пищевой промышленности, что обусловлено растущим вниманием потребителей к здоровому питанию. Современные исследования охватывают широкий круг вопросов: от структуры рынка и потребительских установок до производственных инноваций и перспектив роста.

По данным О. А. Козловой и А. А. Маланиной [1], Е. В. Крюковой [2], рассматриваемый сегмент рынка в настоящее время демонстрирует устойчивый рост. Ю. С. Бойцова и И. П. Аленин акцентируют внимание на важности точного позиционирования продуктов на европейском рынке [3], в то время как Л. К. Асякина [4] фокусируется на российском контексте и его роли в профилактике заболеваний. Е. А. Молибога и соавторы [5] отмечают, что несмотря на существующие барьеры, в стране сохраняется высокий потенциал развития функционального питания. Е. В. Крюкова [2] и В. И. Манжесов с соавторами [6] подчеркивают важность использования биологически активных веществ и натуральных компонентов. В. М. Зимняков и Д. И. Фролов [7] исследуют современные технологические подходы к производству, обращая внимание на необходимость модернизации. Вопросы качества и безопасности продукции детально раскрыты в работах Е. А. Юровой [8] и М. М. Коростелевой [9]. Интересное направление предлагает В. М. Коденцова [10], рассматривая вторичное сырьё как источник функциональных компонентов. В области функциональных напитков И. В. Новикова [11] выделяет инновационные технологии, включая применение солодов и экстрактов, а М. Ю. Сидоренко [12] изучает специализированные напитки для спортсменов и экстремальных условий. Таким образом, исследования фиксируют ключевые детерминанты успеха функциональных продуктов и напитков, подчёркивая значение адаптации к меняющимся запросам рынка и международной практике.

Материалы и методы. Для анализа потребительских предпочтений применялся комбинированный подход, включающий количественные и качественные методы. Основой эмпирической базы стали первичные данные, собранные с помощью онлайн-опроса, проведённого в январе-марте 2025 года в трёх крупных городах: Москва, Санкт-Петербург и Волгоград. Всего было опрошено 578 человек в возрасте от 18 до 50 лет, разделённых на следующие возрастные категории: 18-30 лет – 303 человека; 30-45 лет – 201 человек; старше 45 лет – 74 человека.

Анкетирование включало вопросы о частоте потребления, мотивации выбора, предпочтениях по типам продукции и факторах, влияющих на покупку. Каждый фактор оценивался по 5-балльной шкале Лайкерта. Обработка данных осуществлялась с использованием Microsoft Office Excel, где были выполнены: группировка ответов по возрастным группам; расчёт процентного соотношения; визуализация данных в виде диаграмм.

Результаты и обсуждение. В результате проведенных исследований были выделены три ключевых сегмента психо-графических особенностей потребителей функциональных напитков: приверженцы здорового питания, которые ориентированы на натуральный состав и минимальное количество сахара; люди с активным образом жизни, которые выбирают спортивные напитки и изотоники, и потребители с высокой рабочей нагрузкой, предпочитающие энергетики.

Установлено, что основными факторами выбора потребителями функциональных продуктов и напитков являются их вкусовые характеристики, цена и восприятие стоимости, экологичность упаковки, бренд и маркетинговая активность, наличие натуральных ингредиентов.

Среди наиболее значимых демографических факторов, влияющих на выбор функциональных напитков, выделены возраст, уровень дохода и стиль жизни.

Данные анкетирования среди потребителей возрастной группы 18-30 лет визуализированы в виде диаграммы (рисунок 1).



Рисунок 1 – Опрос среди потребителей в возрасте от 18 до 30 лет
Figure 1 – Survey among consumers aged 18 to 30

Согласно полученным данным, наиболее выраженный интерес потребители в возрасте от 18 до 30 лет проявляют к энергетическим и спортивным напиткам, что связано с активностью их образа жизни и повышенным вниманием к восстановлению сил после занятий спортом. Инновационные продукты на основе растительных экстрактов и суперфудов занимают промежуточное положение, свидетельствуя о постепенном росте интереса к этому сегменту.

Потребители среднего возраста (30-45 лет), напротив, отдают предпочтение напиткам, способствующим поддержанию иммунитета, а также функциональной воде с добавлением витаминов и минералов (рисунок 2).

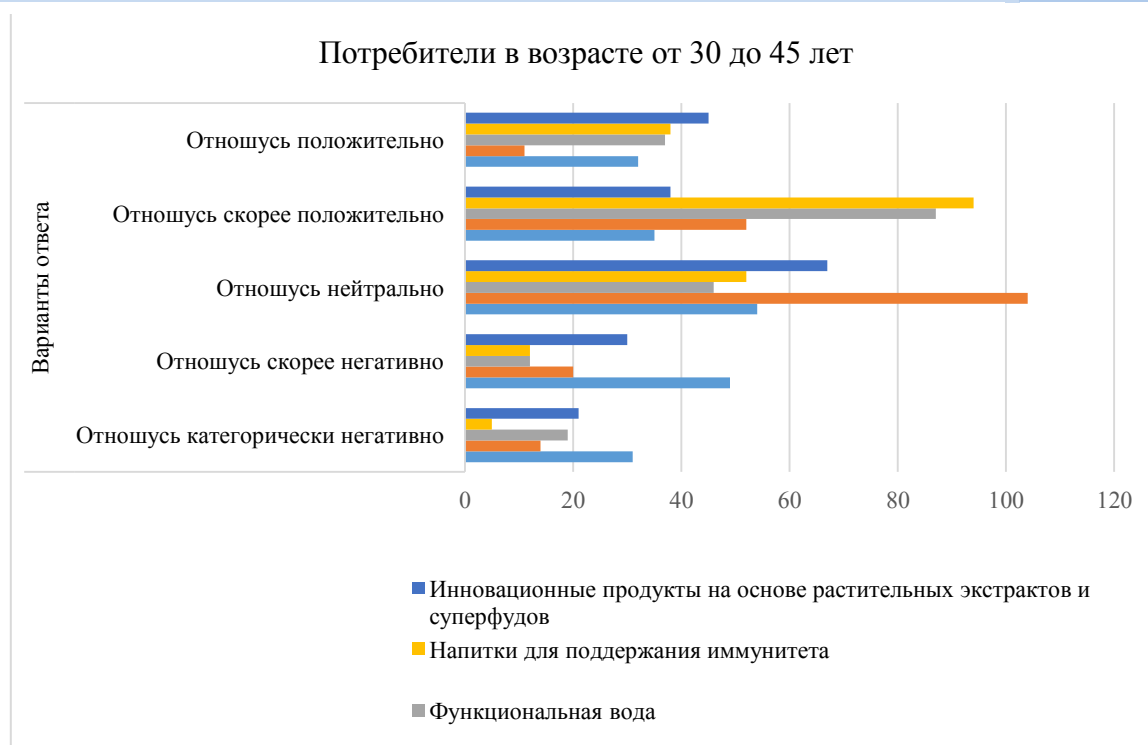


Рисунок 2 – Опрос среди потребителей в возрасте от 30 до 45 лет

Figure 2 – Survey among consumers aged 30 to 45

В ходе исследований установлено, что потребители в возрасте от 30 до 45 лет выбирали напитки для поддержания иммунитета и функциональную воду, подчеркивая стремление к здоровью и повышению защитных функций организма. Интерес к новым продуктам с растительными экстрактами пока ниже, вероятно из-за недостаточной известности или сложившегося доверия к традиционным продуктам.

Потребители старше 45 лет представлены меньшей долей рынка, однако проявляют интерес к продуктам с природными компонентами, улучшающими обмен веществ и способствующими общему укреплению здоровья (рисунок 3).

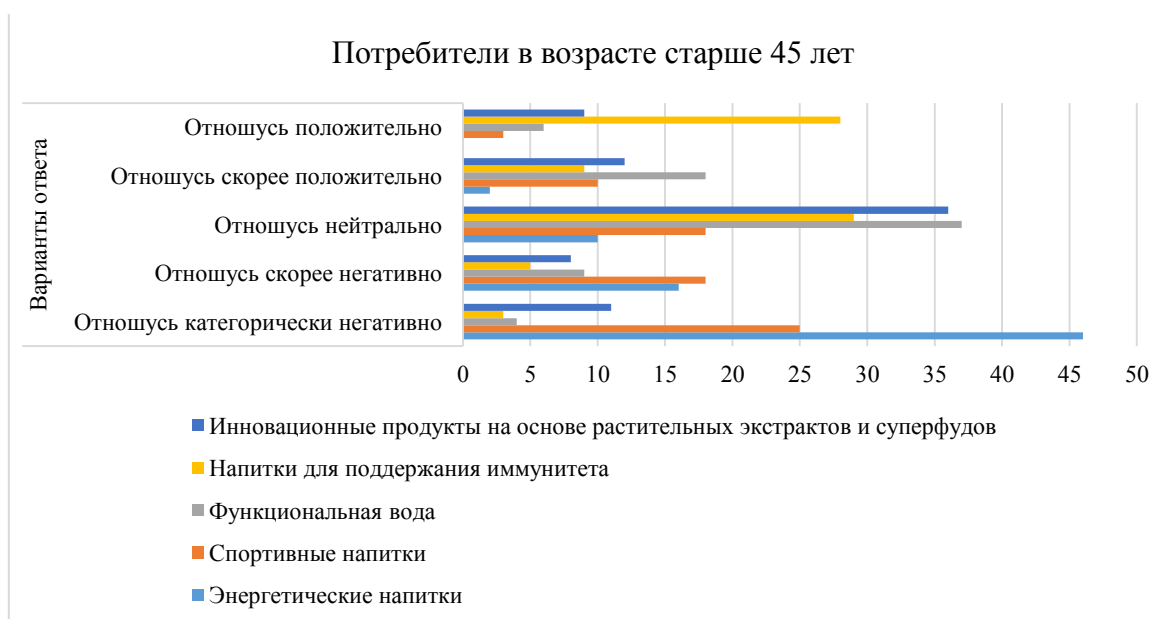


Рисунок 3 – Опрос среди потребителей в возрасте от 30 до 45 лет

Figure 3 – Survey among consumers aged over 45 years

Анализируя данные, представленные на рисунке 3, можно отметить, что пожилые потребители обращают основное внимание на напитки с натуральными ингредиентами, подтверждающими полезные свойства и безопасность употребления. Их предпочтения значительно отличаются от молодежных предпочтений, демонстрируя ориентацию на профилактику заболеваний и укрепление здоровья.

Для более объективной оценки результаты опроса представлены в процентном соотношении к общему количеству опрошенных рецензентов каждой возрастной группы (рисунки 4-8).

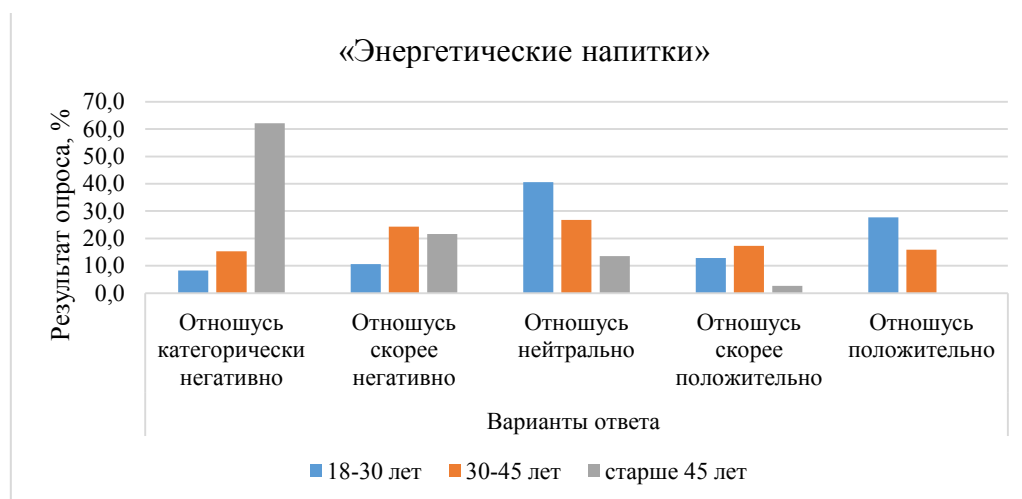


Рисунок 4 – Отношение рецензентов к напиткам категории – «энергетические напитки»
Figure 4 – Reviewers' attitudes towards beverages in the category of «energy drinks»

Анализируя данные, представленные на рисунке 4, можно констатировать, что максимально положительное отношение к энергетикам проявляется у молодёжи, поскольку этот продукт удовлетворяет их потребности в повышенной энергичности и работоспособности. Среди потребителей старших возрастных групп энергетические напитки воспринимаются как нежелательная продукция в зрелом возрасте.

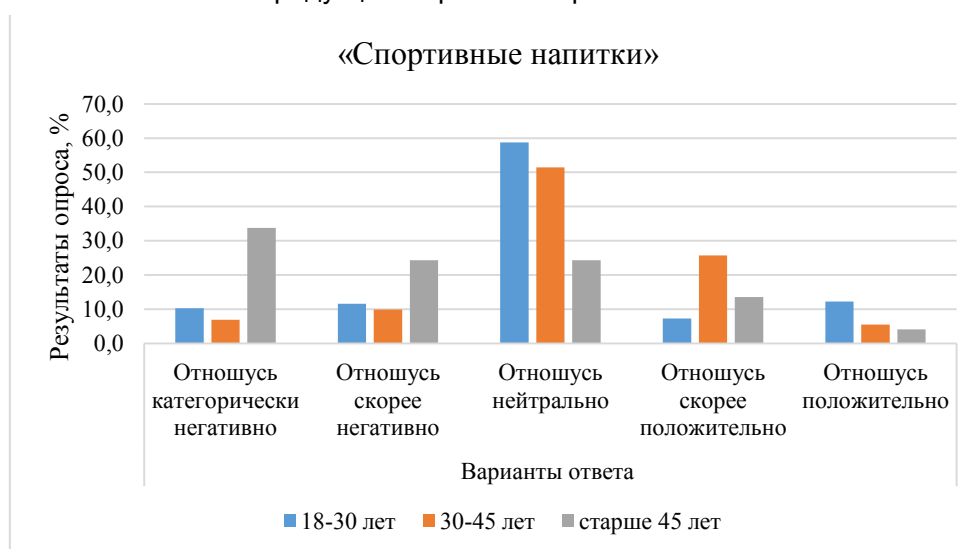


Рисунок 5 – Отношение рецензентов к напиткам категории – «спортивные напитки»
Figure 5 – Reviewers' attitudes towards beverages in the category of «sports drinks»

Спектр положительных отзывов к напиткам категории «спортивные напитки» шире всего представлен среди молодёжи и взрослых пользователей, что отражает распространенность спорта и тренировок в этих группах. Старшая аудитория проявляет умеренное отношение к вышеуказанной категории напитков, хотя её предпочтения смещаются в сторону напитков для улучшения иммунитета и природных продуктов.

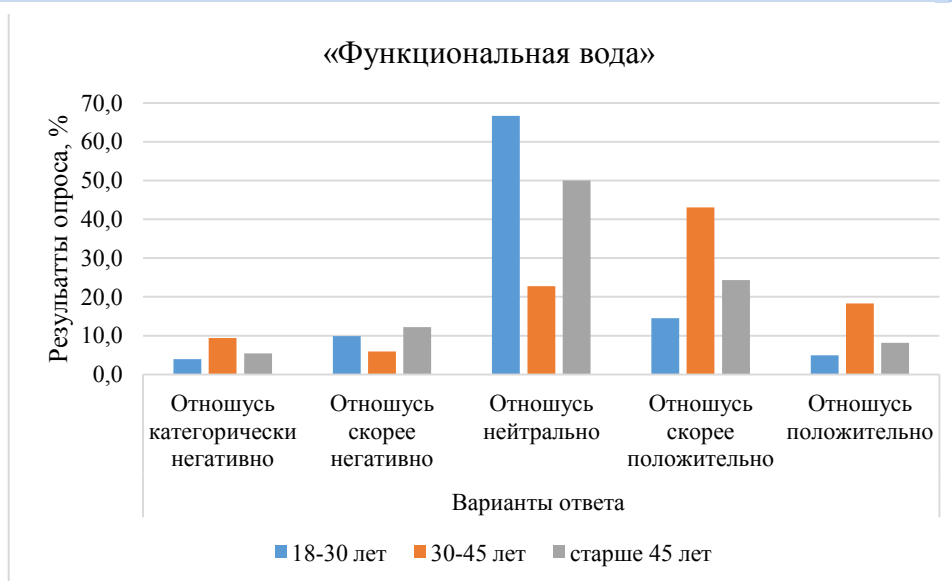


Рисунок 6 – Отношение рецензентов к напиткам категории – «функциональная вода»
Figure 6 – Reviewers' attitudes towards beverages in the category of «functional water»

Высокий интерес к функциональной воде отмечается среди всех возрастных групп, подчёркивая общий тренд на поддержание гидратации и получение питательных веществ через ежедневное потребление жидкости. Особенно востребована такая вода среди активных потребителей спортивного профиля.

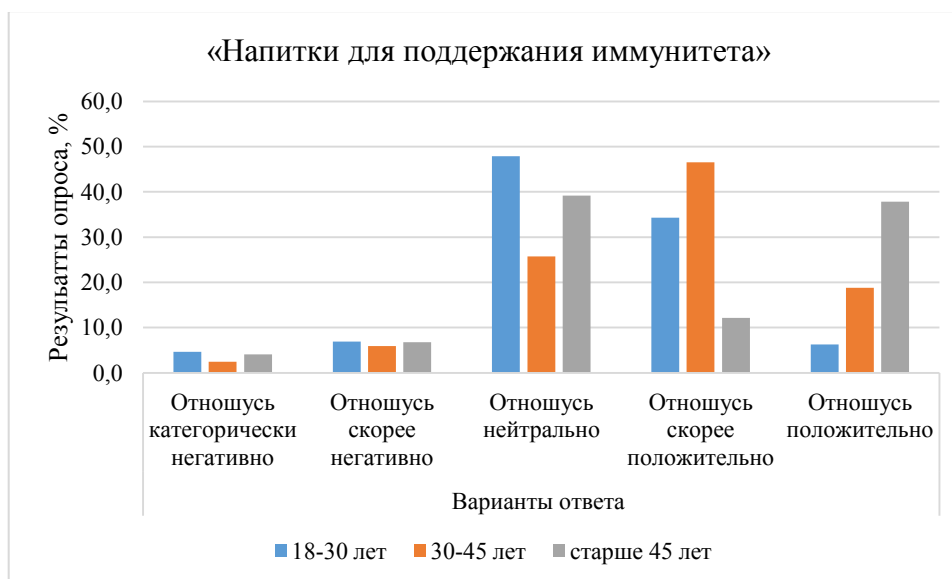


Рисунок 7 – Отношение рецензентов к напиткам категории – «напитки для поддержания иммунитета»
Figure 7 – Reviewers' attitudes towards beverages in the category of «immune-supporting beverages»

Продукция для повышения иммунитета (рисунок 7) получает наибольшее признание среди взрослого населения, стремящегося укрепить здоровье и предотвратить заболевания. Молодежь и подростки относятся к таким напиткам умеренно позитивно.

Анализируя полученные данные потребительских предпочтений к напиткам на основе растительного сырья и суперпитательных продуктов (рисунок 8), видно, что интерес к инновационным продуктам на основе растительных экстрактов и суперфудов постепенно растёт среди всех возрастных групп, особенно среди тех, кто стремится питаться правильно и заботиться о своём здоровье. Однако самый сильный интерес проявляют взрослые потребители, ищущие новые способы поддерживать своё самочувствие и физическую активность.

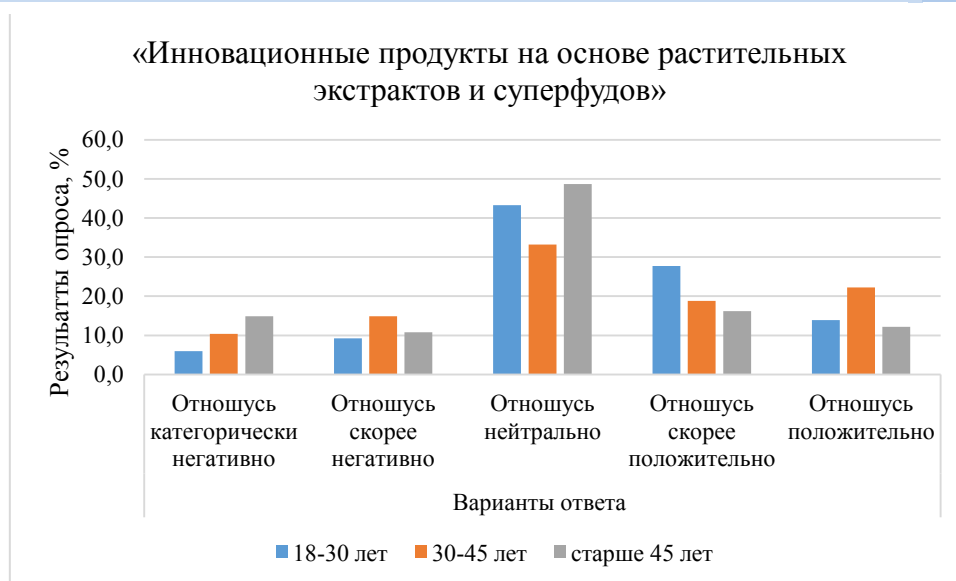


Рисунок 8 – Потребительские предпочтения к напиткам на основе растительного сырья и суперпитательных продуктов

Figure 8 – Consumer preferences for plant-based beverages and superfoods

Психографический анализ выявил несколько ключевых сегментов потребителей: сторонников здорового питания, приверженцев активного образа жизни и людей с интенсивной рабочей нагрузкой. Представители первой группы ориентированы на экологически чистые и натуральные напитки, содержащие пробиотики, антиоксиданты и минимальное количество сахара. Эта категория потребителей готова переплачивать за продукцию, обладающую подтвержденными полезными свойствами и отсутствием синтетических добавок. Потребители, ведущие активный образ жизни, чаще выбирают спортивные напитки и изотоники, обеспечивающие восстановление организма после физической нагрузки. Для людей, испытывающих высокую рабочую нагрузку и регулярные стрессы, характерно предпочтение энергетических напитков, которые помогают повысить концентрацию внимания и общую работоспособность.

Значительное место среди факторов занимает роль бренда и маркетинговых коммуникаций. Потребители часто ориентируются на известность бренда и его имидж, который формируется через рекламу, социальные сети и мнение лидеров общественного мнения. Компании, активно использующие медийные ресурсы, спонсорство спортивных мероприятий и сотрудничество с популярными блогерами, демонстрируют более высокие показатели узнаваемости и лояльности потребителей. Эффективное позиционирование бренда, связанное с идеей здоровья и экологичности, также оказывает значительное влияние на выбор покупателей.

Анализ ценового фактора показал, что потребители разделяются на несколько категорий в зависимости от доходов и восприятия стоимости продукта. Молодые покупатели, а также студенты и представители младших специалистов ориентированы на доступные напитки в среднем и низком ценовом сегменте. Потребители с доходами выше среднего предпочитают приобретать премиальную продукцию, отличающуюся улучшенным составом, экологичной упаковкой и наличием натуральных ингредиентов. Высокая стоимость в данном случае воспринимается ими как индикатор качества и подтверждение пользы продукции для здоровья.

Помимо перечисленных факторов, значительное влияние на выбор оказывают вкусовые характеристики напитков. Несмотря на важность полезных свойств продукта, потребители редко готовы регулярно приобретать функциональные напитки, не обладающие приятным вкусом. В исследовании отмечена тенденция к популярности фруктово-ягодных вкусовых решений, таких как манго, маракуйя, гранат, а также освежающих сочетаний с цитрусовыми и имбирём. Для премиального сегмента характерен спрос на менее сладкие напитки с натуральными вкусовыми компонентами. Также выявлено, что покупатели всё больше внимания уделяют экологичности продукции и упаковки. Применение перерабаты-

ваемых и биоразлагаемых материалов, а также отказ производителей от синтетических красителей и консервантов становятся важными критериями выбора для многих групп потребителей.

Выводы. Проведённые исследования позволили выявить и проанализировать ключевые факторы и мотивы, формирующие предпочтения российских потребителей на рынке функциональных напитков. Установлено, что основными драйверами спроса на продукцию данной категории являются тенденции к здоровому образу жизни, растущая осведомлённость населения о правильном питании и профилактике заболеваний, а также активное продвижение данных продуктов со стороны производителей. Результаты практического исследования подтвердили важность учёта демографических и психографических характеристик целевой аудитории при разработке маркетинговых стратегий. В частности, молодёжный сегмент демонстрирует высокий спрос на энергетические и спортивные напитки, в то время как потребители среднего возраста чаще выбирают напитки, способствующие укреплению иммунитета и улучшению общего самочувствия. Отдельным важным выводом является растущая значимость натуральности и экологичности продукции, что подтверждает необходимость для компаний пересмотра производственной политики в сторону минимизации искусственных добавок и использования перерабатываемой упаковки. В условиях усиления конкуренции на рынке функциональных напитков особое значение приобретает разработка инновационных продуктов, таких как напитки с адаптогенами, пробиотиками и экстрактами суперфудов, соответствующих запросам современных потребителей.

Conclusions. The research conducted made it possible to identify and analyze the key factors and motives that form the preferences of Russian consumers in the market of functional drinks. It has been established that the main drivers of demand for products in this category are trends towards a healthy lifestyle, growing awareness of the population about proper nutrition and disease prevention, as well as active promotion of these products by manufacturers. The results of the practical study confirmed the importance of taking into account the demographic and psychographic characteristics of the target audience when developing marketing strategies. In particular, the youth segment shows a high demand for energy and sports drinks, while middle-aged consumers are more likely to choose drinks that help strengthen the immune system and improve overall well-being. A separate important conclusion is the growing importance of naturalness and environmental friendliness of products, which confirms the need for companies to revise their production policies towards minimizing artificial additives and using recyclable packaging. As the functional beverage market becomes increasingly competitive, it is increasingly important to develop innovative products such as adaptogens, probiotics and superfood extracts to meet the needs of today's consumers.

Библиографический список

1. Козлова О. А., Маланина А. А. Этапы жизненного цикла рынка функциональных продуктов питания. Экономика и бизнес: теория и практика. 2024. № 11-1 (117). С. 180-183.
2. Крюкова Е. В., Коденцова В. М., Рисник Д. В. Биологически активные вещества в качестве функциональных компонентов специализированных пищевых продуктов. Пищевая промышленность. 2024. № 4. С. 35-38.
3. Бойцова Ю. С., Аленин И. П. Анализ рынка и маркетинговых возможностей в начале становления функционального питания в Европе. Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 5-1. С. 19-26.
4. Асякина Л. К. Российский рынок функциональных продуктов питания для здорового образа жизни человека. Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2022. № 3 (25). С. 29-41.
5. Молибога Е. А., Сухостав Е. В., Козлова О. А. Анализ рынка функционального питания: российский и международный аспект. Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 4. С. 775-786.
6. Манжесов В. И., Тертычная Т. Н., Пашенко В. Л. Натуральные биокорректоры для функциональных продуктов питания. Пищевая промышленность. 2017. № 11. С. 56-59.
7. Зимняков В. М., Фролов Д. И. Производство функциональных продуктов питания. Инновационная техника и технология. 2024. Т. 11. № 2. С. 5-10.
8. Юрова Е. А. Контроль качества и безопасности продуктов функциональной направленности на молочной основе. Молочная промышленность. 2020. № 6. С. 12-15.
9. Коростелева М. М., Агаркова Е. Ю. Принципы обогащения пищевых продуктов функциональными ингредиентами. Молочная промышленность. 2020. № 11. С. 6-8.
10. Коденцова В. М. Яблочные выжимки как источник функциональных пищевых ингредиентов. Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. 2023. № 2. С. 231-242.
11. Новикова И. В. Интенсивные технологии алкогольных и функциональных безалкогольных напитков на основе солодов и экстрактов: автореферат. Воронеж: ВГУИТ, 2015. 22 с.
12. Сидоренко М. Ю., Штерман С. В., Штерман В. С. О разработке рационов спортивного и экстремального питания с учетом стрессоустойчивости. Пищевая промышленность. 2021. № 4. С. 16-22.

References

1. Kozlova O. A., Malanina A. A. Stages of the life cycle of the functional food market. Economy and business: theory and practice. 2024. No. 11-1 (117). Pp. 180-183.
2. Kryukova E. V., Kodentsova V. M., Risnik D. V. Biologically active substances as functional components of specialized food products. Food industry. 2024. No. 4. Pp. 35-38.

3. Boytsova Yu. S., Alenin I. P. Analysis of the market and marketing opportunities at the beginning of the formation of functional nutrition in Europe. Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. 2020. No. 5-1. Pp. 19-26.
4. Asyakina L. K. Russian market of functional food products for a healthy human lifestyle. Socio-economic and humanitarian journal. 2022. No. 3 (25). Pp. 29-41.
5. Moliboga E. A., Sukhostav E. V., Kozlova O. A. Analysis of the functional food market: Russian and international aspect. Equipment and technology of food production. 2022. Vol. 52. No. 4. Pp. 775-786.
6. Manzhesov V. I., Tertychnaya T. N., Pashchenko V. L. Natural biocorrectors for functional food products. Food industry. 2017. No. 11. Pp. 56-59.
7. Zimnyakov V. M., Frolov D. I. Production of functional foods. Innovative equipment and technology. 2024. Vol. 11. No. 2. Pp. 5-10.
8. Yurova E. A. Quality and safety control of functional dairy-based products. Dairy industry. 2020. No. 6. Pp. 12-15.
9. Korosteleva M. M., Agarkova E. Yu. Principles of enriching food products with functional ingredients. Dairy industry. 2020. No. 11. Pp. 6-8.
10. Kodentsova V. M. Apple pomace as a source of functional food ingredients. Storage and processing of agricultural raw materials. 2023. No. 2. Pp. 231-242.
11. Novikova I. V. Intensive technologies of alcoholic and functional non-alcoholic beverages based on malts and extracts: abstract of diss. Voronezh, 2015. 22 p.
12. Sidorenko M. Yu., Shterman S. V., Shterman V. S. On the development of sports and extreme nutrition diets taking into account stress resistance. Food industry. 2021. No. 4. Pp. 16-22.

Информация об авторах

Иванцова Елена Анатольевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор института естественных наук, Волгоградский государственный университет (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, 100), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4265-9703>, e-mail: ivantsova.volgu@mail.ru

Венецианский Алексей Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры, Волгоградский государственный университет, (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, 100), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3676-100X>, e-mail: alven79@mail.ru

Худякова Светлана Сергеевна, аспирант, Волгоградский государственный университет, (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, 100), e-mail: sskhudyakova@mail.ru

Authors' Information

Ivantsova Elena Anatolyevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 100), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4265-9703>, e-mail: ivantsova.volgu@mail.ru

Venetsiansky Aleksey Sergeevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State University (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 100), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3676-100X>, e-mail: alven79@mail.ru

Khudyakova Svetlana Sergeevna, postgraduate student, Volgograd State University, (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 100), e-mail: sskhudyakova@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-06

THE FODDER CROPS PRODUCTIVITY UNDER THE CONDITIONS OF LOCAL CLIMATE CHANGE AND FREQUENT DROUGHT IN THE STEPPE ZONE OF THE SOUTHERN URALS**Maksyutov N. A., Skorokhodov V. Yu., Mitrofanov D. V., Zenkova N. A.***Federal Scientific Center for Biological Systems and agricultural technologies of the Russian Academy of Sciences
Orenburg, Russian Federation*Corresponding author E-mail: skorokhodov.vitali1975@mail.ru

Received 28.03.2025

Submitted 05.06.2025

The study was carried out in accordance with the research work plan: "Development of scientifically based parameters of productivity of agrocenoses with improved quality indicators of crop production based on forage crops, the use of new technological methods for improving the types of crop rotations, the use of methods for long-term yield forecasting for farms in the steppe zone with different levels of intensification and specialization in conditions of a changing climate and increasing anthropogenic impact (No. FNWZ-2022-0014)" for 2025-2030. FSBSI FSC BST RAS.

Abstract

Introduction. This article considers the problem of increasing and productivity of forage crops under stressful drought conditions in the steppe zone of the Southern Urals. Over 30 years of research, six types of drought have occurred under local climate change conditions, including, for the first time in recent years, cold drought under arid conditions. **Objective.** To establish the productivity of forage crops under local climate change conditions and increased frequency of drought in the steppe zone of the Southern Urals. **Object of study.** Crops of corn and sorghum for silage, cereal-legume mixture and Sudan grass. The following varieties and hybrids were sown in the experiment: corn ROSS-156, ROSS-144, sorghum for silage Kinelskoye 3, Silosnoye 88, Sudan grass Brodskaya 2, Kinelskaya 100, oats Skakun, Astor, peas Neospayuschiysya 1, Chishminsky 95. **Materials and methods.** The soil of the experimental plot is southern carbonate medium-deep heavy loamy chernozem with a humus content in the 0-30 cm layer of 3.2-4.0 %.

The experiment was laid out according to the method of Dospekhov B. A. from 1990 to 2019 at a stationary site for crop rotations and permanent sowing with the use of mineral fertilizers, in the coordinates 51 ° 46 ' 31.1 "N, 55 ° 18 ' 42.6" E. The bulk density increases from 1.14 g per 1 cm³ (in the arable 0-30 cm layer) to 1.39 g per 1 cm³ in the half-meter soil layer. **Results and conclusions.** Studies have shown that forage crops are resistant to drought. The average yield of corn for five crop rotations was 158 centners per hectare, with an increase in green mass from fertilizers of 20 centners per hectare, a cereal-legume mixture of 125 centners and 20 centners per hectare, respectively, and Sudan grass of 152 and 19 centners per hectare. According to the classification of yield by aridity, all forage crops are subject to conditionally weak and moderate aridity and were even included in the drought-free class. The highest indicators included in the drought-free class for 18 and 30 years of research were found in Sudan grass 6 and 9, and the lowest in cereal-legume mixture 4 and 4, respectively.

The research was carried out in accordance with the research plan for 2025-2030. FSBSI FSC BST RAS (FNWZ-2022-0014).

Keywords: fodder crops, cereal-leguminous mixtures, Sudanese grass, yield of fodder crops, conditions for the cultivation of fodder crops.

Citation. Maksyutov N. A., Skorokhodov V. Yu., Mitrofanov D. V., Zenkova N. A. The fodder crops productivity under the conditions of local climate change and frequent drought in the steppe zone of the Southern Urals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 62-69 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-06.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, implementation, or analysis of this study. All authors of this article have reviewed the presented final version and approved it.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.1:551.5(470.56)

ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И УЧАСТИВШЕЙСЯ ЗАСУХИ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА

Максютов Н. А., доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник
Скороходов В. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Митрофанов Д. В., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Зенкова Н. А., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»
г. Оренбург, Российская Федерация

Исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательской работы: «Разработка научно-обоснованных параметров продуктивности агроценозов с улучшенными показателями качества продукции растениеводства на основе кормовых культур, применения новых технологических приёмов совершенствования видов севооборотов, использования методов долгосрочного прогнозирования урожайности для хозяйств степной зоны с различным уровнем интенсификации и специализации в условиях изменяющегося климата и нарастающего антропогенного воздействия (№ FNWZ-2022-0014)» на 2025-2030 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН.

Актуальность. В данной статье рассматривается проблема повышения и продуктивности кормовых культур в стрессовых условиях засухи, в степной зоне Южного Урала. За 30 лет исследований в условиях локального изменения климата проявлялось шесть видов засухи, в том числе, за последние годы впервые в засушливых условиях холодная. **Цель.** Установить продуктивность кормовых культур в условиях локального изменения климата и участвовавшей засухи в степной зоне Южного Урала. **Объект исследования.** Посевы кукурузы и сорго на силос, злаково-бобовой смеси и суданской травы. В опыте высевались сорта и гибриды кукуруза РОСС-156, РОСС – 144, сорго на силос Кинельское 3, Силосное 88, суданская трава Бродская 2, Кинельская 100, овёс Скаун, Астор, горох Неосыпающийся 1, Чишминский 95. **Материалы и методы.** Почва опытного участка является чернозёмом южным карбонатным среднетяжёлым с содержанием гумуса в слое 0-30 см – 3,2-4,0 %. Опыт закладывался по методике Доспехова Б. А. с 1990 по 2019 годы на стационаре по севооборотам и бессменным посевам с применением минеральных удобрений, в координатах 51°46'31.1"N, 55°18'42.6"E. Объёмная масса увеличивается с 1,14 г на 1 см³ (в пахотном 0-30 см слое) до 1,39 г на 1 см³ в полуметровом слое почвы. **Результаты и выводы.** Исследования показали, что кормовые культуры устойчивы к засухе. Средняя урожайность кукурузы за пять ротаций севооборотов составила 158 ц с 1 га, с прибавкой зелёной массы от удобрений 20 ц с 1 га, злаково-бобовой смеси 125 ц и 20 ц с 1 га соответственно, суданской травы – 152 и 19 ц с 1 га. Согласно классификации урожайности по засушливости все кормовые культуры подвержены условно слабой и умеренной засушливости и даже входили в класс без засух. Самые высокие показатели, входящие в класс без засухи за 18 и 30 лет исследований у суданской травы 6 и 9, самые низкие у злаково-бобовой смеси 4 и 4 соответственно.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2025-2030 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (FNWZ-2022-0014).

Ключевые слова: кормовые культуры, злаково-бобовые смеси, суданская трава, урожайность кормовых культур, условия возделывания кормовых культур.

Цитирование. Максютов Н. А., Скороходов В. Ю., Митрофанов Д. В., Зенкова Н. А. Продуктивность кормовых культур в условиях локального изменения климата и участвовавшей засухи в степной зоне южного Урала. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 62-69. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-06.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В условиях Южного Урала первостепенной задачей является накопление, сохранение почвенной влаги и противодействие засухе [1]. При поступательном развитии животноводства требуется расширение кормовой базы за счёт сельскохозяйственных культур, способных противостоять неблагоприятным условиям среды и формировать максимальную урожайность в засуху [2]. Особое значение в увеличении кормовой базы имеет выращивание кукурузы на силос и суданской травы, обеспечивающих максимальные урожаи в засуху [3, 4]. Кукуруза является высокоурожайной культурой разностороннего использования. В рацион сельскохозяйственных животных в значительной доле входит кукурузный силос [5, 6]. Биологические особенности растений кукурузы с интенсивным развитием корневой системы обуславливают высокую толерантность к засухе в начале вегетации культуры, при достаточном высоком количестве почвенной влаги отмечается активный рост корневой системы. Во второй части вегетации культуры, как правило, наступают экстремальные, засушливые условия и растения используют влагу из низлежащих, более увлажнённых слоёв почвы [7, 8].

По данным Оренбургского НИИСХ средняя урожайность зелёной массы кукурузы с 1990 по 2019 годы в севообороте составила 22,6 т, в монопосевах – 20,8 т с 1 га [9].

Суданская трава имеет универсальное использование и отличается высокой урожайностью при негативном воздействии высоких температур воздуха [10, 11]. По суточному приросту зелёной массы суданская трава превосходит кукурузу [12]. Благодаря мощной корневой системе растения суданской травы используют влагу глубоких слоёв почвы, тем самым проявляют устойчивость к засухе [13, 14].

Эффективным приёмом в борьбе с засухой является применение минеральных удобрений, или, как принято называть в литературных источниках, «сухой полив» [15, 16].

Не менее важный приём противодействия засухе это подбор культур разного срока посева: ранних, средних и поздних [17].

Подбор сельскохозяйственных культур важен не только в борьбе за нивелирование неблагоприятных условий в засуху, но и обеспечивает кормами хозяйства животноводческого направления за счёт использования зелёного конвейера в весенне-летний период.

Посевы сорго на силос обладают устойчивостью к засолению почв и температурному стрессу, вызванным явлениями атмосферной и почвенной засухи [18, 19].

Данное положение подтверждается нашими многолетними исследованиями, в которых изучались кормовые культуры: злаково-бобовая смесь с ранним посевом, поздним – кукуруза и сорго, и летним – суданская трава [20].

Цель исследования – установить продуктивность кормовых культур в условиях степной зоны Южного Урала.

Материалы и методы исследования. Полевые исследования по кормовым культурам проводили с 1990 по 2019 годы на многолетнем экспериментальном стационаре по севооборотам и бессменным посевам с применением минеральных удобрений, заложенном более 30 лет назад. Полевые опыты закладывали возле с. Нежинка Оренбургского района на чернозёмах южных засушливой степи Южного Урала (51°46'31.1"N, 55°18'42.6"E).

Основными чертами климата Оренбургской области являются её удалённость от океана и засушливость, которую обуславливают резкую континентальность. По данным Оренбургского центра гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды среднегодовой показатель выпавших осадков за год составил 393,0 мм, апрель-октябрь – 250,0 мм; гидротермический коэффициент по Г. Т. Селянинову – 0,70 (засушливый).

Объекты исследований – почва и кормовые культуры. Почва опытного участка является чернозёмом южным карбонатным среднесуглинистым. Содержание гумуса в слое почвы 0-30 см составила 3,2-4,0 %, общего азота – 0,20-0,31 %, общего фосфора – 0,14-0,22 %, нитратов – 8,7-18,1 мг, подвижного фосфора – 1,5-2,5 мг и обменного калия – 30-38 мг на 100 г почвы, pH почвенного раствора – 7,0-8,1. Сумма поглощённых оснований не превышает 39,1 мг/экв. и гидролитическая кислотность составляет 1,5-2,3 мг/экв. на 100 г сухой почвы. Объёмная масса почвы увеличивается с 1,14 г на 1 см³ в пахотном (0-30 см) до 1,39 г на 1 см³ в полуторфяном слое почвы. Влажность устойчивого завядания, максимальная гигроскопичность и влагоёмкость почвы уменьшаются по мере углубления. Наименьшая полевая влагоёмкость в слоях почвы 0-100 см, 0-150 см составила 297 мм (27,1 %) и 389 мм (25,4 %) соответственно.

В работе применяли методику полевого опыта Б. А. Доспехова. Полевые опыты закладывали в четырёхкратной повторности в пространстве и тридцатикратной во времени. Схема двухфакторного опыта имеет вид: 2А × 6В, где А – фон почвенного питания с минеральными удобрениями и без их применения, В – варианты кормовых культур (кукуруза, сорго, донник, овёс, горох, суданская трава) в севооборотах и бессменных посевах. Схема опытного поля состоит из вариантов возделывания кормовых культур: I. Кукуруза на силос в зернопаропропашном севообороте; II. Кукуруза при бессменном возделывании; III. Сорго на силос в зернопаропропашном севообороте; IV. Сорго при бессменном возделывании; V. Злаково-бобовая смесь в сидеральном севообороте; VI. Суданская трава в почвозащитном севообороте.

Прямоугольная форма делянок кукурузы и сорго имеет размер в севооборотах 3,6 м × 90 м, злаково-бобовая смесь (донник, овёс, горох) и суданская трава – 14,4 м × 90 м, в бессменных посевах – 7,2 м × 90 м. Посевы размещались на удобренном и неудобренном фонах питания. Длина первой части делянок (минеральные удобрения) составила 30 м, второй (без минеральных удобрений) – 60 м.

Кукуруза и сорго на силос изучались в шестипольных севооборотах и бессменно на двух фонах питания. Минеральные удобрения N₄₀P₄₀ кг д.в. на 1 га вносились осенью под основную обработку почвы отвальным плугом на гл. 25-27 см. В сидеральном севообороте с 1990 по 1999 годы в качестве зелёного удобрения изучался донник жёлтый двулетний под покров ячменя, с 2000 по 2019 годы – злаково-бобовая смесь (овёс и горох). В фазу цветения гороха и донника растения измельчались и запахивались отвальным плугом на глубину 25-27 см. Суданская трава после 3-4 обработок почвы высевалась в первой декаде июля и убиралась на зелёный корм в фазу цветения метёлки.

В начале мая высевали семена кормовых культур (донник, овёс, горох, суданская трава, кукуруза и сорго на силос) сеялками СЗП-3,6 и УПС-8. В опыте высевали следующие сорта овса (Скакун, Астор), гороха (Неосыпающийся 1, Чишминский 95), суданской травы (Бродская 2, Кинельская 100), сорго на силос (Кинельская 3, Силосное 88) и гибриды кукурузы (РОСС-156, РОСС-144).

Учёт урожайности зелёной массы кормовых культур проводили вручную весовым методом пробных площадок с площади 14 м² (кукуруза, сорго на силос) и 20 м² (злаково-бобовая смесь, суданская трава).

В опыте применяли агротехнику и агротехнологию возделывания кормовых культур принятые для данной степной зоны Южного Урала. В эксперименте проводили дисперсионный анализ данных по программе А. В. Самойлова (Россия, 2004).

Результаты исследований. За годы исследований проявлялись все виды засухи, но на кормовые культуры в основном негативное влияние оказывали летне-осенняя и устойчивая. Злаково-бобовая смесь была подвержена ранневесенней, а за последние годы холодной засухе, которая характеризуется низкой температурой ночью и высокой днём, что существенно оказывает влияние на дефицит азота в почве, замедляет рост растений и ускоряет их развитие, что приводит к снижению урожайности. Особенно заметное снижение урожайности отмечается в четвёртой и пятой ротациях севооборотов (таблица 1).

В первой ротации сложились самые благоприятные условия для кукурузы и сорго, за исключением низкой урожайности донника. Локальное изменение климата и его влияние на урожайность кормовых культур проявляется с 1996 года, со второй ротации. Суданская трава давала устойчивую урожайность по всем ротациям севооборота и меньше страдала от засухи. В связи с этим она по этому показателю не уступала за пять ротаций кукурузе.

Таблица 1 – Урожайность зелёной массы кормовых культур на фонах питания по ротациям шестипольных севооборотов (1990-2019 гг.), ц/га
Table 1 – Yield of green mass of forage crops on nutrition backgrounds according to rotations of six-field crop rotations (1990-2019), c/ha

Вариант культуры / Variant of culture	Ротация севооборотов / Crop rotation							По двум фонам питания / On two backgrounds nutrition	Прибавка зелёной массы / Increase in green mass
	I	II	III	IV	V	1990-2007	1990-2019		
I. Кукуруза / Corn	$\frac{328}{304}$	$\frac{162}{108}$	$\frac{139}{108}$	$\frac{107}{120}$	$\frac{196}{98}$	$\frac{209}{173}$	$\frac{186}{148}$	158	+38
II. Кукуруза (бессменно) / Corn (constant)	$\frac{292}{282}$	$\frac{123}{108}$	$\frac{130}{115}$	$\frac{122}{133}$	$\frac{110}{89}$	$\frac{182}{168}$	$\frac{155}{146}$	150	+9
III. Sorpro / Sorghum	$\frac{216}{208}$	$\frac{183}{166}$	$\frac{115}{108}$	-	-	$\frac{171}{160}$	-	-	+11
IV. Sorpro (бессменно) / Sorghum (constant)	$\frac{231}{221}$	$\frac{119}{101}$	$\frac{118}{106}$	-	-	$\frac{156}{149}$	-	-	+7
V. Злаково-бобовая смесь / Cereal and legume mixture	$\frac{102}{100}$	$\frac{128}{112}$	$\frac{159}{142}$	$\frac{110}{93}$	$\frac{114}{83}$	$\frac{130}{118}$	$\frac{125}{105}$	115	+20
VI. Суданская трава / Sudanese grass	$\frac{140}{139}$	$\frac{154}{144}$	$\frac{237}{179}$	$\frac{132}{123}$	$\frac{141}{125}$	$\frac{177}{154}$	$\frac{161}{142}$	152	+19
HCP ₀₅ фактор / HSR ₀₅ factor	A/A	4,70	1,60	2,29	3,50	3,90	1,42	4,46	13,74
	B/B	8,15	2,78	3,96	6,06	6,75	2,47	7,72	-

Примечание: - Над чертой – фон с минеральными удобрениями; под чертой – неудобренный фон питания, HCP05 рассчитана в т/га.

Note: - Above the line is the background with mineral fertilizers; below the line is the unfertilized nutrition background, HSR05 is calculated in t/ha.

При сравнительной урожайности за три ротации (18 лет), сорго уступало кукурузе, но имело преимущество в пяти острозасушливых лет, особенно в резко засушливые 1995 и 1998 годы.

Возделывание кукурузы в севообороте и бессменно на неудобренном фоне питания не снижает урожайность в течение 30 лет.

Эффективность внесения минеральных удобрений зависит от многих факторов, таких как запасы продуктивной влаги в почве, осадки, температурный режим, вид культуры и др. За 30 лет исследований прибавка зелёной массы кукурузы более 10 ц с 1 га составила 16 лет, её отсутствие 10 лет и снижение 4 года, злаково-бобовая смесь за эти годы – 13 лет, 10 и 7 лет, суданская трава – 18 лет, 10 и 2 года, и сорго за 18 лет – 7 лет, 8 и 2 года соответственно.

Основной причиной снижения урожайности кукурузы и сорго являются благоприятные погодные условия весной, когда на удобренном фоне рост растений происходил более интенсивно, но в связи с отсутствием осадков и засухи в июне эти культуры резко снижали урожайность в сравнении с неудобренным из-за дефицита влаги в почве. В 2011 году урожайность кукурузы на удобренном фоне составила 86 ц, неудобренном – 198 ц с 1 га.

В некоторые годы при хорошем увлажнении почвы весной корневая система кукурузы и сорго развивается поверхностно, а при наступлении засухи в июне и дефиците влаги в верхнем слое почвы резко снижается урожайность на двух фонах питания.

Самыми неблагоприятными погодными условиями для формирования урожая кукурузы и сорго были 2002 и 2005 годы, когда он составил меньше 60-70 ц с 1 га с отсутствием эффекта от удобрений.

Низкая урожайность злаково-бобовой смеси отмечена в резко засушливые годы. Урожайность суданской травы на уровне остальных кормовых культур в годы с устойчивой засухой, продолжающейся весь весенний и летний периоды. В остальные годы урожайность её стабильно по ротациям севооборота, а в среднем за 30 лет исследований на уровне кукурузы.

На основании многолетних данных по урожайности кормовых культур нами установлена классификация по различной засушливости в зависимости от её уровня (таблица 2).

Таблица 2 – Вид засушливости в зависимости от величины урожайности кормовых культур на удобренном фоне, ц/га

Table 2 – Type of aridity depending on the yield of forage crops on a fertilized background, c/ha

Вид засушливости / Type of aridity	Культуры / Crops			
	кукуруза / corn	сорго / sorghum	злаково-бобовая смесь / cereal and legume mixture	суданская трава / sudanese grass
Без засухи / No drought	6	5	4	6
	5	-	4	9
Слабая / Weak	4	5	2	2
	5	-	4	2
Умеренная / Moderate	4	6	5	8
	10	-	9	14
Сильная / Strong	4	2	5	1
	9	-	10	4
Условия пустыни / Desert conditions	-	-	2	1
	-	-	3	1

Примечание: - Урожайность: без засухи > 200 ц с 1 га, слабая засушливость от 150 до 200 ц с 1 га, умеренная от 100 до 150 ц с 1 га, сильная засушливость от 50 до 100 ц с 1 га, условия пустыни < 50 ц с 1 га. Над чертой засушливость за 18 лет, под чертой – за 30 лет.

Note: - Productivity: without drought > 200 c/ha, slight drought from 150 to 200 c/ha, moderate from 100 to 150 c/ha, severe drought from 50 to 100 c/ha, desert conditions < 50 c/ha. Above the line – drought for 18 years, below the line – for 30 years.

Самые высокие показатели, входящие в класс без засухи, за 18 и 30 лет у суданской травы 6 и 9, самые низкие показатели за эти годы были у злаково-бобовой смеси, 4 и 4 соответственно.

При слабой засушливости с урожайностью от 150 до 200 ц с 1 га по всем культурам самые низкие, особенно у суданской травы.

По умеренной засушливости суданская трава с урожайностью от 100 до 150 ц с 1 га не имела себе равных и составила 8 и 14 лет.

Сильной засухе подвержена злаково-бобовая смесь и значительно в меньшей степени суданская трава.

При урожайности зелёной массы менее 50 ц с 1 га (условия пустыни) кукуруза и сорго не подвергались засушливости, в отличие от злаково-бобовой смеси (за 18 лет 2 и 3 года за 30 лет).

По количеству лет кормовые культуры подвержены в основном слабой и умеренной засушливости и даже входили в класс без засухи.

Заключение. В условиях часто повторяющейся засухи кормовые культуры устойчивы к различным её видам, а при возделывании их в разные сроки (ранние, средние и поздние) являются мощным приёмом в борьбе с ней и обеспечивают зелёный конвейер для животноводства в весенне-летний период. Несмотря на то, что злаково-бобовая смесь в условиях пустыни подвержена сильной засушливости, она по ротациям формирует стабильную урожайность от 102 до 159 ц с 1 га зелёной массы с прибавкой от удобренного фона 20 ц с 1 га.

Conclusions. In conditions of frequently recurring drought, forage crops are resistant to its various types, and when cultivated at different times (early, middle and late) they are a powerful method in the fight against it and provide a green conveyor for livestock farming in the spring-summer period. Despite the fact that the cereal-legume mixture is subject to strong and desert conditions of aridity, it forms a stable yield of 102 to 159 centners per 1 ha of green mass with an increase from the fertilized background of 20 centners per 1 ha.

Библиографический список

1. Скороходов В. Ю. Продуктивность кормовых монокультур и возделываемых в севообороте в условиях степной зоны Южного Урала. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2024. Т. 19. № 2. С. 239-249.
2. Табаленкова Г. Н., Дымова О. В., Головкин Т. К. Продуктивность и состав биомассы кукурузы в условиях центрального агроклиматического района Республики Коми. Аграрный вестник Урала. 2020. № 3 (194). С. 57-65.
3. Скороходов В. Ю. Урожайность кукурузы на силос в севооборотах и при бессменном возделывании в зависимости от предшественника на двух уровнях интенсификации в степной зоне Южного Урала. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (82). С. 68-72.
4. Леднев А. В. и др. Анализ состояния и перспективы развития кормопроизводства в Удмуртской Республике. Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23. № 5. С. 26-35.
5. Виноградов И. С., Лазарев Н. Н. Комплексная оценка гибридов кукурузы для производства силоса. Кормопроизводство. 2023. № 1. С. 26-30.
6. Воронин А. Н., Труфанов А. М., Щукин С. В. Влияние биопрепаратов на засорённость и урожайность посевов кормовых культур в условиях минимализации обработки почвы. Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 3 (32). С. 26-30.
7. Скороходов В. Ю. Влияние пролонгированного действия минеральных удобрений в условиях температурного стресса на урожайность кукурузы на силос в степной зоне Южного Урала. Агрохимия. 2024. № 6. С. 59-65.
8. Коновалов А. В. и др. Совершенствование технологии возделывания кормовых культур как основы устойчивого развития кормопроизводства в Ярославской области. Кормопроизводство. 2022. № 7. С. 10-14.
9. Скороходов В. Ю. Продуктивность кормовых культур в системе севооборота и при бессменном возделывании в степной зоне Южного Урала. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2024. № 2 (71). С. 147-156.
10. Скороходов В. Ю. Суданская трава в качестве парозанимающей культуры в севооборотах степной зоны Южного Урала. Кормопроизводство. 2023. № 2. С. 22-27.
11. Лаптина Ю. А., Куликова Н. А. Приёмы повышения продуктивности суданской травы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 211-221.
12. Дробышев А. П. Основные направления интенсификации технологий производства кормовых культур в условиях Алтайского края. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 8 (178). С. 5-14.
13. Плещачев Ю. Н. и др. Продуктивность и питательная ценность суданской травы при возделывании на зелёный корм. Аграрный научный журнал. 2021. № 8. С. 28-33.
14. Шаманин А. А., Попова Л. А., Гинтов В. В. Малораспространённые кормовые культуры для формирования высококачественных кормовых агроценозов в условиях Северного региона России. Аграрный вестник Урала. 2019. № 4 (183). С. 40-47.
15. Багринцева В. Н., Ивашенко И. Н. Влияние погодных условий в Ставропольском Крае на эффективность доз азотного удобрения на кукурузе. Агрохимия. 2020. № 2. С. 77-83.
16. Дёмин Е. А., Ерёмин Д. В. Влияние минеральных удобрений и сроков посева на урожайность зелёной массы кукурузы в лесостепной зоне Зауралья. Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. № 10. С. 27-33.
17. Чесалин С. Ф., Смольский Е. В., Нечаев М. М. Реализация потенциала продуктивности кормовых культур в условиях запада Брянской области. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2021. № 1 (58). С. 67-74.
18. Флёрова Е. А. Видовой состав и структура жизненных стратегий сорного компонента агрофитоценозов на примере кормового севооборота. Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 4 (60). С. 54-60.
19. Пакшина С. М. и др. Вклад различных кормовых культур в биологический вынос элементов питания из почвы. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 5. С. 56-64.
20. Скороходов В. Ю. Продуктивность парозанимающих культур и роль паров в засушливых условиях степной зоны Южного Урала. Вестник КрасГАУ. 2023. № 10 (199). С. 82-92.

References

1. Skorokhodov V. Y. Productivity of fodder monocultures and cultivated in crop rotation under the conditions of the steppe zone of the Southern Urals. Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and Animal Husbandry. 2024. V. 19. № 2. Pp. 239-249.
2. Tabalenkova G. N., Dymova O. V., Golovko T. K. Productivity and composition of corn biomass under the conditions of the central agroclimatic region of the Komi Republic. Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. № 3 (194). Pp. 57-65.
3. Skorokhodov V. Y. Yield of corn for silage in crop rotations and with permanent cultivation depending on the predecessor at two levels of intensification in the steppe zone of the Southern Urals. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2020. № 2 (82). Pp. 68-72.
4. Lednev A. V., et al. Analysis of the state and prospects for the development of fodder production in the Udmurt Republic. Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. V. 23. № 5. Pp. 26-35.
5. Vinogradov I. S., Lazarev N. N. Comprehensive assessment of corn hybrids for silage production. Fodder production. 2023. № 1. Pp. 26-30.
6. Voronin A. N., Trufanov A. M., Shchukin S. V. Effect of biological preparations on weediness and yield of fodder crops under conditions of minimization of tillage. Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region. 2020. № 3 (32). Pp. 26-30.
7. Skorokhodov V. Y. Effect of Prolonged Action of Mineral Fertilizers under Temperature Stress on Corn Yield for Silage in the Steppe Zone of the Southern Urals. Agrochemistry. 2024. № 6. Pp. 59-65.

8. Kononov A. V., et al. Improvement of the technology of fodder crops cultivation as the basis for sustainable development of fodder production in the Yaroslavl region. Fodder production. 2022. № 7. Pp. 10-14.
9. Skorokhodov V. Yu. Productivity of fodder crops in the crop rotation system and during permanent cultivation in the steppe zone of the Southern Urals. Vestnik NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2024. № 2 (71). Pp. 147-156.
10. Skorokhodov V. Yu. Sudan grass as a fallow crop in crop rotations of the steppe zone of the Southern Urals. Fodder production. 2023. № 2. Pp. 22-27.
11. Laptina Y. A., Kulikova N. A. Methods of increasing the productivity of Sudanese grass in the dry steppe zone of the Lower Volga region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. № 1 (61). Pp. 211-221.
12. Drobyshev A. P. Main Directions of Intensification of Fodder Crop Production Technologies in the Altai Territory. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2019. № 8 (178). Pp. 5-14.
13. Pleskachev Y. N., et al. Productivity and nutritional value of Sudanese grass when cultivated for green fodder. Agrarian Scientific Journal. 2021. № 8. Pp. 28-33.
14. Shamanin A. A., Popova L. A., Gintov V. V. Uncommon Fodder Crops for the Formation of High-Quality Fodder Agroecosystems in the Northern Region of Russia. Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. № 4 (183). Pp. 40-47.
15. Bagrintseva V. N., Ivashenko I. N. Influence of Weather Conditions in the Stavropol Territory on the Efficiency of Nitrogen Fertilizer Doses on Corn. Agrochemistry. 2020. № 2. Pp. 77-83.
16. Demin E. A., Eremina D. V. Effect of Mineral Fertilizers and Sowing Dates on the Yield of Green Mass of Corn in the Forest-Steppe Zone of the Trans-Urals. Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2020. № 10. Pp. 27-33.
17. Chesalin S. F., Smolsky E. V., Nechaev M. M. Realization of the Potential of Fodder Crops Productivity in the West of the Bryansk Region. Vestnik NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2021. № 1 (58). Pp. 67-74.
18. Flerova E. A. Species Composition and Structure of Life Strategies of the Weed Component of Agrophytocoenoses on the Example of Fodder Crop Rotation. Bulletin of the Agro-Industrial Complex of the Upper Volga. 2022. № 4 (60). Pp. 54-60.
19. Pakshina S. M. et al. Contribution of various fodder crops to the biological removal of nutrients from the soil. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2020. № 5. Pp. 56-64.
20. Skorokhodov V. Y. Productivity of fallow crops and the role of fallow in the arid conditions of the steppe zone of the Southern Urals. Vestnik KrasGAU. 2023. № 10 (199). Pp. 82-92.

Информация об авторах

Максютов Николай Алексеевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская Федерация, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1).

Скороходов Виталий Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская Федерация, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1).

Митрофанов Дмитрий Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская Федерация, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1).

Зенкова Наталья Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская Федерация, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1).

Authors' Information

Maksyutov Nikolay Alekseevich, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460051, Orenburg, Gagarin Ave. 27/1).

Skorokhodov Vitaly Yurievich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460051, Orenburg, Gagarin Ave. 27/1).

Mitrofanov Dmitry Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460051, Orenburg, Gagarin Ave. 27/1).

Zenkova Natalia Anatolyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460051, Orenburg, Gagarin Ave. 27/1).

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-07

THE REACTION OF THE WINTER WHEAT VARIETIES TO PRE-SOWING SEED TREATMENT WITH GROWTH REGULATORS IN THE CHESTNUT SOIL AREA OF THE VOLGOGRAD REGION**Medvedev G. A., Ekaterinicheva N. G.**

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: nataeka@mail.ru

Received 30.04.2025

Submitted 05.06.2025

Abstract

Introduction. The results of a field experiment with three varieties of winter wheat Ermak, Kamyshanka 9, Lilit and their reaction to pre-sowing seed treatment with two regulators of plant growth and development in the subzone of light chestnut soils of the Volgograd region are presented. The years of research were favorable for the growth and development of the tested winter wheat varieties, which allowed them to generate sufficiently high yields. The grains are of high quality. On average, over the three years of observations,

the yield of the Yermak control variety was 4.30 t/ha, that of the Kamyshanka 9 variety was 4.65 t/ha, and that of the Lilit variety was 4.60 t/ha. Pre-sowing treatment of seeds with the Bigus growth regulator increased yields in the Ermak variety by 0.28t/ha, in the Kamyshanka 9 variety by 0.51 t/ha and in the Lilit variety by 0.38 t/ha. The growth regulator Albit also significantly increased the yield of all the studied varieties, but slightly less than the drug Bigus. Of the varieties taken for the study, Kamyshanka 9 turned out to be the most productive. On average, over three years, its yield ranged from 4.65 to 5.16 t/ha according to the experimental variants, whereas in the Yermak control variety it varied from 4.30 to 4.58 t/ha, and in the Lilit variety from 4.60 to 4.98 t/ha of the growth regulators, the drug Bigus proved to be the most effective. The calculation of economic efficiency based on the experimental options also showed a clear advantage of the Kamyshanka 9 variety with pre-sowing seed treatment with the Bigus growth regulator. The profitability level on this variant was 343.4 %, which is 48.1 % more than that of the Yermak control variety on a similar variant. **Relevance.** Winter wheat is the main grain crop in the Volgograd region. Increasing its yield and improving the quality of the products obtained in modern market economy conditions is quite an urgent and timely task. One of the elements of adaptive winter wheat cultivation technology is the use of plant growth and development regulators, as well as the selection of the most productive varieties adapted to the local conditions of the light chestnut soils of the Volgograd region. This was the main objective of our research.

The object of the study. Three varieties of winter wheat were used as the object of the study: 1. Ermak (control). 2. Kamyshanka 9. 3. Lilit. and two regulators of plant growth and development: 1. Bigus. 2. Albit.

Materials and methods. A two-factor field experiment was carried out on light chestnut soils of the Ilovinsky district of the Volgograd region in 2020-2023 according to the methodology of B. A. Dospekhov (1985). The precursor is fertilized black steam. The repetition in the experiment is threefold, the registered area of the plot is 140 m². **Results and conclusions.** Observations of the growth and development of three varieties of winter wheat on light chestnut soils in the Volgograd region showed that weather conditions during the study years significantly affected field germination, the process of overwintering plants, photosynthetic parameters of varieties and yields of the varieties studied. On average, over three years, Kamyshanka 9 turned out to be the most productive variety. On average, over three years, its yield ranged from 4.65 to 5.16 t/ha according to the experimental variants, whereas in the Yermak control variety it varied from 4.30 to 4.58 t/ha, and in the Lilit variety from 4.60 to 4.98 t/ha. Of the growth regulators, the drug Bigus proved to be the most effective. The calculation of economic efficiency based on the experimental options also showed a clear advantage of the Kamyshanka 9 variety with pre-sowing seed treatment with the Bigus growth regulator. Pre-sowing treatment of seeds with the Bigus growth regulator increased yields in the Ermak variety by 0.28 t/ha, in the Kamyshanka 9 variety by 0.51 t/ha and in the Lilit variety by 0.38 t/ha. The growth regulator Albit also significantly increased the yield of all the studied varieties, but slightly less than the drug Bigus. The profitability level on this variant was 343.4 %, which is 48.1 % more than that of the Yermak control variety on a similar variant and 14.6 % more than that of the Lilit variety.

Keywords: winter wheat varieties, plant growth regulators, winter wheat yield, pre-sowing treatment of wheat seeds.

Citation. Medvedev G. A., Yekaterinicheva N. G. The reaction of the winter wheat varieties to pre-sowing seed treatment with growth regulators in the chestnut soil area of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 69-77 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-07.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution, or analysis of the data obtained. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interests. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК.633.631.526.32

РЕАКЦИЯ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ПРЕДПОСЕВНУЮ ОБРАБОТКУ СЕМЯН РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТА В ЗОНЕ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Медведев Г. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Екатериничева Н. Г., кандидат экономических наук, доцент**

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Приведены результаты полевого опыта с тремя сортами озимой пшеницы – Ермак, Камышанка 9, Лилит и их реакция на предпосевную обработку семян двумя регуляторами роста и развития растений в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области. Годы исследований были благоприятными для роста и развития испытываемых сортов озимой пшеницы, что позволило им сформировать достаточно высокую урожайность зерна высокого качества. В среднем за три года наблюдений урожайность у контрольного сорта Ермак составила 4,30 т/га, у сорта Камышанка 9 – 4,65 т/га и у сорта Лилит – 4,60 т/га. Предпосевная обработка семян регулятором роста Бигус повышала урожайность у сорта Ермак на 0,28 т/га, у сорта Камышанка 9 на 0,51 т/га и у сорта Лилит на 0,38 т/га. Регулятор роста Альбит также заметно увеличивал урожайность у всех изучаемых сортов, но несколько меньше, чем препарат Бигус. Из сортов, взятых на исследование, наиболее продуктив-

ным оказался сорт Камышанка 9. В среднем за три года урожайность у него колебалась по вариантам опыта от 4,65 до 5,16 т/га, тогда как у контрольного сорта Ермак она изменялась от 4,30 до 4,58 т/га., а у сорта Лилит от 4,60 до 4,98 т/га. Из регуляторов роста наиболее эффективным оказался препарат Бигус. Расчет экономической эффективности по вариантам опыта также показал на явное преимущество сорта Камышанка 9 с предпосевной обработкой семян регулятором роста Бигус.

Уровень рентабельности на этом варианте составил 343,4 %, что на 48,1 % больше, чем у контрольного сорта Ермак на аналогичном варианте.

Актуальность. Озимая пшеница является основной зерновой культурой в Волгоградской области. Увеличение ее урожайности и улучшение качества полученной продукции в современных условиях рыночной экономики – задача вполне актуальная и своевременная. Одним из элементов адаптивной технологии возделывания озимой пшеницы является применение регуляторов роста и развития растений, а также подбор наиболее урожайных сортов, адаптированных к местным условиям подзоны светло-каштановых почв Волгоградской области. Это и являлось основной задачей наших исследований.

Объект исследования. В качестве объекта исследования были взяты три сорта озимой пшеницы: 1. Ермак (контроль). 2. Камышанка 9. 3. Лилит и два регулятора роста и развития растений: 1. Бигус. 2. Альбит.

Материалы и методы. Полевой двухфакторный опыт закладывали на светло-каштановых почвах Иловлинского района Волгоградской области в 2020-2023 гг. по методике Б. А. Доспехова (1985). Предшественник удобренный черный пар. Повторность в опыте трехкратная, учетная площадь делянки 140 м².

Результаты и выводы. Наблюдения за ростом и развитием трех сортов озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области показали, что погодные условия в годы исследования существенно влияли на полевую всхожесть, процесс перезимовки растений, на фотосинтетические показатели сортов и урожайность взятых на изучение сортов. В среднем за три года наиболее урожайным сортом оказался Камышанка 9. В среднем за три года урожайность у него колебалась по вариантам опыта от 4,65 до 5,16 т/га, тогда как у контрольного сорта Ермак она изменялась от 4,30 до 4,58 т/га, а у сорта Лилит от 4,60 до 4,98 т/га. Из регуляторов роста наиболее эффективным оказался препарат Бигус. Расчет экономической эффективности по вариантам опыта также показал явное преимущество сорта Камышанка 9 с предпосевной обработкой семян регулятором роста Бигус. Предпосевная обработка семян регулятором роста Бигус повышала урожайность у сорта Ермак на 0,28 т/га, у сорта Камышанка 9 на 0,51 т/га и у сорта Лилит на 0,38 т/га. Регулятор роста Альбит также заметно увеличивал урожайность у всех изучаемых сортов, но несколько меньше, чем препарат Бигус. Уровень рентабельности на этом варианте составил 343,4 %, что на 48,1 % больше, чем у контрольного сорта Ермак на аналогичном варианте, и на 14,6 % больше, чем у сорта Лилит.

Ключевые слова: сорта озимой пшеницы, регуляторы роста растений, урожайность озимой пшеницы, предпосевная обработка семян пшеницы.

Цитирование. Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г. Реакция сортов озимой пшеницы на предпосевную обработку семян регуляторами роста в зоне каштановых почв Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 69-77. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-07.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе полученных данных. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Озимая пшеница – основная зерновая культура как в РФ, так и в Волгоградской области. Посевные площади под ней в области постоянно растут, и в 2025 году превысили 1,6 млн га. Возделывание озимой пшеницы позволяет стабилизировать валовые сборы зерна, особенно в засушливые годы, когда урожайность яровых зерновых культур резко снижается. Однако следует отметить, что и у озимой пшеницы урожайность по годам заметно меняется.

Так, если в 2023 году в области было собрано более 6 млн тонн зерна, то в 2024 году только чуть больше 4 млн т, или почти на два миллиона меньше. Поэтому задача получения стабильно высоких урожаев этой ценной зерновой культуры вполне актуальна.

Одним из путей стабилизации урожайности озимой пшеницы является подбор наиболее высокопродуктивных сортов. Сорт в нашей зоне должен иметь высокую засухоустойчивость, обладать высокой пластичностью, хорошей отзывчивостью на удобрения [1, 5]. Разумеется, сорт не решит всех проблем без использования соответствующих технологических приемов.

Высокоурожайный сорт дает полную отдачу только при своевременном и качественном выполнении всех агротехнических мероприятий [4, 6, 10, 11]. Подбор высокоурожайных сортов озимой пшеницы, адаптированных к местным условиям, и высокоэффективных регуляторов

роста и развития растений для предпосевной обработки семян занимает важное место в комплексе мероприятий для получения стабильно высоких урожаев этой важной продовольственной культуры. Это и явилось основной задачей наших исследований.

Материалы и методы. Полевой двухфакторный опыт закладывали на светло-каштановых почвах Иловлинского района Волгоградской области в 2020-2023 гг. по методике Б. А. Доспехова (2014) по следующей схеме: Фактор А: – сорта озимой пшеницы: 1. Ермак (контроль), 2. Камышанка 9, 3. Лилит. Фактор В – регуляторы роста и развития растений: 1. Контроль без обработки регуляторами роста, 2. Бигус – 400 мл на 1 т семян, 3. Альбит 30 г на 1 т семян.

Предшественник озимой пшеницы был удобренный черный пар. Норма высева сортов озимой пшеницы – 3,5 млн/га всхожих семян, способ посева – обычный рядовой.

Повторность в опыте трехкратная, учетная площадь делянки 140 м². Обработку семян озимой пшеницы регуляторами роста проводили за 2 дня до посева в соответствии с рекомендациями производителя. Расход рабочего раствора составлял 10 л/т семян.

Результаты обсуждения. Волгоградская область находится в зоне рискованного земледелия. Лимитирующим фактором величины урожая всех сельскохозяйственных культур здесь является вода.

Исследователи, проводившие опыты в каштановой зоне Волгоградской области, отмечали, что для получения высоких урожаев озимой пшеницы особенно важны запасы продуктивной влаги перед посевом. Если в этот период влаги в посевном слое недостаточно, то всходы получаются изреженными и рассчитывать на получение высокого урожая нет оснований [2, 4, 6, 7, 8, 9].

Наши трехлетние наблюдения полностью подтвердили это мнение (таблица 1). Из данных таблицы 1 видно, что самые низкие запасы влаги во всех исследуемых горизонтах были в 2020 году, а самые высокие – в 2022 году. Так, в посевном слое почвы 0,05-0,07 м в 2020 году было 18,9 % влаги от абсолютно сухой почвы, а в 2022 году 20,1 %, что на 10,6 % больше. Такая же закономерность была отмечена и в среднем по всем горизонтам.

Следует также отметить, что с увеличением глубины исследуемого горизонта количество влаги несколько увеличивалось, что положительно сказалось на получении дружных всходов во все годы наблюдения.

Таблица 1 – Влажность почвы перед посевом озимой пшеницы в % от абсолютно сухой почвы

Table 1 – Soil moisture before sowing winter wheat in % of absolutely dry soil

Год / Annual	Влажность почвы по слоям почвы, м / soil moisture by soil layers, m			
	0,0-0,05	0,0-0,07	0,0-0,10	Средняя / Average
2020	12,1	18,9	19,2	16,7
2021	13,4	19,2	20,4	17,6
2022	13,2	20,1	21,5	18,0

В 2021 году запасы влаги были несколько выше, чем в 2020 году, но почти столько же уступали запасам 2022 года. Это естественно отразилось на полевой всхожести изучаемых сортов озимой пшеницы (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние изучаемых факторов на полевую всхожесть сортов озимой пшеницы (в среднем за 2020-2022 гг.)

Table 2 – The influence of the studied factors on the field germination of winter wheat varieties (on average for 2020-2022)

Сорт / The variety	Регулятор роста / a growth regulator	Высеяно семян, шт./м ² / Seeds sown, pcs/m ²	Получено всходов, шт./м ² / Germination received, pcs/m ²	Полевая всхожесть, % / Field germination, %
Ермак (к) / Ermak (control)	Контроль, б/о / control	350	305	87,2
	Бигус / Bigus	350	315	90,1
	Альбит / Albit	350	313	89,3
Камышанка 9 / Kamyshanka 9	Контроль, б/о / control	350	310	88,5
	Бигус / Bigus	350	321	92,5
	Альбит / Albit	350	318	91,8
Лилит / Liliith	Контроль, б/о / control	350	309	88,3
	Бигус / Bigus	350	319	91,1
	Альбит / Albit	350	316	90,4

Анализ данных таблицы 2 показывает, что в среднем за годы наблюдения полевая всхожесть у всех сортов была достаточно высокая от 87,2 до 92,4 %. На контрольном варианте полевая всхожесть у сортов практически была одинаковой, и разница не превышала 1,1 %. Влияние регуляторов роста и развития растений было более заметным. Так, у сорта Ермак регулятор роста Бигус повышал полевую всхожесть в среднем за три года на 2,9 %, а препарат Альбит на 2,1 %. У сорта Камышанка 9 препарат Бигус повышал полевую всхожесть уже на 4,0 %, а препарат Альбит на 3,3 %. Сорт Лилит на предпосевную обработку семян реагировал несколько меньше. От регулятора роста Бигус у него полевая всхожесть повышалась только на 2,9 %, а от препарата Альбит на 2,1 %. Больше всего было получено всходов у сорта Камышанка 9 на варианте с обработкой семян регулятором роста Бигус – 321 шт./м². Это на 11 растений больше, чем на контроле, и на 3 растения больше, чем на варианте с препаратом Альбит. Сорт Лилит по числу всходов превосходил контрольный сорт Ермак на 3-4 растения и совсем немного уступал сорту Камышанка 9. Но, поскольку величину урожая формируют перезимовавшие растения, то мы учитывали и этот показатель (таблица 3).

Из данных таблицы 3 видно, что по годам исследования процент сохранившихся растений заметно отличается. Так, если в 2021 году процент сохранности растений по сортам изменялся от 84 % у сорта Ермак до 87 % у сорта Камышанка 9, то в 2023 году этот показатель колебался от 90 % до 95 % соответственно.

Таблица 3 – Влияние регуляторов роста на перезимовку сортов озимой пшеницы
Table 3 – Effect of growth regulators on overwintering of winter wheat varieties

Сорт / Variety	Регулятор роста / Growth regulator	Сохранность растений по годам, % / Plant preservation by year, %		
		2021	2022	2023
Ермак (к) / Ermak (control)	Контроль, б/о / Control	84	86	90
	Бигус / Bigus	88	91	93
	Альбит / Albit	86	90	92
Камышанка 9 / Kamyshanka 9	Контроль, б/о / Control	87	89	92
	Бигус / Bigus	90	93	95
	Альбит / Albit	89	91	93
Лилит / Lilith	Контроль, б/о / Control	85	86	90
	Бигус / Bigus	87	91	94
	Альбит / Albit	85	90	93

Таблица 4 – Структура суммарного водопотребления сортов озимой пшеницы
(в среднем за 2021-2023 гг.)

Table 4 – Structure of total water consumption of winter wheat varieties (average for 2021-2023)

Показатель / Indicator	Сорта (контроль) / The variety (control)		
	Ермак(к) / Ermak	Камышанка 9 / Kamyshanka 9	Лилит / Lilith
Содержание продуктивной влаги в начале весенней вегетации, мм / The content of productive moisture at the beginning of spring vegetation, mm	137,6	136,9	137,5
Содержание продуктивной влаги перед уборкой, мм / The content of productive moisture before harvesting, mm	13,8	10,5	11,4
Количество осадков за вегетацию, мм / The amount of precipitation during the growing season, mm	183,6	183,6	183,6
Суммарное водопотребление, мм / Total water consumption, mm	307,4	310,0	309,7
Использовано влаги из почвы, мм / Used moisture from the soil, mm	123,8	126,4	126,1
Урожайность сортов, т/га / Yield of varieties, t/ha	4,30	4,65	4,60
Коэффициент водопотребления сортов, мм/т / Coefficient of water consumption of grades, mm/t	71,4	66,7	67,2

По проценту перезимовавших растений 2022 год несколько превосходил 2021 год и немного уступал 2023 году. Действие регуляторов роста на процесс перезимовки сортов озимой пшеницы было тоже заметным, но несколько меньше погодных условий. Регулятор роста Бигус повышал зимостойкость у сорта Ермак по годам на 3-5 %, у сорта Камышанка 9 на 3-4 % и у сорта Лилит на 2-5 %. Регулятор роста Альбит тоже повышал зимостойкость сортов пшеницы, но несколько меньше, чем препарат Бигус. Из сортов, взятых на изучение, наиболее зимостойким оказался Камышанка 9. Зимостойкость у сортов Ермак и Лилит по годам была почти одинаковой. Дальнейшие наблюдения за ростом и развитием сортов озимой пшеницы показали, что в подзоне светло-каштановых почв существенное влияние на продуктивность сортов оказывает количество осадков в период вегетации. Вследствие этого структуре суммарного водопотребления сортов озимой пшеницы мы уделяли достаточное внимание (таблица 4).

Данные таблицы 4 показывают, что в среднем за годы исследования запасы продуктивной влаги в период весеннего отрастания были сравнительно высокими и способствовали активному развитию изучаемых сортов. Заметных различий по сортам по этому показателю отмечено не было. Осадков за период вегетации в эти годы выпало так же достаточно много. Однако следует также отметить, что больше всего осадков выпало в 2023 году и меньше всего в 2021 году. И хотя суммарное водопотребление у сорта Камышанка 9 было несколько больше, чем у других сортов, но разница эта была незначительной всего 1-3 мм. Но поскольку урожайность у сортов была различной, то коэффициент водопотребления у сорта Камышанка 9 был самым низким – 66,7 мм/т. Следовательно, сорт Камышанка 5 несколько экономнее расходует воду, чем стандартный сорт Ермак и сорт Лилит. На одну тонну урожая сорт Ермак расходовал в среднем за три года 71,4 мм влаги, сорт Лилит – 67,2 мм, а сорт Камышанка 9 только 66,7 мм. Все это, естественно, сказалось на фотосинтетических показателях изучаемых сортов (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние регуляторов роста на фотосинтетические показатели сортов озимой пшеницы (в среднем за 2021-2023 гг.)

Table 5 – Effect of growth regulators on photosynthetic parameters of winter wheat varieties (average for 2021-2023)

Сорт / The variety	Регулятор роста / Growth regulator	Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га / Maximum leaf area, thousand m ² /ha	Ф.П., тыс. м ² , дней/га / P.P., thousand m ² , days/ha	ЧПФ, г/м ² в сут. / PPP, g/m ² per day	Биологическая урожайность, т/га / Biological yield, t/ha
Ермак / Ermak	Контроль, б/о / Control	25,5	1452	6,0	4,42
	Бигус / Bigus	36,5	1560	6,8	4,71
	Альбит / Albit	35,7	1525	6,2	4,58
Камышанка 9 / Kamyshanka 9	Контроль, б/о / Control	26,2	1615	6,6	4,70
	Бигус/ Bigus	38,9	1853	7,0	5,26
	Альбит/ Albit	37,7	1805	6,8	5,17
Лилит / Liliith	Контроль, б/о / Control	26,0	1602	6,5	4,67
	Бигус / Bigus	37,8	1795	6,8	5,02
	Альбит / Albit	36,9	1678	6,7	4,89

Анализ данных таблицы 5 показывает, что по вариантам опыта фотосинтетические показатели существенно различаются. Следует отметить, что более существенные различия были по регуляторам роста, чем по сортам. Так, если на контрольном варианте лучший сорт пшеницы Камышанка 9 превосходил контрольный сорт Ермак по максимальной площади листьев только на 1,3 тыс. м²/га, а сорт Лилит всего на 0,2 тыс. м²/га, то от предпосевной обработки семян препаратом Альбит максимальная площадь листьев у контрольного сорта Ермак повышалась на 10,2 тыс. м²/га, а от обработки семян препаратом Бигус на 11,0 тыс. м²/га.

Сорт пшеницы Камышанка 9 от обработки семян регуляторами роста увеличивал максимальную площадь листьев еще больше – на 11,5 и 12,7 тыс. м²/га соответственно. У сорта Лилит эта разница была несколько меньше, и составила 10,9-11,8 тыс. м²/га. Из сортов лучшие фотосинтетические показатели имел сорт Камышанка 9. Фотосинтетический потенциал у этого сорта был на контроле 1615 тыс. м² дней/га, что на 11,2 % больше, чем у сорта Ермак и на 0,8 % больше, чем у сорта Лилит.

Из регуляторов роста и развития растений наибольшее влияние на фотосинтетические показатели оказывал Бигус. Так, у сорта Ермак фотосинтетический потенциал на контроле составлял 1452 тыс. м² дней/га, а на варианте с препаратом Бигус – 1560 тыс. м² дней/га, то есть на 108 тыс. м² дней/га больше.

У сорта Камышанка 9 – эта разница была еще больше, и составила 238 тыс. м² дней/га. Регулятор роста Альбит также оказывал положительное влияние на фотосинтетические показатели сортов озимой пшеницы, но несколько меньше, чем препарат Бигус. Более высокий фотосинтетический потенциал и большая площадь листьев на вариантах с применением регуляторов роста способствовали формированию более высокой урожайности у изучаемых сортов озимой пшеницы (таблица 6).

Таблица 6 – Влияние регуляторов роста на хозяйственную урожайность сортов озимой пшеницы

Table 6 – The effect of growth regulators on the economic yield of winter wheat varieties

Сорт / Variety	Регулятор роста / Growth regulator	Урожайность, т/га / Productivity, t/ha			
		2021	2022	2023	Средняя / Average
Ермак / Ermak	Контроль, б/о / Control	3,85	4,26	4,79	4,30
	Бигус / Bigus	4,12	4,52	5,10	4,58
	Альбит / Albit	4,02	4,40	4,96	4,46
Камышанка 9 / Kamyshanka 9	Контроль, б/о / Control	4,38	4,45	5,12	4,65
	Бигус / Bigus	4,80	5,02	5,67	5,16
	Альбит / Albit	4,56	4,98	5,52	5,02
Лилит / Lilith	Контроль, б/о / Control	4,28	4,42	5,10	4,60
	Бигус / Bigus	4,49	4,98	5,47	4,98
	Альбит / Albit	4,17	4,86	5,25	4,76

Анализируя данные таблицы 6, следует отметить, что на величину урожая существенно влияют метеорологические условия года.

Самая низкая урожайность у всех изучаемых сортов была зафиксирована в сухом 2021 году, а самая высокая – в более влажном 2023 году. Как по годам, так и в среднем за три года наибольшую урожайность формировал сорт Камышанка 9. Урожайность у этого сорта по годам исследования изменялась на контроле от 4,38 т/га в 2021 году, до 4,45 т/га в 2022 году и до 5,12 т/га в 2023 году.

В среднем за три года урожайность у сорта Камышанка 9 без применения регуляторов роста составила 4,65 т/га, что на 8,1 % больше, чем у контрольного сорта Ермак, и на 1,2 % больше, чем у сорта Лилит.

Действие регуляторов роста и развития растений на урожайность сортов озимой пшеницы было более заметным. Во все годы исследований наиболее эффективным регулятором роста оказался Бигус.

В среднем за три года этот препарат увеличивал урожайность у сорта Ермак на 6,5 %, у сорта Камышанка 9 – на 10,9 % и у сорта Лилит на 8,2 %. Регулятор роста и развития растений Альбит также способствовал повышению урожайности у всех изучаемых сортов озимой пшеницы, но был менее эффективным, чем препарат Бигус. От его применения урожайность у сорта Ермак повысилась на 3,6 %, у сорта Камышанка 9 – на 7,9 % и у сорта Лилит на 3,5 %.

В связи с тем, что затраты средств на предпосевную обработку семян были незначительными, то экономическая эффективность применения регуляторов роста на посевах озимой пшеницы оказалась довольно высокой (таблица 7).

Таблица 7 – Влияние изучаемых факторов на экономические показатели сортов озимой пшеницы
(в среднем за 2021-2023 гг.)Table 7 – The influence of the studied factors on the economic performance of winter wheat varieties
(on average for 2021-2023)

Сорт / Variety	Регулятор роста / Growth regulator	Урожайность, т/га / Productivity, t/ha	Стоимость валовой продукции, руб. / The cost of gross output, rub.	Затраты средств на 1 га, руб. / Costs per 1 hectare, rub	Себестоимость 1 т, руб. / Cost price 1 t, rub.	Расчетная прибыль, руб. на 1 т / Estimated profit, rub1 t	Уровень рентабельности, % / Profitability level, %
Ермак / Ermak	Контроль, б/о / Control	4,30	64500	17125	3983	11017	276,6
	Бигус / Bigus	4,58	68700	17380	3795	11205	295,3
	Альбит / Albit	4,46	66900	17275	3873	11127	287,3
Камышанка 9 / Kamyshanka 9	Контроль, б/о / Control	4,65	69750	17145	3687	11313	306,8
	Бигус / Bigus	5,16	77400	17415	3383	11617	343,4
	Альбит / Albit	5,02	75300	17325	3451	11549	334,7
Лилит / Lilit	Контроль, б/о / Control	4,60	69000	17135	3726	11275	302,6
	Бигус / Bigus	4,98	74700	17400	3498	11502	328,8
	Альбит / Albit	4,76	71400	17385	3652	11348	310,7

Результаты экономической эффективности, приведенные в таблице 7 показывают, что по всем экономическим показателям сорт озимой пшеницы Камышанка 9 значительно превосходил другие изучаемые сорта.

На контрольном варианте у этого сорта была получена наименьшая себестоимость семян и самая высокая расчетная прибыль на одну тонну полученной продукции.

Так, если у контрольного сорта Ермак расчетная прибыль на одну тонну зерна колебалась по вариантам от 11017 до 11205 руб., то у сорта Камышанка 9 эти показатели были заметно выше, и колебались от 11313 до 11617 руб./т. По уровню рентабельности сорт Камышанка 9 также существенно превосходил другие сорта.

Рентабельность у этого сорта на контроле достигал 306,8 %; это на 30,2 % выше, чем у сорта Ермак, и на 4,2 % выше, чем у сорта Лилит.

Что касается регуляторов роста и развития растений, то наиболее высокоэффективным оказался препарат Бигус. Предпосевная обработка семян регулятором роста Бигус способствовала повышению рентабельности у контрольного сорта Ермак на 18,7 %. Сорта Камышанка 9 и Лилит прореагировали на применение этого препарата еще лучше и увеличивали рентабельность производства соответственно на 36,6 % и 26,2 %.

Регулятор роста и развития растений Альбит также заметно повышал рентабельность у всех сортов озимой пшеницы.

Самая высокая рентабельность в среднем за три года была достигнута у сорта Камышанка 9 на варианте с предпосевной обработкой семян препаратом Бигус 343,4 %.

Вывод. Результаты трехлетних полевых опытов позволяют сделать следующее заключение. В подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области для получения стабильно высокой урожайности сортов озимой пшеницы следует шире использовать зимостойкие и высокоурожайные сорта Камышанка 9 и Лилит с обязательной предпосевной обработкой семян препаратом Бигус 400 г/т семян, что позволит регулярно получать более 5,0 т/га зерна и повысить рентабельность производства этой важной зерновой культуры до 330-343,4 %.

Conclusions. The results of three-year field experiments allow us to draw the following conclusion. In the subzone of light chestnut soils of the Volgograd region, in order to obtain a consistently high yield of winter wheat varieties, winter-hardy and high-yielding varieties Kamyshanka 9 and Lilit should be used more widely with mandatory pre-sowing treatment of seeds with Bigus 400 g/t of seeds, which will allow to regularly obtain more than 5.0 t/ha of grain and increase the profitability of the production of this important grain crop to 330-343.4 %.

Библиографический список

1. Галушкина Н. А., Соколенко Н. И. Адаптивность сортов озимой пшеницы, возделываемых в условиях Северо-Кавказского региона. Достижения науки и техники АПК. 2022. № 5. С. 50-54.
2. Гусева И. И., Нитченко Л. Б., Лукьянов В. А. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы при минимализации приемов агротехники в условиях ЦЧР. Зерновое хозяйство России. 2023. № 4. С. 91-102.
3. Дубинина О. А. Устойчивость озимой пшеницы к основным стрессовым факторам окружающей среды и погодных условий. Зерновое хозяйство России. 2023. № 1. С. 23-26.
4. Котельникова М. Н., Лазарев В. И. Влияние сроков посева на урожайность сортов озимой пшеницы. Актуальные проблемы и инновационная деятельность в агропромышленном производстве. 2022. № 3. С. 125-128.
5. Пронович Л. В. и др. Оптимизация технологических операций при возделывании полевых культур в засушливых условиях Поволжья. Российская сельскохозяйственная наука. 2023. № 5. С. 34-38.
6. Сапунков В. А., Солонкин А. В., Гузенко А. В. Экологические испытания сортов озимой пшеницы «АНЦ «Донской» в зоне темно-каштановых почв Волгоградской области. Зерновое хозяйство России. 2022. № 6 (78). С. 88-94.
7. Скворцова Ю. Г. и др. Оценка урожайности и посевных качеств у сортов озимой пшеницы селекции ФГБУН «АНУ «Донской» в первичном семеноводстве. хозяйство России. 2021. № 5 (77). С. 24-28.
8. Солодовников А. П., Левкина А. Ю. Влияние способов обработки почвы и агрохимикатов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в Саратовском Заволжье. Аграрный научный журнал. 2020. № 3. С. 29-35.
9. Федорова А. В., Бахвалова Е. А., Демьянова Г. Б. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы. Плодородие. 2022. № 5 (128). С. 32-38.
10. Pashtetsky V. S., Tizin E. N., Zhonchenko K. E. Optimal doses of fertilizer application against the background of resource-saving cultivation technologies in the steppe zone of Russia. Agronomy. 2021. Vol. 12. № 1. С. 55-62.
11. Zhang L., Zhang W. Environmental, human health, and ecosystem economic performance of long-term optimizing nitrogen management for wheat production. Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 311.

References

1. Galushkina N. A., Sokolenko N. I. Adaptability of Winter Wheat Varieties Cultivated in the North-Caucasian Region. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2022. № 5. Pp. 50-54.
2. Guseva I. I., Nitchenko L. B., Lukyanov V. A. Yield and Quality of Winter Wheat Grain with Minimization of Agricultural Techniques in the Conditions of the Central Black Sea Region. Grain farming in Russia. 2023. № 4. Pp. 91-102.
3. Dubinina O. A. Resistance of Winter Wheat to the Main Stress Factors of the Environment and Weather Conditions. Grain farming in Russia. 2023. № 1. Pp. 23-26.
4. Kotelnikova M. N., Lazarev V. I. Influence of sowing dates on the yield of winter wheat varieties. Actual problems and innovative activities in agro-industrial production. 2022. № 3. Pp. 125-128.
5. Pronovich L. V. et al. Optimization of technological operations in the cultivation of field crops in the arid conditions of the Volga region. Russian Agricultural Science. 2023. № 5. Pp. 34-38.
6. Sapunkov V. A., Solonkin A. V., Guzenko A. V. Ecological Tests of Winter Wheat Varieties "ANC "Donskoy" in the Zone of Dark Chestnut Soils of the Volgograd Region. Grain farming in Russia. 2022. № 6 (78). Pp. 88-94.
7. Skvortsova Y. G. et al. Assessment of yield and sowing qualities in winter wheat varieties bred by the Federal State Budgetary Institution "ANU "Donskoy" in primary seed production. economy of Russia. 2021. № 5 (77). Pp. 24-28.
8. Solodovnikov A. P., Levkina A. Yu. Influence of tillage methods and agrochemicals on the yield and quality of winter wheat grain in the Saratov Trans-Volga region. Agrarian Scientific Journal. 2020. № 3. Pp. 29-35.
9. Fedorova A. V., Bakhvalova E. A., Demyanova G. B. Effect of nitrogen fertilizers on the yield and quality of winter wheat grain. Fertility. 2022. № 5 (128). Pp. 32-38.
10. Pashtetsky V. S., Tizin E. N., Zhonchenko K. E. Optimal doses of fertilizer application against the background of resource-saving cultivation technologies in the steppe zone of Russia. Agronomy. 2021. Vol. 12. № 1. С. 55-62.
11. Zhang L., Zhang W. Environmental, human health, and ecosystem economic performance of long-term optimizing nitrogen management for wheat production. Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 311.

Информация об авторах

Медведев Геннадий Андреевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФБГОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0977-8321>, e-mail: medwedevga@yandex.ru

Екатериничева Наталья Геннадьевна, кандидат экономических наук, доцент, ФБГОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3793-1293>, e-mail: nataeka@mail.ru

Authors' Information

Medvedev Gennadiy Andreevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0977-8321>, e-mail: medwedevga@yandex.ru

Yekaterinicheva Natalya Gennadiyevna, Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3793-1293>, e-mail: nataeka@mail.ru

THE EFFECT OF BASIC TILLAGE ON THE FORMATION OF THE WHITE CABBAGE YIELD¹Pleskachev Yu. N., ²Tyutyuma N. V., ²Startsev S. V.

Volgograd State Agrarian University

Volgograd, Russian Federation

Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Solenoye Zaymische, Astrakhan Region, Russian Federation

Corresponding author E-mail: pleskachiov@yandex.ru

Received 18.05.2025

Submitted 02.06.2025

Abstract

Introduction. White cabbage is the most common vegetable crop and is valued for its variety of species, its suitability for long-term storage and medicinal properties, and its versatile use in fresh, pickled, pickled, and dried forms. Cabbage, as one of the main crops cultivated in the vegetable growing of the Lower Volga region, occupies up to 30 % of the total area in the structure of acreage. The widespread use of cabbage is due to its high nutritional, taste, dietary and medicinal properties. It contains vitamins, nitrogenous substances, mineral salts and carbohydrates necessary for humans. The purpose of our work was to develop optimal basic tillage of various hybrids of white cabbage when they are cultivated in the open ground with drip irrigation in the Northern Caspian region. **Materials and methods.** Factor A was the basic tillage techniques: 1. Control – plowing with a PN-3-35 plow to a depth of 0.20-0.22 m; 2. Plowing with a PN-3-35 plow to a depth of 0.20-0.22 m with a dredger deepening to 0.28-0.30 m; 3. Chisel treatment by Ranch workers complete with dumps for reservoir turnover to a depth of 0.20-0.20 m and chiseling to a depth of 0.28-0.30 m; 4. Disc processing with a BDM 4x4 disc to a depth of 0.14-0.16 m. Factor B was white cabbage hybrids: 1. Champ (control); 2. Congama; 3. The Hague. **Results and conclusions.** The highest soil density on average during the growing season of white cabbage was set at 0.14-0.16 m BDM 4x4 shallow disk treatment and averaged 1.22 t/m³ in 2020-2024. The lowest porosity, both before sowing, before harvesting, and on average during the growing season of white cabbage, was set on a variant of small disk processing BDM 4x4 by 0.14-0.16 m. In the ploughing variant of PN 3-35 to a depth of 0.20-0.22 m, the porosity was 1.1-1.2 % higher, and in the chiseling variant to a depth of 0.28-0.30 m with a blade of 0.20 m, 0.8-1.2 % higher. The highest yield of white cabbage was found in the Congam hybrid on the chiseling option to a depth of 0.28-0.30 m with a reservoir turnover of 0.20 m was 77.5 t/ha, which turned out to be 32.1 t/ha, or 71 % more than the lowest value. The highest coefficient of energy efficiency of white cabbage was found in the Congam hybrid on the chiseling option to a depth of 0.28-0.30 m with a reservoir turnover of 0.20 m was 1.38 units, which turned out to be 0.46 units, or 52 % more than the lowest value.

Keywords: white cabbage, white cabbage yield, soil density, tillage methods.

Citation. Pleskachev Yu. N., Tyutyuma N. V., Startsev S. V. The effect of basic tillage on the formation of the white cabbage yield. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 78-83 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-08.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.51

**ВЛИЯНИЕ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ
КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ**¹Плескачев Ю. Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор²Тютюма Н. В., доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН²Старцев С. В., кандидат сельскохозяйственных наук¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»
с. Соленое Займище, Астраханская область, Российская Федерация

Актуальность исследования. Белокочанная капуста – одна из ключевых овощных культур, широко распространённая благодаря своим питательным, диетическим и лечебным свойствам. Она богата витаминами, минеральными солями, углеводами и азотистыми веществами, что делает её ценным продуктом питания. Кроме того, капуста отличается универсальностью использования: её употребляют в свежем, квашеном, маринованном и сушёном виде. В Нижнем Поволжье капуста занимает до 30 % посевных площадей, что подчёркивает её значимость в региональном овощеводстве. Однако эффективность её выращивания во многом зависит от агротехнических приёмов, включая способы обработки почвы. В связи с этим целью нашего исследования стала разработка опти-

мальной системы основной обработки почвы для различных гибридов белокочанной капусты при возделывании в условиях открытого грунта с капельным орошением в Северном Прикаспии.

Материалы и методы. В исследовании изучались два фактора:

- **Фактор А** – приёмы основной обработки почвы:

1. Контроль: вспашка плугом ПН-3-35 на глубину 0,20-0,22 м.
2. Вспашка плугом ПН-3-35 на 0,20-0,22 м с углублением почвоуглубителем до 0,28-0,30 м.
3. Чизельная обработка рабочими органами "Ранчо" с отвалами (оборот пласта на 0,20-0,22 м) и чизелеванием на 0,28-0,30 м.

4. Дисковая обработка дискатором БДМ 4х4 на 0,14-0,16 м.

- **Фактор В** – гибриды белокочанной капусты:

1. Чамп (контроль).
2. Конгама.
3. Гаага.

Результаты и выводы

1. **Плотность и порозность почвы.**

- Наибольшая плотность почвы (1,22 т/м³) наблюдалась при дисковой обработке (БДМ 4х4, 0,14-0,16 м).

- Наименьшая порозность также зафиксирована на этом варианте.

- При вспашке плугом ПН-3-35 порозность была выше на 1,1-1,2 %, а при чизелевании – на 0,8-1,2 %.

2. **Урожайность.**

- Максимальная урожайность (77,5 т/га) достигнута у гибрида Конгама при чизельной обработке (0,28-0,30 м с оборотом пласта на 0,20 м), что на 71 % превысило минимальный показатель.

3. **Энергетическая эффективность.**

- Наибольший коэффициент энергоэффективности (1,38 ед.) также отмечен у гибрида Конгама при чизельной обработке, что на 52 % выше минимального значения. Таким образом, наиболее эффективным способом обработки почвы для выращивания белокочанной капусты в условиях Северного Прикаспия является чизелевание на глубину 0,28-0,30 м с оборотом пласта, особенно в сочетании с гибридом Конгама.

Ключевые слова: капуста белокочанная, урожайность капусты белокочанной, плотность почвы, способы обработки почвы.

Цитирование. Плескачев Ю. Н., Тютюма Н. В., Старцев С. В. Влияние основной обработки почвы на формирование урожая капусты белокочанной. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 78-83. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-08.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Белокочанная капуста – одна из наиболее распространённых овощных культур, широко используемая в свежем, квашеном, маринованном и сушёном виде. Её популярность обусловлена разнообразием сортов, длительным сроком хранения, лечебными свойствами, а также универсальностью применения [1, 2, 3].

Эта культура богата минеральными веществами, включая соли калия, фосфора, кальция, железа и других элементов. При этом их концентрация варьируется в зависимости от условий выращивания и сортовых особенностей [4, 5, 6].

В Нижнем Поволжье капуста занимает важное место в структуре посевных площадей, составляя до 30 % от общего объёма овощеводства [7, 8, 9]. Её высокая востребованность объясняется отличными вкусовыми качествами, питательной ценностью, диетическими и лечебными свойствами. В состав капусты входят витамины, азотистые соединения, углеводы и минеральные соли, необходимые для полноценного рациона человека [10, 11, 12].

Целью данного исследования являлась разработка оптимальной системы основной обработки почвы для различных гибридов белокочанной капусты при выращивании в открытом грунте с использованием капельного орошения в условиях Северного Прикаспия.

Материалы и методы.

Опыт по изучению влияния основной обработки почвы на развитие и продуктивность капусты белокочанной проводился с 2020 по 2024 годы.

Фактором А являлись приёмы основной обработки почвы: 1. Контроль – вспашка плугом ПН-3-35 на глубину 0,20-0,22 м; 2. Вспашка плугом ПН-3-35 на глубину 0,20-0,22 м с углублением почвоуглубителем до 0,28-0,30 м; 3. Чизельная обработка рабочими органами

Ранчо в комплектации с отвалами для оборота пласта на глубину 0,20-0,20 м и чизелеванием на глубину 0,28-0,30 м; 4. Дисковая обработка дискатором БДМ 4х4 на глубину 0,14-0,16 м. Фактором В являлись гибриды капусты белокочанной: 1. Чамп (контроль); 2. Конгама; 3. Гаага.

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Доспехову Б. А. (1985) и с использованием пакета программ Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. В среднем за 2020-2024 годы в период уборки наименьшая плотность почвы была установлена на варианте вспашки на глубину 0,20-0,22 м с углублением до 0,30 м и на варианте чизелевания на глубину 0,28-0,30 м с отвалом на 0,20 м и равнялась 1,23 т/м³. На контрольном варианте вспашки плугом ПН 3-35 на глубину 0,20-0,22 м плотность почвы в период уборки была на 0,03 т/м³ больше наименьшего значения и равнялась 1,26 т/м³.

Наибольшая плотность почвы в период уборки была установлена на варианте мелкой дисковой обработки БДМ 4х4 на 0,14-0,16 м и в среднем за 2020-2024 годы равнялась 1,31 т/м³.

В среднем за период вегетации наименьшая плотность почвы была установлена на варианте вспашки на глубину 0,20-0,22 м с углублением до 0,30 м и на варианте чизелевания на глубину 0,28-0,30 м с отвалом на 0,20 м и равнялась 1,14 т/м³. На контрольном варианте вспашки плугом ПН 3-35 на глубину 0,20-0,22 м плотность почвы в среднем за период вегетации капусты белокочанной была на 0,03 т/м³ больше наименьшего значения и равнялась 1,17 т/м³.

Наибольшая плотность почвы в среднем за период вегетации капусты белокочанной была установлена на варианте мелкой дисковой обработки БДМ 4х4 на 0,14-0,16 м и в среднем за 2020-2024 годы равнялась 1,22 т/м³.

Таблица 1 – Плотность почвы в опытах с капустой белокочанной, среднее за 2020-2024 годы, т/м³
Table 1 – Soil density in experiments with white cabbage, average for 2020-2024, t/m³

Основная обработка почвы / Basic tillage	Плотность почвы, т/м ³ / Soil density, t/m ³			
	Перед посевом / Before sowing	В начале формирования плода / At the beginning of the formation of the head of cabbage	В период уборки / During the har- vesting period	Среднее за период вегетации / Vegetation average
Вспашка на 0,20-0,22 м (Контроль) / Ploughing at 0.20-0.22 m (Control)	1,10	1,15	1,26	1,17
Вспашка на 0,20-0,22 м с углублением до 0,30 м / Ploughing at 0.20-0.22 m with a depth of up to 0.30 m	1,07	1,11	1,23	1,14
Чизелевание на 0,28-0,30 м с отвал. на 0,20 м / Chiseling at 0.28-0.30 m with a blade 0.20 m.	1,07	1,12	1,23	1,14
Дискование БДМ 4х4 на 0,14-0,16 м / Disking BDM 4x4 at 0.14-0.16 m	1,14	1,20	1,31	1,22

Порозность почвы – физическая величина, обратно пропорциональная плотности почвы, если плотность почвы показывает количество твёрдой почвенной фракции в единице объёма почвы, то порозность наоборот показывает количество воздушного пространства, незанятое твёрдой почвенной фракцией.

Наименьшая порозность, как перед посевом, перед уборкой, так и в среднем за период вегетации капусты белокочанной устанавливалась на варианте мелкой дисковой обработки БДМ 4х4 на 0,14-0,16 м. На варианте вспашки плугом ПН 3-35 на глубину 0,20-0,22 м порозность была на 1,1-1,2 % больше, а на варианте чизелевания на глубину 0,28-0,30 м с отвалом на 0,20 м на 0,8-1,2 % выше.

Урожайность капусты белокочанной в среднем за 2020-2024 годы в опыте с основной обработкой почвы была наименьшей у гибрида Чамп на варианте дисковой обработки БДМ 4х4 на глубину 0,14-0,16 м и равнялась 45,4 т/га. У гибрида Гаага урожайность была на 4,9 т/га больше, чем у гибрида Чамп. У гибрида Конгама урожайность была на 5,7 т/га больше, чем у гибрида Гаага и на 10,6 т/га больше, чем у гибрида Чамп. На варианте

вспашки плугом ПНЗ-35 на глубину 0,20-0,22 м урожайность капусты белокочанной по сравнению с вариантом мелкой дисковой обработки увеличивалась на 12,6-16,8 т/га. На варианте вспашки плугом ПНЗ-35 на глубину 0,20-0,22 м с углублением до 0,30 м урожайность капусты белокочанной по сравнению с вариантом мелкой дисковой обработки увеличивалась на 15,9-20,0 т/га. На варианте чизелевания на глубину 0,28-0,30 м с оборотом пласта на 0,20 м урожайность капусты белокочанной по сравнению с вариантом мелкой дисковой обработки в среднем за 2020-2024 годы увеличивалась на 16,9-21,5 т/га.

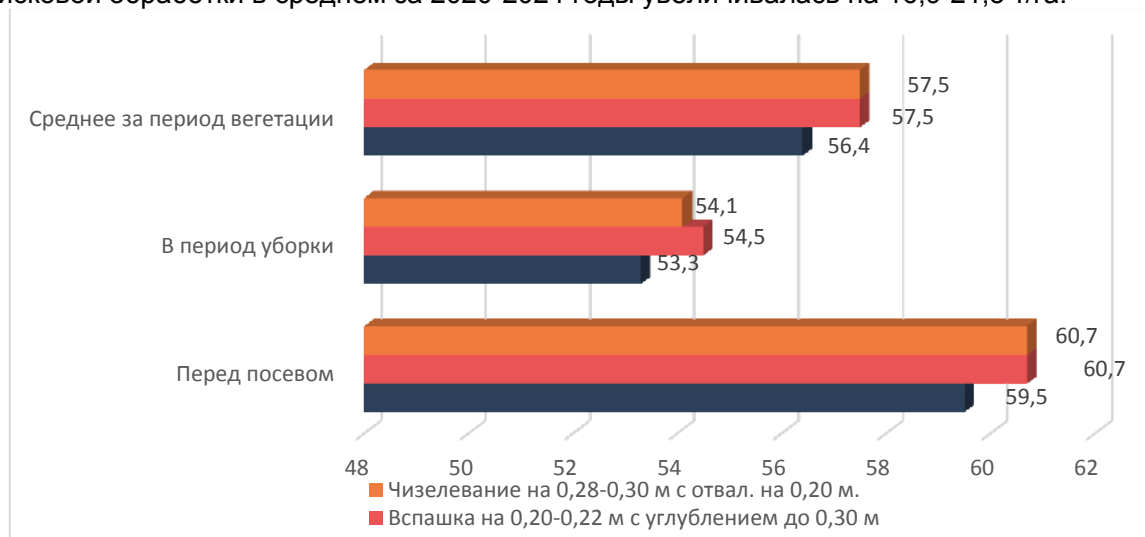


Рисунок 1 – Порозность почвы в опытах с капустой белокочанной в среднем за 2020-2024 годы, %
Figure 1 – Soil porosity in experiments with white cabbage on average for 2020-2024, %

Наибольшая урожайность капусты белокочанной была установлена у гибрида Конгама на варианте чизелевания на глубину 0,28-0,30 м с оборотом пласта на 0,20 м равнялась 77,5 т/га, что оказалось на 32,1 т/га, или на 71 % больше наименьшего значения.

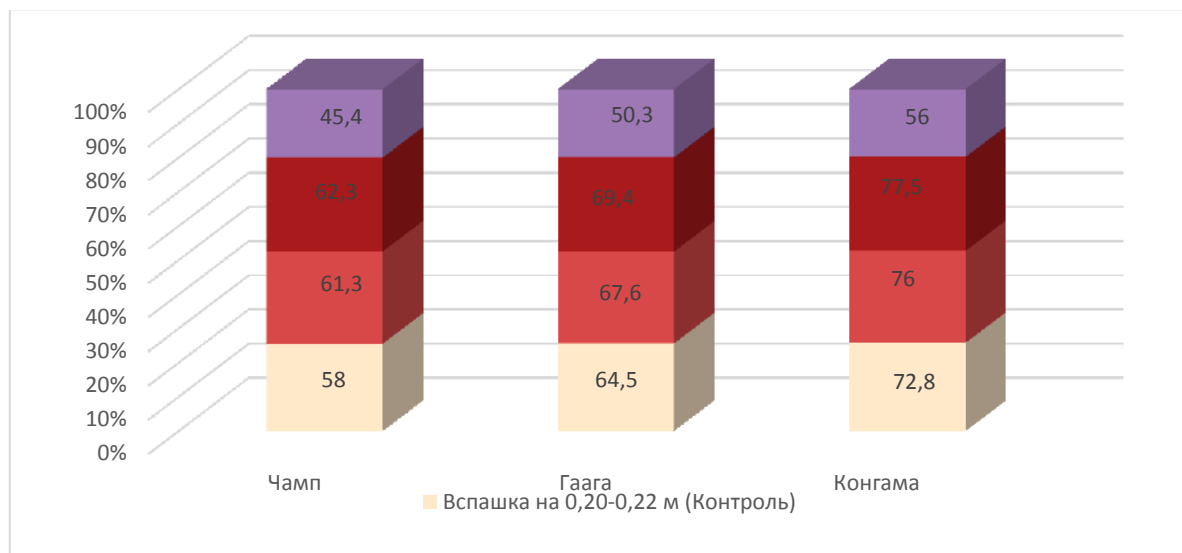


Рисунок 2 – Урожайность капусты белокочанной в опыте с основной обработкой почвы в среднем за 2020-2024 годы, т/га
Figure 2 – Yield of white cabbage in the experiment with basic tillage on average for 2020-2024, t/ha

Наименьший коэффициент энергетической эффективности в наших исследованиях по возделыванию капусты белокочанной в опыте с основной обработкой почвы в среднем за 2020-2024 годы формировался у гибрида Чамп на варианте мелкой дисковой обработки БДМ 4х4 на глубину 0,14-0,16 м и составлял 0,88 ед. У гибрида Гаага на данном варианте основной обработки почвы коэффициент энергетической эффективности был на 0,09 ед.

больше. У гибрида Конгама на данном варианте основной обработки почвы коэффициент энергетической эффективности был на 0,11 ед. больше, чем у гибрида Гаага и на 0,20 ед. больше, чем у гибрида Чамп. Коэффициент энергетической эффективности на варианте вспашки плугом ПНЗ-35 на глубину 0,20-0,22 м по сравнению с вариантом мелкой дисковой обработки увеличивался на 0,17-0,23 ед. На варианте вспашки плугом ПНЗ-35 на глубину 0,20-0,22 м с углублением до 0,30 м коэффициент энергетической эффективности у капусты белокочанной по сравнению с вариантом мелкой дисковой обработки увеличивался на 0,20-0,26 ед. На варианте чизелевания на глубину 0,28-0,30 м с оборотом пласта на 0,20 м количество энергии в урожае капусты белокочанной по сравнению с вариантом мелкой дисковой обработки в среднем за 2020-2024 годы увеличивалось на 0,23-0,30 ед.

Наибольший коэффициент энергетической эффективности капусты белокочанной был установлен у гибрида Конгама на варианте чизелевания на глубину 0,28-0,30 м с оборотом пласта на 0,20 м равнялся 1,38 ед., что оказалось на 0,46 ед, или на 52 % больше наименьшего значения.

Таблица 2 – Энергетическая эффективность капусты белокочанной в опыте с основной обработкой почвы в среднем за 2020-2024 годы

Table 2 – Energy efficiency of white cabbage in the experiment with basic tillage on average for 2020-2024

Основная обработка почвы / Basic tillage	Гибриды / Hybrids	Количество энергии в урожае, МДж/га / The amount of energy in the crop, MJ/ha	Затраты энергии, в урожае, МДж/га / Energy expenditure in the harvest, MJ/ha	Коэффициент энергетической эффективности, ед. / Energy efficiency coefficient, units
Вспашка на 0,20-0,22 м (Контроль) / Ploughing at 0.20-0.22 m (Control)	Чамп / Champ	47125	45000	1,05
	Гаага / Hague	52405	45000	1,16
	Конгама / Kongama	59150	45000	1,31
Вспашка на 0,20-0,22 м с углублением до 0,30 м / Ploughing at 0.20-0.22 m with a depth of up to 0.30 m	Чамп / Champ	49806	46000	1,08
	Гаага / Hague	54925	46000	1,19
	Конгама / Kongama	61750	46000	1,34
Чизелевание на 0,28-0,30 м с отвал. на 0,20 м / Chiseling at 0.28-0.30 m with a blade. 0.20 m	Чамп / Champ	50619	45500	1,11
	Гаага / Hague	56387	45500	1,24
	Конгама / Kongama	62968	45500	1,38
Дискование БДМ 4х4 на 0,14-0,16 м / Diking BDM 4x4 at 0.14-0.16 m	Чамп / Champ	36887	42000	0,88
	Гаага / Hague	40869	42000	0,97
	Конгама / Kongama	45500	42000	1,08

Закключение. При возделывании капусты белокочанной в условиях светло-каштановых почв Нижнего Поволжья в виде приёмов основной обработки почвы рекомендуется применять чизелевание на глубину 0,28-0,30 м с оборотом пласта до 0,20 м и гибрид Конгама.

Conclusions. When cultivating white cabbage in the conditions of light chestnut soils of the Lower Volga region, it is recommended to use chiseling to a depth of 0.28-0.30 m with a layer rotation of up to 0.20 m and the Kongam hybrid in the form of basic tillage.

Библиографический список

1. Анишко М. Ю., Щепотько Н. А. Влияние фотосинтетической деятельности на урожайность белокочанной капусты при капельном орошении на светло-каштановых почвах Волгоградской области. Проблемы АПК региона. 2023. № 3. С. 12-15.
2. Анишко М. Ю., Щепотько Н. А. Влияние способов обработки почвы на продуктивность белокочанной капусты в Нижнем Поволжье. Аграрная Россия. 2023. № 8. С. 18-21.

3. Бородычев В. В., Щепотко Н. А. Водный режим почвы и продуктивность белокочанной капусты при капельном орошении. Научная жизнь. 2017. № 8. С. 42-51.
4. Бородычев В. В., Щепотко Н. А. Вопросы капельного орошения и фертигации белокочанной капусты в Волгоградской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 167-175.
5. Бородычев В. В., Щепотко Н. А. Обработка почвы, минеральное питание и капельное орошение капусты белокочанной в Нижнем Поволжье. Плодородие. 2017. № 3 (96). С. 23-25.
6. Давлетбаева О. Р., Костенко Г. А., Терешонкова Т. А., Егорова А. А., Соколова Л. М. Капуста: устойчивость к сосудистому бактериозу. Картофель и овощи. 2016. № 3. С. 35-36.
7. Прокопов В. А., Монахос Г. Ф., Костенко Г. А. Комбинаторная способность линий белокочанной капусты. Картофель и овощи. 2015. № 12. С. 36-38.
8. Прокопов В. А., Монахос Г. Ф., Костенко Г. А. Результаты селекции капусты на устойчивость к табачному трипсу. Картофель и овощи. 2016. № 1. С. 36-38.
9. Аксеньюк А. А., Якимович А. В. Разработка элементов технологии выращивания ультраранней капусты. Овощеводство и тепличное хозяйство. 2014. № 12. С. 15-16.
10. Ахмедов А. Д., Кравцов А. А. Влияние режима орошения и минерального питания на урожайность капусты при капельном орошении. Овощеводство и тепличное хозяйство. 2015. № 10. С. 47-50.
11. Есаулко А. Н., Селиванова М. В., Проскуриков Ю. П., Есаулко Н. А. Сравнительная оценка средне-спелых гибридов белокочанной капусты в условиях зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 3. С. 146-148.
12. Чефонова Н. В. Мульчирование почвы при выращивании капусты белокочанной позднеспелой при капельном орошении. Овощи России. 2014. № 3. С. 64-67.

References

1. Anishko M. Yu., Shchepotko N. A. The influence of photosynthetic activity on the yield of white cabbage during drip irrigation on light chestnut soils of the Volgograd region. Problems of the agroindustrial complex of the region. 2023. No. 3. Pp. 12-15.
2. Anishko M. Yu., Shchepotko N. A. The influence of tillage methods on the productivity of white cabbage in the Lower Volga region. Agrarian Russia. 2023. No. 8. Pp. 18-21.
3. Borodychev V. V., Shchepotko N. A. The water regime of the soil and productivity of white cabbage under drip irrigation. Scientific life. 2017. No. 8. Pp. 42-51.
4. Borodychev V. V., Shchepotko N. A. Issues of drip irrigation and fertigation of white cabbage in the Volgograd region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher professional education. 2018. No. 1 (49). Pp. 167-175.
5. Borodychev V. V., Shchepotko N. A. Soil cultivation, mineral nutrition and drip irrigation of white cabbage in the Lower Volga region. Fertility. 2017. No. 3 (96). Pp. 23-25.
6. Davletbaeva O. R., Kostenko G. A., Tereshonkova T. A., Egorova A. A., Sokolova L. M. Cabbage: resistance to vascular bacteriosis. Potatoes and vegetables. 2016. No. 3. Pp. 35-36.
7. Prokopov V. A., Monakhos G. F., Kostenko G. A. Combinatorial ability of white cabbage lines. Potatoes and vegetables. 2015. No. 12. Pp. 36-38.
8. Prokopov V. A., Monakhos G. F., Kostenko G. A. Results of cabbage breeding for resistance to tobacco thrips. Potatoes and vegetables. 2016. No. 1. Pp. 36-38.
9. Aksenyuk A. A., Yakimovich A. V. Development of elements of technology for growing ultra-early cabbage. Vegetable growing and greenhouse farming. 2014. № 12. Pp. 15-16.
10. Akhmedov A. D., Kravtsov A. A. Influence of irrigation regime and mineral nutrition on cabbage yield during drip irrigation. Vegetable growing and greenhouse farming. 2015. No. 10. Pp. 47-50.
11. Esaulko A. N., Selivanova M. V., Proskurnikov Yu. P., Esaulko N. A. Comparative assessment of medium-ripened hybrids of white cabbage in the conditions of unstable moistening zone of the Stavropol Territory. Bulletin of the Agroindustrial Complex of Stavropol. 2015. No. 3. Pp. 146-148.
12. Cefonova N. V. Soil mulching during the cultivation of late-ripening white cabbage with drip irrigation. Vegetables of Russia. 2014. No. 3. Pp. 64-67.

Информация об авторах

Плескачëв Юрий Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID 0000-0001-5771-5021, e-mail: pleskachiov@yandex.ru

Тютюма Наталья Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, директор, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черныярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, 8), ORCID-0000-0001-6582-2628, e-mail: pniaz@mail.ru

Старцев Сергей Викторович, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черныярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, 8), ORCID-0000-0001-6582-2628; e-mail: sergey_170787@mail.ru

Authors' Information

Pleskachev Yuri Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID 0000-0001-5771-5021, e-mail: pleskachiov@yandex.ru

Tutyuma Natalya Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the Russian academy of sciences, Director, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsk district, Solenoye Zaimishche, Severny quarter, 8), ORCID-0000-0001-6582-2628, e-mail: pniaz@mail.ru

Startsev Sergey Viktorovich, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsk district, Solenoye Zaimishche, Severny quarter, 8), ORCID-0000-0001-6582-2628, e-mail: sergey_170787@mail.ru

THE ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF COTTON CROP FORMATION WITH DRIP IRRIGATION BASED ON THE RESULTS OF SATELLITE AND FIELD OBSERVATIONS**Khodyakov E. A., Kusaiko A. S., Bondarenko K. V., Milovanov S. G.***Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: E419829@yandex.ru

Received 04.05.2025

Submitted 02.06.2025

Summary

The article presents the results of remote sensing and field observations of cotton crops during drip irrigation in the Lower Volga region. The dynamics of the NDVI vegetation index by the phases of plant growth and development are established. The use of special software for assessing the deviation of the efficiency of cotton crop formation from the "analog year" with a yield of 3 t/ha is proposed.

Abstract

Introduction. In the Lower Volga region, where climatic conditions are less favorable than in traditional cotton-growing areas, the implementation of modern precision agriculture technologies becomes crucial for enhancing crop productivity and agroecosystem sustainability. **Object.** The study focuses on the cotton variety "PGSSKh-1," cultivated on light chestnut soils of the Lower Volga region under drip irrigation. **Materials and methods.** Field experiments were conducted from 2019 to 2021 at the experimental plots of the "Gornaya Polyana" Educational and Research Center (Volgograd State Agrarian University). Cotton was grown under drip irrigation with maintained pre-irrigation soil moisture levels of 70-70-65 % of field capacity (FC) and mineral fertilizer application rates of N105P45K34 kg a.i./ha. The "GIS-GeoProfi-2.0" software complex was developed and employed to process remote sensing data (Sentinel-2 satellite imagery) and calculate vegetation indices (NDVI). The "analogue year" method was used to analyze the impact of weather and agro technical factors on yield. **Results and conclusion.** Three-year monitoring revealed the effects of agro climatic conditions, water availability, and thermal regime on cotton development across phenological phases, assessed through NDVI dynamics. Temperatures of air below +10 °C during the initial growth phase ("Sowing – End of leaf formation") delayed cotton development (15 % yield reduction in 2020). Conversely, elevated temperatures during "Bud formation – Flowering" and "Fruit setting – Ripening" phases compensated for growth retardation, evidenced by a 0.29-unit NDVI increase and maximum yield achievement (3.4 t/ha in 2021). Water supply remained stable (2037-2155 m³/ha) throughout the study period, with critical importance of enhanced irrigation during peak vegetative stages.

Keywords: cotton, cotton drip irrigation, cotton monitoring, analogue year, soil conditions of cultivation, cotton water availability, remote sensing.

Citation. Khodyakov E. A., Kusaiko A. S., Bondarenko K. V., Milovanov S. G. The assessment of the efficiency of cotton crop formation with drip irrigation based on the results of satellite and field observations. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 84-99 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-09.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, implementation or analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare that they have no conflict of interest.

УДК 528.7:631.6:33.511

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СПУТНИКОВЫХ И ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ**Ходяков Е. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор****Кусаико А. С., аспирант****Бондаренко К. В., кандидат сельскохозяйственных наук****Милованов С. Г., кандидат сельскохозяйственных наук***ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация*

Актуальность. В условиях Нижнего Поволжья, где климатические условия не столь благоприятны, как в традиционных регионах выращивания хлопчатника, актуальным становится внедрение современных технологий точного земледелия для повышения урожайности и устойчивости агроценозов. **Объект.** Хлопчатник сорта «ПГССХ-1», выращиваемый на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья при капельном орошении. **Материалы и методы.** В 2019-2021 гг. проведены полевые исследования на опытных участках УНПЦ «Горная Поляна» Волгоградского ГАУ по выращиванию хлопчатника при капельном орошении при поддержании предполивная влажность почвы 70-70-65 % НВ, внесении минеральные удобрения в дозах N105P45K34 кг д.в./га. Разработан и применен программный комплекс «Гис-ГеоПрофи-2.0» для обработки данных дистанционного зондирования (космические снимки Sentinel-2) и расчета вегетационных индексов (NDVI). Использован метод

«год-аналог» для анализа влияния погодных и агротехнических факторов на урожайность. **Результаты и выводы.** Проведен трехлетний мониторинг влияния агроклиматических условий, влаго- и теплообеспеченности на развитие хлопчатника в межфазные периоды с оценкой динамики вегетационного индекса NDVI. Установлено, что температуры воздуха ниже +10 °С в начальный период вегетации («Посев – окончание образования листьев») замедляли развитие хлопчатника (снижение урожайности в 2020 году на 15 %). В то же время повышенные температуры на этапах «Бутонизация – цветение» и «Начало плодообразования – созревание» способствовали компенсации отставания в росте, что подтвердилось ростом индекса NDVI на 0,29 ед. и достижением максимальной урожайности 3,4 т/га в 2021 году. Водообеспеченность в течение трёх лет оставалась стабильной (2037-2155 м³/га), при этом ключевое значение имело её усиление в периоды активной вегетации.

Ключевые слова: хлопчатник, капельное орошение хлопчатника, мониторинг хлопчатника, год-аналог, почвенные условия возделывания, водообеспеченность хлопчатника, дистанционное зондирование.

Цитирование. Ходяков Е. А., Кусайко А. С., Бондаренко К. В., Милованов С. Г. Оценка эффективности формирования урожая хлопчатника при капельном орошении по результатам спутниковых и полевых наблюдений. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 84-99. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-09.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время хлопковое волокно, столь необходимое для использования в медицине, текстильной и оборонной отраслях народного хозяйства, поступает в Россию в основном из центральноазиатских республик (Узбекистан, Казахстан и Киргизия). Существенное влияние на хлопковую отрасль оказывают геополитические и экономические интересы других крупных стран, таких как Китай, который также заинтересован в обеспечении доступа к сырью и поддержке экспорта из Центральной Азии. Это создаёт дополнительные вызовы для России, стремящейся поддерживать своё присутствие и экспортные позиции в регионе [1].

Следует отметить, что климатические условия для выращивания хлопчатника в России менее благоприятны, чем в этих странах. Эта культура очень чувствительна к холодным ночам и низким дневным температурам. На юге России и в районах с поздними весенними заморозками это приводит к замедленному прорастанию и росту, что снижает урожайность. Но следует отметить, что по оценкам Росгидромета самое быстрое потепление происходит летом на юге Европейской части России – примерно в 2,5 раза интенсивнее, чем в среднем по земному шару [2]. Это, наряду с выведением сортов и гибридов, адаптированных к нашим почвенно-климатическим условиям, может положительно сказаться на распространении агроценоза экономически выгодного выращивания хлопчатника на территории Нижнего Поволжья [3].

Зарубежный опыт управления водными ресурсами при выращивании хлопчатника [6] подтверждает актуальность и эффективность использования капельного орошения для снижения расхода оросительной воды и повышения урожайности хлопчатника в условиях возрастающего дефицита пресных вод и изменения климата.

В 2019-2021 гг. научные исследования по выращиванию хлопчатника при разных способах полива сопровождались полным спектром сопутствующих наблюдений и всесторонней обработкой полученных результатов. Их проводили профессор Ходяков Е. А. со своими аспирантами Бондаренко К. В. и Кусайко А. С. на опытных полях в Учебном научно-производственном центре «Горная Поляна» Волгоградского ГАУ [4, 5].

С целью внедрения инструментов точного земледелия и разработки методических основ дистанционного мониторинга хлопчатника был разработан программный комплекс «Гис-ГеоПрофи-2.0», позволяющий совместно использовать текущую полевую информацию и данные космической съемки. В программном комплексе реализованы алгоритмы автоматического расчета вегетационных индексов, анализа неоднородности посевов и выявления деградационных процессов. В рамках разработки программного обеспечения были изучены научно-методические наработки К. Кудача, Д. И. Руковича, А. Садики, Х. Ванга и др. [6-10] по управлению и мониторингу выращивания хлопчатника.

Материалы и методы. Светло-каштановые почвы опытных участков УНПЦ «Горная Поляна», на которых проводили исследования, характеризуются низким содержанием гумуса (1-2 %) и обладают низкой водоудерживающей способностью, что усугубляет влияние климатической аридности и влечёт за собой необходимость в регулярной обработке для предотвращения уплотнения и улучшения аэрирования [11]. Грунтовые воды на водный режим почвы не влияли, поскольку они находились на глубине свыше 3 м.

Оценку погодных условий в период проведения полевых опытов выполняли по гидротермическому коэффициенту Селянинова Г. Т., который определялся как отношение суммы выпавших осадков к сумме среднесуточных температур воздуха, полученных по данным интернет-метеостанции «СОКОЛ-М», расположенной на опытном участке. По этому показателю погодные условия в 2019-2021 гг. характеризовались как острозасушливые поскольку ГТК были меньше 0,4 и равны: $ГТК_{2019} = 0,27$; $ГТК_{2020} = 0,15$; $ГТК_{2021} = 0,11$.

Исследования проводили с ультраскороспелый сортом хлопчатника «ПГССХ-1», выведенным совместно селекционерами из Волгоградского ГАУ и Ташкента специально для почвенно-климатических условий Волгоградской области [12].

На исследуемом участке в течение трех лет поддерживалась предполивная влажность почвы 70-70-65 % НВ в активном слое 0,5 м и минеральные удобрения вносили дозами N105P45K34 кг д.в./га под урожайность 3 т/га. Посевы хлопчатника ежегодно чередовались с посевами сои. Такой подход увеличивает содержание азота в почве за счет симбиоза с азотфиксирующими бактериями [13], помогает разорвать жизненный цикл болезней и вредителей, специфичных для хлопчатника, что снижает необходимость использования пестицидов [14].

При использовании программного комплекса «Гис-ГеоПрофи-2.0» исследование было направлено на анализ динамики нормализованного вегетационного индекса (NDVI) в зависимости от фаз развития хлопчатника, погодных условий и водообеспеченности, а также выявление закономерностей, связывающих спектральные характеристики с урожайностью хлопчатника.

В каждом полевом сезоне были получены и обработаны не менее 20 космических снимков со спутника Sentinel-2. Средний интервал между съемками составил 6-8 дней. В ходе предварительной обработки космических снимков были устранены эффекты рассеяния и воздействия атмосферы, исключены зоны облачности и теней.

В программном комплексе «Гис-ГеоПрофи-2.0» с помощью алгоритма выполнялось определение неравномерности развития посевов на основе перевода неравномерности распределения NDVI в цифровое значение среднеквадратического отклонения (СКО), с последующей организацией автоматического вычисления этого параметра на протяжении всего вегетационного периода. Пороговое значение среднеквадратического отклонения установлено экспериментально на уровне 0,07единиц.

Результаты и обсуждение. По результатам тематической обработки мультиспектральных космических снимков Sentinel-2 в 2019-2021 гг. составлены таблицы 1-3 и графики изменения вегетационного индекса NDVI (рисунки 1-3) в зависимости от фаз роста и развития хлопчатника.

Таблица 1 – Изменение NDVI по фазам роста и развития хлопчатника при капельном орошении в 2019 году

Table 1 – NDVI change by phases of cotton growth and development during drip irrigation in 2019

№	Фазы роста и развития хлопчатника / Phases of growth and development of cotton	Дата съемки / Date of shooting	NDVI	СКО NDVI
1	Посев / Sowing	11.05.2019	0,130	0,007
2	Массовые всходы / Mass sprouts	17.05.2019	0,131	0,010
3	Второй настоящий лист / Second Real Leaf	25.05.2019	0,135	0,008
4	Третий настоящий лист / Third True Leaf	02.06.2019	0,139	0,006
5	Четвёртый настоящий лист / Fourth Present Leaf	14.06.2019	0,176	0,012
6	Начало бутонизации / Budding Initiation	22.06.2019	0,236	0,029
7	Массовая бутонизация / Mass budding	27.06.2019	0,285	0,054
8	Начало цветения / The beginning of flowering	07.07.2019	0,342	0,056
9		14.07.2019	0,455	0,050
10	Массовое цветение / Mass flowering	19.07.2019	0,473	0,053
11		29.07.2019	0,609	0,061
12		01.08.2019	0,686	0,050
13		13.08.2019	0,612	0,085
14		18.08.2019	0,576	0,083
15		21.08.2019	0,567	0,078
16		26.08.2019	0,518	0,098
17		28.08.2019	0,564	0,073
18	Начало раскрытия коробочек / The beginning of the opening of the boxes	31.08.2019	0,569	0,060
19		05.09.2019	0,524	0,092
20		07.09.2019	0,534	0,072
21		10.09.2019	0,527	0,075
22	Массовое раскрытие коробочек / Mass opening of boxes	12.09.2019	0,493	0,080
23		17.09.2019	0,512	0,061
24	Учет урожая / Crop accounting	12.10.2019	0,297	0,044



Рисунок 1 – График изменения вегетационного индекса NDVI для хлопчатника в 2019 году при капельном орошении

Figure 1 – NDVI vegetation index for cotton during drip irrigation in 2019

Таблица 2 – Изменение NDVI по фазам роста и развития хлопчатника при капельном орошении в 2020 г.

Table 2 – NDVI change by phases of cotton growth and development during drip irrigation in 2020

№	Фазы роста и развития хлопчатника / Phases of growth and development of cotton	Дата съемки / Date of shooting	NDVI	СКО NDVI
1	Посев / Sowing	12.05.2020	0,115	0,010
2	Массовые всходы / Mass sprouts	27.05.2020	0,118	0,009
3	Формирование первого настоящего листа / Formation of the first sheet	08.06.2020	0,128	0,009
4	Второй настоящий лист / Second Real Leaf	13.06.2020	0,127	0,009
5	Четвёртый настоящий лист / Fourth Present Leaf	28.06.2020	0,154	0,007
6		01.07.2020	0,178	0,009
7	Начало бутонизации / Budding Initiation	08.07.2020	0,189	0,008
8	Массовая бутонизация / Mass budding	13.07.2020	0,246	0,008
9		16.07.2020	0,313	0,014
10	Начало цветения / The beginning of flowering	26.07.2020	0,445	0,025
11	Массовое цветение / Mass flowering	28.07.2020	0,463	0,032
12		05.08.2020	0,467	0,030
13	Начало плодообразования / The beginning of fruit formation	07.08.2020	0,459	0,028
14	Массовое плодообразование / Mass fruiting	15.08.2020	0,646	0,032
15		17.08.2020	0,638	0,045
16		20.08.2020	0,613	0,048
17		22.08.2020	0,629	0,053
18		27.08.2020	0,655	0,040
19		04.09.2020	0,665	0,044
20		21.09.2020	0,687	0,036
21		26.09.2020	0,524	0,0362
22	Массовое раскрытие коробочек / Mass opening of boxes	11.10.2020	0,394	0,034

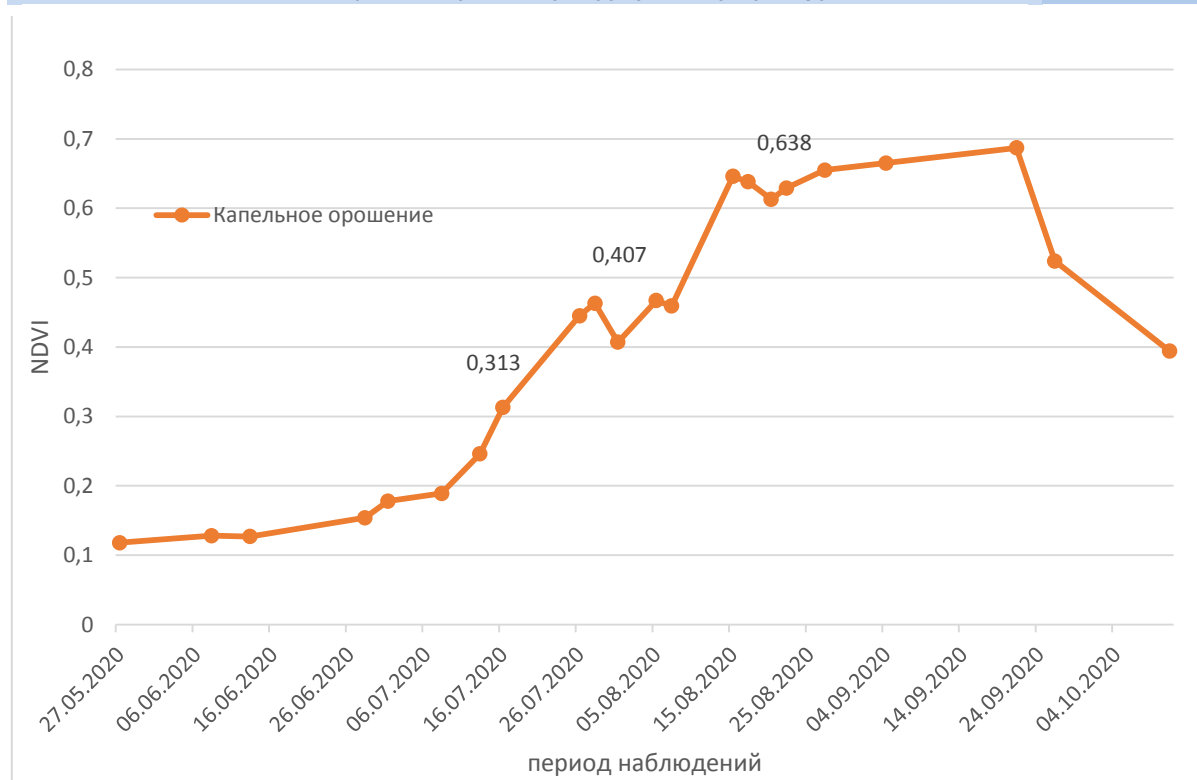


Рисунок 2 – График изменения вегетационного индекса NDVI для хлопчатника при капельном орошении в 2020 году

Figure 2 – NDVI vegetation index for cotton during drip irrigation in 2020

Таблица 3 – Изменение NDVI по фазам роста и развития хлопчатника при капельном орошении в 2021 г.

Table 3 – NDVI change by phases of cotton growth and development during drip irrigation in 2021

№	Фазы роста и развития хлопчатника / Phases of growth and development of cotton	Дата съемки / Date of shooting	NDVI	СКО NDVI
1	Посев / Sowing	12.05.2021	0,165	0,004
2	Первый настоящий лист / The first real leaf	29.05.2021	0,161	0,002
3	Второй настоящий лист / Second Real Leaf	01.06.2021	0,164	0,000
4	Четвёртый настоящий лист / Fourth Present Leaf	16.06.2021	0,206	0,005
5		21.06.2021	0,192	0,002
6	Начало бутонизации / Budding Initiation	08.07.2021	0,33	0,013
7		13.07.2021	0,392	0,025
8	Массовое цветение / Mass flowering	21.07.2021	0,462	0,032
9	Начало плодообразования / The beginning of fruit formation	31.07.2021	0,546	0,030
10		02.08.2021	0,567	0,034
11	Массовое плодообразование / Mass fruiting	07.08.2021	0,585	0,026
12		12.08.2021	0,626	0,032
13		17.08.2021	0,651	0,026
14		25.08.2021	0,754	0,033
15		06.09.2021	0,713	0,019
16	Начало раскрытия коробочек / The beginning of the opening of the boxes	14.09.2021	0,597	0,023
17	Массовое раскрытие коробочек / Mass opening of boxes	16.09.2021	0,617	0,032
18		01.10.2021	0,488	0,011
19		06.10.2021	0,32	0,019
20	Учёт урожая / Crop accounting	09.10.2021	0,307	0,005

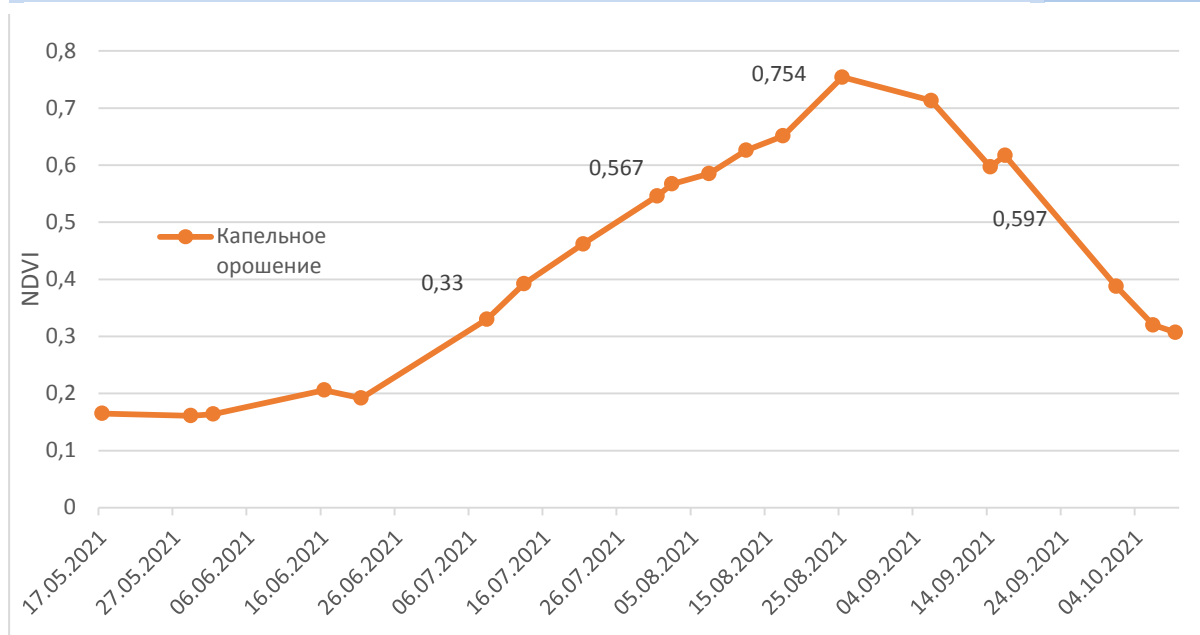


Рисунок 3 – График изменения вегетационного индекса NDVI для хлопчатника при капельном орошении в 2021 году

Figure 3 – NDVI vegetation index for cotton during drip irrigation in 2021

Для оценки динамики NDVI в 2019-2021 гг. вегетационный период хлопчатника был разделен на четыре межфазных периода, которые были проанализированы совместно с данными дистанционного зондирования:

1. «Посев – окончание образования листьев». На этом этапе растительность только начинает развиваться, поэтому индекс NDVI остается относительно низким. Почва ещё занимает значительную часть видимой поверхности, особенно если растения размещены с широкими междурядьями.

2. «Бутонизация – цветение». В этот период вегетативная масса растений активно растёт, площадь листьев увеличивается, и фотосинтетическая активность достигает средних значений.

3. «Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек)». Развитие хлопчатника от фазы начала плодообразования до полного созревания (раскрытия коробочек) сопровождалось характерным изменением индекса NDVI: значения увеличивались до максимума (0,6-0,7), что связано с активным ростом листовой поверхности и высокой фотосинтетической активностью. В дальнейшем, по мере снижения фотосинтетической активности из-за потери части листы и перераспределения ресурсов растений на созревание и раскрытие коробочек, индекс NDVI снижался до значений, близких к 0,5.

4. «Массовое раскрытие коробочек – учет урожая». После массового раскрытия коробочек происходит существенное снижение значений NDVI в результате дефолиации до значений близких к 0,3.

Таким образом, исследования продемонстрировали (таблицы 1, 2, 3 и рисунки 1, 2, 3) характерную динамику NDVI хлопчатника при капельном поливе для соответствующих фаз роста и развития растений на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья.

С целью оценки влияния агроклиматических условий и теплообеспеченности на рост и развитие хлопчатника использовались как суммарные значения температур и активных температур воздуха (выше 10 °C), так и среднесуточные значения. Анализ влагообеспеченности посевов проводился на основе данных режимов орошения (величины поливных норм, количества и сроков проведения поливов), объёмов выпавших осадков и почвенных влагозапасов, с последующим расчётом суммарного водопотребления.

Сравнительный анализ вегетации хлопчатника в течение трёх лет исследований был основан на методе «год-аналог». В качестве эталонного года (таблица 4) был выбран 2019 год.

Таблица 4 – Результаты мониторинга выращивания хлопчатника в 2019 году при капельном орошении
Table 4 – Results of cotton cultivation monitoring in 2019 during drip irrigation

№	Межфазный период / Interphase period	Продолжительность, Т, дн. / Duration, T, days	Сумма температур воздуха, $\sum t^{\circ}\text{C}$ / Sum of air temperatures, $\sum t^{\circ}\text{C}$	Сумма активных температур, $\sum t^{\circ}\text{C}$ актив / Sum of active temperatures, $\sum t^{\circ}\text{C}$ asset	Средн. сут. активные температур, $t_{cp}^{\circ}\text{C}$ актив / Average day active temperatures, $TCP^{\circ}\text{C}$ active	Диапазон значений NDVI / Range of values NDVI	Изменение NDVI / Change NDVI
1	Посев – окончание образования листьев / Sowing – the end of leaf formation	42 дня 11.05.-22.06 / 42 Days 11.05.-22.06	988	568	14	0,14-0,24	Нарастание биомассы +0,10 / Biomass growth +0,10
2	Бутонизация – цветение / Budding – flowering	30 дней 23.06.-22.07 / 30 Days 23.06.-22.07	709	410	14	0,24-0,51	Нарастание биомассы +0,27 / Biomass build-up +0,27
3	Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек) / The beginning of fruit formation is ripening (opening of the bolls)	57 дней 23.07.-17.09 / 57 Days 23.07.-17.09	1232	662	12	0,51-0,69-0,51	Пирамид. изменение +0,18 -0,18 / Pyramids change +0,18 -0,18
4	Массовое раскрытие коробочек – созревание / Mass opening of bolls – maturation	18 дней 18.09.-05.10 / 18 Days 18.09.-05.10	213	43	2	0,51-0,30	Снижение NDVI -0,21 / Reduction NDVI -0,21
5	Суммарные значения / Totals	147	3142	1673			

В этот год первый межфазный период «Посев – окончание образования листьев» продолжался 42 дня с 11 мая по 22 июня. Сумма температур воздуха составила 988, а среднесуточное значение активных температур (выше 10°C) – 14°C . Эти показатели свидетельствовали о благоприятных температурных условиях для роста хлопчатника в этот период. Почвенные влагозапасы (разница во влажности почвы в рассматриваемом периоде в слое почвы 1,5 м) за этот период практически не изменились и составили – $5 \text{ м}^3/\text{га}$ (таблица 5). Компенсация испарения и потребления влаги растениями произошла за счет выпавших атмосферных осадков и поливов (одного послепосевного капельного полива нормой $130 \text{ м}^3/\text{га}$ и одного вегетационного полива $190 \text{ м}^3/\text{га}$). В итоге суммарное водопотребление составило $500 \text{ м}^3/\text{га}$, а среднесуточное водопотребление – $11,9 \text{ м}^3/\text{га}$ в сутки. Индекс NDVI увеличился на 0,10 единицы (от 0,14 до 0,24).

Таблица 5 – Режим орошения и водопотребление хлопчатника в 2019 году при капельном орошении
Table 5 – Cotton irrigation regime in 2019 during drip irrigation

№	Межфазный период / Interphase period	Продолжительность, Т, дн / Duration, T, days	Количество поливов / поливная норма, М м ³ /га / Number of irrigations / irrigation rate, M m ³ /ha	Осадки, Р м ³ /га / Precipitation, P m ³ /ha	Почвенные влаготзапасы, ΔW м ³ /га / Soil moisture reserves, ΔW m ³ /ha	Суммарное водопотребл. в слое почвы 0,5 м, Е м ³ /га / Total water consumption in the soil layer 0.5 m, E m ³ /ha	Среднесуточное водопотребление, м ³ /га / Average daily water consumption, m ³ /ha
1	Посев – окончание образования листьев / Sowing – the end of leaf formation	42 дня 11.05.-22.06 / 42 Days 11.05.-22.06	1/130+1/190	185	-5	500	11,9
2	Бутонизация – цветение / Budding – flowering	30 дней 23.06.-22.07 / 30 Days 23.06.-22.07	1/190	320	-10	500	16,7
3	Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек) / The beginning of fruit formation is ripening (opening of the bolls)	57 дней 23.07.-17.09 / 57 Days 23.07.-17.09	1/190+1/220	207	165	782	13,7
4	Массовое раскрытие коробочек – сбор урожая / Mass opening of bolls – harvesting	18 дней 18.09.-05.10 / 18 Days 18.09.-05.10	0	125	130	255	14,2
5	Суммарные значения / Totals	147	920,0	837	280	2037	

Второй межфазный период «Бутонизация – цветение» наблюдался с 23 июня по 22 июля продолжительностью 30 дней. Продолжение благоприятных температурных условий для роста хлопчатника характеризовалось сохранением идентичной с первым межфазным периодом значением (14 °С) среднесуточных активных температур. Сумма температур воздуха в этот период составила 709, а активных – 410 °С. Осадки увеличились до 320 м³/га. Оросительная норма увеличилась за счёт проведения одного вегетационного капельного полива нормой 190 м³/га. При активном росте и накоплении биомассы хлопчатника это способствовало увеличению влагообеспеченности растений в результате, чего среднесуточное водопотребление возросло с 11,9 до 16,7 м³/га, а NDVI за этот период повысился от 0,24 до 0,51 на 0,27 единиц.

Длительность третьего межфазного периода «Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек)» составила 57 дней (с 23 июля по 17 сентября). Среднесуточная температура снизилась до 12 °С. Общая сумма температур воздуха составила 1232, а

активных – 662 °C. В этот период были выполнены 2 вегетационных капельных полива нормой 190 и 220 м³/га. Количество осадков снизилось до 207, но почвенные влагозапасы возросли до 165 м³/га. В результате суммарное водопотребление повысилось до 782 м³/га. Как известно [15], среднесуточное водопотребление хлопчатника достигает максимальных значений в период цветения. С началом плодоношения и созревания коробочек потребление воды снижается. В наших исследованиях среднесуточное водопотребление в этот период снизилось с 16,7 до 13,7 м³/га. В связи с этим индекс NDVI сначала достигал своего максимального значения 0,69, а затем плавно снижался до 0,51 единиц.

Четвёртый период развития хлопчатника «Массовое раскрытие коробочек – сбор урожая» продолжался 18 дней (с 18 сентября по 5 октября). В этот заключительный период развития хлопчатника среднесуточное значение активных температур снизилось до 2 °C, индекс NDVI также снижался до 0,3 единиц, что характерно для этого периода, среднесуточное водопотребление составило 14,2 м³/га, осадки составили 125 м³/га, в этот период вегетационные поливы не проводились.

Таблица 6 – Результаты мониторинга выращивания хлопчатника в 2020 году при поливе дождеванием
Table 6 – Results of cotton cultivation monitoring in 2020 during drip irrigation

№	Межфазный период / Interphase period	Продолжительность, Т, дн / Duration, T, days	Сумма температур воздуха, $\Sigma t^{\circ}\text{C}$ / Sum of air temperatures, $\Sigma t^{\circ}\text{C}$	Сумма активных температур, $\Sigma t^{\circ}\text{C}$ актив / Sum of active temperatures, $\Sigma t^{\circ}\text{C}$ asset	Средн. сут. активные температуры, $t_{cp}^{\circ}\text{C}$ актив / Average day active temperatures, $t_p^{\circ}\text{C}$ asset	Диапазон значений NDVI / Range of values NDVI	Изменение NDVI / Change in NDVI
1	Посев – окончание образования листьев / Sowing – the end of leaf formation	53 дня 15.05.-07.07 / 53 Days 15.05.-07.07	1166	636	12	0,14-0,18	Наращивание биомассы +0,04 / Biomass build-up +0,04
2	Бутонизация – цветение / Budding – flowering	31 день 08.07.-07.08 / 31 Days 08.07.-07.08	802	491	16	0,18-0,45	Наращивание биомассы +0,27 / Нарастание биомассы +0,27
3	Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек) / The beginning of fruit formation is ripening (opening of the bolls)	50 дней 08.08.-26.09 / 50 Days 08.08.-26.09	1011	511	10	0,45-0,69 - 0,52	Пирамид. изменение +0,24 -0,17 / Pyramids change +0,24 -0,17
4	Массовое раскрытие коробочек – сбор урожая / Mass opening of bolls – harvesting	18 дней 27.09.-14.10 / 18 Days 27.09.-14.10	287	107	6	0,52-0,39	Снижение NDVI -0,13 / NDVI Reduction -0,13
5	Суммарные значения / Totals	152	3266	1745			

В 2019 году показатель неравномерности развития хлопчатника на первом и втором этапах развития не превышал установленного порога среднеквадратического отклонения индекса NDVI (0,07). На третьем межфазном периоде, с 18 августа по 29 сентября, наблюдалось превышение пороговых значений, что произошло после достижения пика NDVI и перехода в фазу «Массовое плодообразование». Основной причиной отклонения стала неравномерная дефолиация, это не оказало значительного влияния на формирование урожая.

В 2019 году на экспериментальных полях хлопчатника УНПЦ «Горная поляна» Волгоградского ГАУ при капельном орошении была получена урожайность хлопка-сырца 3,3 т/га при поддержании предполивной влажности почвы 70-70-65 % НВ в активном слое 0,5 м и внесении минеральных удобрений дозами N105P45K34 кг д.в./га.

Для выполнения сравнительного анализа в таблицах 6 и 7 представлены результаты мониторинга выращивания хлопчатника при капельном орошении на экспериментальных полях УНПЦ «Горная поляна» Волгоградского ГАУ в 2020 г.

Таблица 7 – Режим орошения хлопчатника в 2020 году при капельном орошении
Table 7 – Cotton irrigation regime in 2020 during drip irrigation

№	Межфазный период / Interphase period	Продолжительность, Т, дн. / Duration, T, days	Количество поливов / поливная норма, М м ³ /га / Number of irrigations / irrigation rate, M m ³ /ha	Осадки, Р м ³ /га / Precipitation, P m ³ /ha	Почвенные влаготезапасы, ΔW м ³ /га / Soil moisture reserves, ΔW m ³ /ha	Суммарное водопотребление в слое почвы 0,5 м, Е м ³ /га / Total water consumption in the soil layer 0.5 m, E m ³ /ha	Среднесуточное водопотребление, м ³ /га / Average daily water consumption, m ³ /ha
1	Посев – окончание образования листьев / Sowing – the end of leaf formation	53 дня 15.05.-07.07 / 53 Days 15.05.-07.07	1/130+2/190	320	-157	673,0	12,7
2	Бутонизация – цветение / Budding – flowering	31 день 08.07.-07.08 / 31 Days 08.07.-07.08	1/190	120	160	470,0	15,2
3	Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек) / The beginning of fruit formation is ripening (opening of the bolls)	50 дней 08.08.-26.09 / 50 Days 08.08.-26.09	2/190+1/220	10	107	717,0	14,3
4	Массовое раскрытие коробочек – сбор урожая / Mass opening of bolls – harvesting	18 дней 27.09.-14.10 / 18 Days 27.09.-14.10	0	50	180	230,0	12,8
	Суммарные значения / Totals	152	1300	500	290	2090	

На основе методики «год аналог» с использованием данных мониторинга за 2019 год был проведен анализ влияния погодных факторов на урожайность хлопчатника при капельном орошении в каждом межфазном периоде в 2020 г. при обеспечении одинаковых параметров режима орошения и минерального питания.

Результаты мониторинга выращивания хлопчатника в 2020 году по сравнению с «годом-аналогом» в 2019 г.:

1. Межфазный период «Посев – окончание образования листьев»:

При сравнении первого межфазного периода 2020 года с «годом-аналогом» (2019 годом) выявлено, что его продолжительность увеличилась на 11 дней и составила 53 дня. Это связано с тем, что в 2020 году в этот период наблюдалось снижение среднесуточных температур ниже $+10^{\circ}\text{C}$ [16]. На этом этапе развития среднесуточное водопотребление в 2020 году составило $12,7 \text{ м}^3/\text{га}$, что на 7 % больше, чем в 2019 году. В 2019 году за этот период при капельном орошении был проведен один послепосевной полив нормой $130 \text{ м}^3/\text{га}$ и один вегетационный полив нормой $190 \text{ м}^3/\text{га}$. В 2020 году также выполнили один послепосевной полив нормой $130 \text{ м}^3/\text{га}$, но количество вегетационных поливов увеличилось до двух с нормой $190 \text{ м}^3/\text{га}$ каждый. Значение индекса NDVI на конец периода в 2020 году составило 0,18, что на 0,06 ниже, чем в 2019 году. Это свидетельствует о задержке развития хлопчатника по сравнению с «годом-аналогом».

2. Межфазный период «Бутонизация – цветение»:

Продолжительность второго межфазного периода «Бутонизация – цветение» в 2019 и 2020 годах практически не изменилась и составила 30-31 день. Прирост индекса NDVI также был практически одинаковым: 0,26-0,27 единиц. При этом среднесуточная активная температура в 2020 году оказалась выше на 2°C . Однако отставание по величине индекса NDVI сохранилось и составило – 0,06 по сравнению с «годом-аналогом». На этом этапе развития суммарное водопотребление, с учетом осадков и почвенных влагозапасов, при капельном орошении в 2019 году составило $500 \text{ м}^3/\text{га}$, а в 2020 году – $470 \text{ м}^3/\text{га}$. Таким образом, в 2020 году показатель снизился на $30 \text{ м}^3/\text{га}$, однако значения остаются близкими, что свидетельствует о стабильности водопотребления в оба года.

3. Межфазный период «Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек)»:

Продолжительность третьего межфазного периода в 2020 году составила 50 дней, что на 7 дней короче значений «года-аналога». Общая сумма температур воздуха в 2019 г. была 1232°C , в 2020 г. 1011°C . Значения индекса NDVI на этом этапе развития в обоих годах в обоих годах изменялись по схеме "рост-пик-снижение": сначала увеличивались до максимальных значений, а затем уменьшались. В 2020 году прирост NDVI составил $+0,27$, что позволило компенсировать отставание от 2019 года. Максимальное значение NDVI в обоих годах достигло 0,69, снизившись к концу периода до 0,51 в 2019 году и 0,52 в 2020 году. Среднесуточное водопотребление в 2020 году увеличилось до $14,3 \text{ м}^3/\text{га}$ (против $13,7 \text{ м}^3/\text{га}$ в 2019 году). В 2020 году было проведено три вегетационных полива (два нормой 190 и один нормой $220 \text{ м}^3/\text{га}$), тогда как в 2019 году – два полива (190 и $220 \text{ м}^3/\text{га}$).

4. Межфазный период «Массовое раскрытие коробочек – сбор урожая»:

Четвёртый период развития хлопчатника является заключительным, когда формирование урожая практически завершено. В этот период особое внимание уделяется экстремальным погодным условиям (ураганы, суховеи, заморозки), способным негативно повлиять на растения. В рассматриваемый период 2020 года такие явления зафиксированы не были. Среднесуточные активные температуры сохранялись на положительном уровне 6°C . Поливы в 2019 и 2020 годах на этом этапе не осуществлялись.

В 2020 году показатель неравномерности развития хлопчатника на протяжении всего вегетационного периода не превышал установленного порога среднеквадратического отклонения индекса NDVI, который составил 0,07.

Урожайность хлопка-сырца в 2020 году при капельном орошении составила $2,8 \text{ т/га}$ при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 70-70-65 % НВ в активном слое 0,5 м и внесении минеральных удобрений в дозах $\text{N}105\text{P}45\text{K}34 \text{ кг д.в./га}$. Урожайность оказалась на 15 % ниже, чем в «году-аналоге» (2019 году).

Результаты мониторинга выращивания хлопчатника при капельном орошении на экспериментальных полях УНПЦ «Горная поляна» Волгоградского ГАУ в 2021 г. представлены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – Результаты мониторинга выращивания хлопчатника в 2021 году при капельном орошении
Table 8 – Results of cotton cultivation monitoring in 2021 during drip irrigation

№	Межфазный период / Interphase period	Продолжительность, Т, дн. / Duration, T, days	Сумма температур воздуха, $\sum t^{\circ}\text{C}$ / Sum of air temperatures, $\sum t^{\circ}\text{C}$	Сумма активных температур, $\sum t^{\circ}\text{C}$ актив / Sum of active temperatures, $\sum t^{\circ}\text{C}$ asset	Средн. сут. активные температур, $t_{cp}^{\circ}\text{C}$ актив / Average day active temperatures, $TCP^{\circ}\text{C}$ active	Диапазон значений NDVI / Range of values NDVI	Изменение NDVI / Change in NDVI
1	Посев – окончание образования листьев / Sowing – the end of leaf formation	47 дней 05.05.-21.06 / 47 Days 05.05.-21.06	950	480	10	0,14-0,20	Нарастание биомассы +0,06 / Biomass build-up +0,06
2	Бутонизация – цветение / Бутонизация – цветение	30 дней 22.06.-21.07 / 30 Days 22.06.-21.07	850	550	18	0,20-0,46	Нарастание биомассы +0,26 / Biomass build-up +0,26
3	Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек) / The beginning of fruit formation is ripening (opening of the bolls)	57 дней 22.07.-16.09 / 57 Days 22.07.-16.09	1370	801	14	0,46-0,75-0,39	Пирамид. изменение +0,29 -0,36 / Pyramids change +0,29 -0,36
4	Массовое раскрытие коробочек – сбор урожая / Mass opening of bolls – harvesting	29 дней 17.09.-15.10 / 29 Days 17.09.-15.10	397	112	4	0,39-0,30	Снижение NDVI -0,09 / NDVI Reduction -0,09
5	Суммарные значения / Totals	163	3567	1943			

Таблица 9 – Режим орошения хлопчатника в 2021 году при капельном орошении
Table 9 – Cotton irrigation regime in 2021 during drip irrigation

№	Межфазный период / Interphase period	Продолжительность, Т, дн. / Duration, T, days	Количество поливов / поливная норма, М м³/га / Number of irrigations / irrigation rate, M m³/ha	Осадки, Р м³/га / Precipitation, P m³/ha	Почвенные влаготзапасы, ΔW м³/га / Soil moisture reserves, ΔW m³/ha	Суммарное водопотребл. в слое почвы 0,5 м, Е м³/га / Total water consumption in the soil layer 0.5 m, E m³/ha	Среднесуточное водопотребление, м³/га / Average daily water consumption, m³/ha
1	Посев – окончание образования листьев / Sowing – the end of leaf formation	47 дней 05.05.-21.06 / 47 Days 05.05.-21.06	1/130+1/190	210	-50	480,0	10,2
2	Бутонизация – цветение / Budding – flowering	30 дней 22.06.-21.07 / 30 Days 22.06.-21.07	2/190	40	80	500,0	16,7
3	Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек) / The beginning of fruit formation is ripening (opening of the bolls)	57 дней 22.07.-16.09 / 57 Days 22.07.-16.09	3/190	30	180	780,0	13,7
4	Массовое раскрытие коробочек – сбор урожая / Mass opening of bolls – harvesting	29 дней 17.09.-15.10 / 29 Days 17.09.-15.10	1/220	130	45	395,0	13,6
	Суммарные значения / Totals	163	1490,0	410	255	2155	

Результаты мониторинга выращивания хлопчатника в 2021 году при капельном орошении, с поддержанием предполивной влажности почвы 70-70-65 % НВ в активном слое 0,5 м и внесении минеральных удобрений дозами N105P45K34 кг д.в./га, также были проанализированы в сравнении с показателями 2019 года («года-аналога»).

Результаты мониторинга выращивания хлопчатника в 2021 году по сравнению с «годом-аналогом» в 2019 г.:

1. Межфазный период «Посев – окончание образования листьев»:

В 2021 году был проведен более ранний посев хлопчатника, что увеличило продолжительность межфазного периода до 47 дней. Окончание этого периода зафиксировано практически в те же сроки (21-22 июня), что и при более позднем посеве в 2019 году. Величина среднесуточного водопотребления в 2021 году составила 10,2 м³/га, что на 1,7 м³/га ниже показателя «года аналога». Снижение водопотребления обусловлено уменьшением среднесуточной активной температуры на 4 °С. Значение индекса NDVI на конец периода достигло 0,2, что на 16 % ниже, чем в «году аналоге». Полученные данные свидетельствуют, что ранний посев не привел к ускорению развития хлопчатника в условиях данного межфазного периода. Более низкие среднесуточные температуры способствовали замедлению развития растения.

2. Межфазный период «Бутонизация – цветение»:

Второй межфазный период в 2019 и 2021 годах продолжался 30 дней. Суммарное водопотребление в 2020 году составило 500 м³/га, а среднесуточное водопотребление – 16,7 м³/га, что полностью соответствовало значениям «года аналога». Прирост индекса NDVI также достиг практически одинаковых значений – 0,26-0,27 единиц, несмотря на существенные различия в среднесуточной активной температуре, которая составила 14 °С в 2019 году и 18 °С в 2021 году. Таким образом, можно сделать вывод, что активная температура 14 °С является достаточной для обеспечения нормального развития хлопчатника на данном этапе. Это подчеркивает важность минимального температурного порога для развития растения, но также указывает на то, что превышение этого порога не приводит к существенным изменениям в скорости развития или водопотреблении.

3. Межфазный период «Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек)»:

Продолжительность третьего межфазного периода не изменилась относительно «года-аналога» и составила 57 дней. Среднесуточное водопотребление на этом этапе в 2021 году, также равнялось значению 2019 года, а именно, 13,7 м³/га. Суммарное водопотребление при капельном орошении, с учетом осадков и почвенных влагозапасов, составило близкие значения 780-782 м³/га в 2019 и 2021. Значения индекса NDVI в 2021 году демонстрировали типичную для этого периода динамику: увеличение до пика 0,75 с последующим снижением до 0,39. Значительный прирост индекса NDVI на 0,29 единиц был получен в 2021 году, что коррелирует с более высокой среднесуточной активной температурой 14 °С, что на 2 °С выше относительно «года аналога».

4. Межфазный период «Массовое раскрытие коробочек – сбор урожая»:

На заключительном этапе развития хлопчатника в 2021 году экстремальные погодные явления не наблюдались. Среднесуточные активные температуры сохранялись на положительном уровне: +2 °С в 2019 году и +4 °С в 2021 году. В 2021 году на этом этапе был проведен один полив нормой 220 м³/га, тогда как в 2019 году поливы не осуществлялись. Среднесуточное водопотребление составило 14,2 м³/га в 2019 году и 13,6 м³/га в 2021 году.

На протяжении всего вегетационного периода 2020 года значения неравномерности развития хлопчатника оставались в пределах допустимого порога, не превышая среднеквадратического отклонения индекса NDVI, равного 0,07.

Урожайность хлопка-сырца в 2021 году при капельном орошении составила 3,4 т/га при поддержании предполивной влажности почвы 70-70-65 % НВ в активном слое 0,5 м и внесении минеральных удобрений дозами N105P45K34 кг д.в./га, что на 3 % было больше, чем в 2019 «году-аналоге».

Заключение. Результаты апробации методики мониторинга выращивания хлопчатника по методу «год-аналог» на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья, с использованием программного обеспечения «ГИС ГеоПрофи 2.0», подтвердили её эффективность для анализа влияния погодных и агротехнических факторов на его урожайность.

Анализ результатов мониторинга развития хлопчатника при капельном орошении за трехлетний период показал:

- низкие температуры воздуха в первом межфазном периоде («Посев – окончание образования листьев») могут существенно затормозить развитие хлопчатника. Так, снижение среднесуточных температур ниже +10 °С привело к затягиванию вегетации и снижению урожайности на 15 % в 2020 году по сравнению с «годом-аналогом». В то же время высокие температуры на втором («Бутонизация – цветение») и третьем («Начало плодообразования – созревание») этапах способствовали максимальному приросту индекса NDVI, что позволяет компенсировать отставание в развитии, наблюдаемое в начале вегетации. Это подтвердилось результатами 2021 года, когда благоприятные тепловые условия во второй и третий периоды обеспечили значительный прирост NDVI на 0,29 единиц и достижение максимальной урожайности за период наблюдений – 3,4 т/га;

- водообеспеченность в течение трех лет наблюдений (2019-2021 гг.) оставалась на стабильном уровне, составляя 2037, 2090 и 2155 м³/га соответственно. Для хлопчатника, как теплолюбивой культуры, особенно важно усилить водообеспечение в периоды максимальной вегетационной активности, такие как второй («Бутонизация – цветение») и третий («Начало плодообразования – созревание») межфазные периоды, что подтверждается увеличением значений среднесуточного водопотребления в эти этапы развития.

Conclusions. The results of testing the cotton cultivation monitoring methodology using the "analogue year" approach on light chestnut soils in the Lower Volga region, with the application of the "GIS GeoProfi 2.0" software, confirmed its effectiveness in analyzing the impact of weather and agro-technical factors on yield.

An analysis of the results of monitoring the development of cotton under drip irrigation over a three-year period revealed:

- low air temperatures during the first interphase period ("Sowing – End of leaf formation") can significantly delay cotton development. For instance, a decrease in average daily temperatures below +10 °C led to prolonged vegetation and a 15 % yield reduction in 2020 compared to the "analogue year." However, high temperatures during the second ("Bud formation – Flowering") and third ("Fruit setting – Ripening") phases contributed to the maximum increase in the NDVI index, compensating for the developmental lag observed at the early growth stage. This was confirmed by the 2021 results, where favorable thermal conditions in the second and third periods ensured a significant NDVI increase of 0.29 units and the highest observed yield – 3.4 t/ha.

- water availability remained stable over the three-year observation period (2019-2021), amounting to 2037, 2090, and 2155 m³/ha, respectively. For cotton as a heat-loving crop, it is particularly important to enhance water supply during periods of peak vegetative activity, such as the second ("Bud formation – Flowering") and third ("Fruit setting – Ripening") interphase periods. This is supported by the increase in average daily water consumption during these developmental stages.

Библиографический список

1. Бутакова М., Соколова О. Экспортные позиции России в Центральной Азии: Реалии и проблемы. Экономика Профессия Бизнес. 2021. № 3. С. 48-52.
2. Островская Е. В., Шипилов Д. С. Климатические изменения в Прикаспийском регионе. Гидрологический режим водотоков низовьев дельты Волги и его влияние на природные экосистемы: сборник материалов круглого стола. 2021. С. 60-62.
3. Huang J., Ji F. Effects of climate change on phenological trends and seed cotton yields in oasis of arid regions. International Journal of Biometeorology. 2015. № 59. Pp. 877-888.
4. Ходяков Е. А., Милованов С. Г., Бондаренко К. В. Водосберегающие технологии при выращивании хлопчатника в Нижнем Поволжье. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 129-137.
5. Khodiakov E. A., Milovanov S. G., Bondarenko K. B. Water regime of soil under drip irrigation of cotton in the Lower Volga region. Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 1. Pp. 21-25.
6. Koudahe K., Sheshukov A. Y., Aguilar J., Djaman K. Irrigation-Water Management and Productivity of Cotton: A Review. Sustainability. 2021. No 13. Pp. 18-40.
7. Rukhovich D. I., Koroleva P. V., Rukhovich D. D., Kalinina N. V. The Use of Deep Machine Learning for the Automated Selection of Remote Sensing Data for the Determination of Areas of Arable Land Degradation Processes Distribution. Remote Sens. 2021. № 13. Pp. 155-159.
8. Saddik A., Latif R., Mohamed Elhoseny M., El Ouardi A. Real-time evaluation of different indexes in precision agriculture using a heterogeneous embedded system. Sustainable Computing: Informatics and Systems. 2021. № 30. 100506.
9. Wang X., Liu J., Peng P., Chen Y., He S., Yang K. Automatic Crop Classification Based on Optimized Spectral and Textural Indexes Considering Spatial Heterogeneity. Remote Sensing. 2023. № 15. 5550.
10. Li K., Sampaio de Lima R., et al. Toward Automated Machine Learning-Based Hyperspectral Image Analysis in Crop Yield and Biomass Estimation. Remote Sens. 2022. № 14. 1114.
11. Gudko V., et al. Agro-climatic conditions of the Southern Federal District of Russia in the context of climate change. Theoretical and Applied Climatology. 2021. № 145. Pp. 989-1006.
12. Ovchinnikov A., Kimsanbaev O., Antonov V., Podkovyrov I., Konotopskaya T., Ermak D. Agro biological assessment of cotton breeding material in light chestnut soils. E3S Web of Conferences. 2020. V. 203. P. 02010.
13. Bruns H., Reddy K., Pettigrew W. Effects of Rotation of Cotton and Soybean. Crops on Soil Fertility in Elizabeth. 2018. № 3. Pp. 86-88.
14. Zohry A., Ouda S. Crop Rotation Defeats Pests and Weeds. 2018. Pp. 77-88.
15. Chun-Yan H. Experimental research on water consumption of the cotton under high-frequency drip irrigation mulched during plastic films. Journal of Water Resources and Water Engineering. 2021. № 13. P. 10057.
16. Ходяков Е. А., Кусайко А. С., Бондаренко К. В. Анализ данных спутниковых и полевых наблюдений за динамикой формирования урожая хлопчатника при поливе дождеванием. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 6 (78). С. 111-123.

References

1. Butakova M., Sokolova O. Export Positions of Russia in Central Asia: Realities and Problems. Economics Profession Business. 2021. № 3. Pp. 48-52.
2. Ostrovskaya E. V., Shipilov D. S. Climatic changes in the Caspian region. Hydrological regime of watercourses in the lower reaches of the Volga delta and its impact on natural ecosystems: a collection of materials of the round table. 2021. Pp. 60-62.
3. Huang J., Ji F. Effects of climate change on phenological trends and seed cotton yields in oasis of arid regions. International Journal of Biometeorology. 2015. № 59. Pp. 877-888.
4. Khodyakov E. A., Milovanov S. G., Bondarenko K. V. Water-saving technologies in cotton cultivation in the Lower Volga region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 1 (69). Pp. 129-137.
5. Khodiakov E. A., Milovanov S. G., Bondarenko K. B. Water regime of soil under drip irrigation of cotton in the Lower Volga region. Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 1. Pp. 21-25.

6. Koudahe K., Sheshukov A. Y., Aguilar J., Djaman K. Irrigation-Water Management and Productivity of Cotton: A Review. *Sustainability*. 2021. No 13. Pp. 18-40.
7. Rukhovich D. I., Koroleva P. V., Rukhovich D. D., Kalinina N. V. The Use of Deep Machine Learning for the Automated Selection of Remote Sensing Data for the Determination of Areas of Arable Land Degradation Processes Distribution. *Remote Sens*. 2021. № 13. Pp. 155-159.
8. Saddik A., Latif R., Mohamed Elhoseny M., El Ouardi A. Real-time evaluation of different indexes in precision agriculture using a heterogeneous embedded system. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*. 2021. № 30. 100506.
9. Wang X., Liu J., Peng P., Chen Y., He S., Yang K. Automatic Crop Classification Based on Optimized Spectral and Textural Indexes Considering Spatial Heterogeneity. *Remote Sensing*. 2023. № 15. 5550.
10. Li K., Sampaio de Lima R., et al. Toward Automated Machine Learning-Based Hyperspectral Image Analysis in Crop Yield and Biomass Estimation. *Remote Sens*. 2022. № 14. 1114.
11. Gudko V., et al. Agro-climatic conditions of the Southern Federal District of Russia in the context of climate change. *Theoretical and Applied Climatology*. 2021. № 145. Pp. 989-1006.
12. Ovchinnikov A., Kimsanbaev O., Antonov V., Podkovyrov I., Konotopskaya T., Ermak D. Agro biological assessment of cotton breeding material in light chestnut soils. *E3S Web of Conferences*. 2020. V. 203. P. 02010.
13. Bruns H., Reddy K., Pettigrew W. Effects of Rotation of Cotton and Soybean. *Crops on Soil Fertility in Elizabeth*. 2018. № 3. Pp. 86-88.
14. Zohry A., Ouda S. Crop Rotation Defeats Pests and Weeds. 2018. Pp. 77-88.
15. Chun-Yan H. Experimental research on water consumption of the cotton under high-frequency drip irrigation mulched during plastic films. *Journal of Water Resources and Water Engineering*. 2021. № 13. P. 10057.
16. Khodyakov E. A., Kusaiko A. S., Bondarenko K. V. Analysis of Satellite and Field Observations of the Dynamics of Cotton Crop Formation with Sprinkling Irrigation. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2024. № 6 (78). Pp. 111-123.

Информация об авторах

Ходяков Евгений Алексеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: E419829@yandex.ru

Кусаико Андрей Сергеевич, соискатель, директор, ООО «НПП «ГеоПрофи» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Канунникова, 6/1), e-mail: a.s.kusaiko@nppgeoprofi.ru

Бондаренко Кирилл Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: kirill-bondarenko-1995@mail.ru

Милованов Сергей Геннадьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: redas008@mail.ru

Authors' Information

Khodyakov Evgeny Alekseevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: E419829@yandex.ru

Kusaiko Andrey Sergeevich, applicant, Director of LLC «NPP GeoProfi» (Russian Federation, 400002, Volgograd, Kanyunnikova Str., 6/1), e-mail: a.s.kusaiko@nppgeoprofi.ru

Bondarenko Kirill Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Junior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: kirill-bondarenko-1995@mail.ru

Milovanov Sergey Gennadievich, Candidate of Agricultural Sciences, Research Associate, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26) e-mail: redas008@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-10

THE USE OF AGRICULTURAL LAND IN THE TERRITORY OF THE IKI-BURULSKY DISTRICT OF KALMYKIA^{1,2}Yuferev V. G., ¹Voronina V. P., ¹Vdovenko A. V., ³Ivantsova E. A.¹Volgograd State Agrarian University²Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences³Volgograd State University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: yuferevv@vfu.ru

Received 02.04.2025

Submitted 30.05.2025

The work was carried out within the framework of the FNFE-2025-0001 state assignment of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences "Scientific foundations of the functioning of agroforestry landscapes and pasture ecosystems, spatial and temporal patterns of such changes and the forecast of their state in conditions of degradation of land and plant resources based on the dynamics of spectral characteristics, updating spatial data, geoinformation technologies and aerospace scientific methods."

Summary

Using remote methods, a modern analysis of the use of agricultural lands in the Iki-Burulsky district of the Republic of Kalmykia has been carried out and prospects for the development of unused territories have been identified.

Abstract

Introduction. Desertification of agricultural lands in the Republic of Kalmykia, which is characterized by aridity and the presence of large sandy massifs, is an urgent task due to the use of non-adapted agricultural technologies on unproductive lands. Timely analysis of the use of agricultural landscapes makes it possible to identify reserves and use them more efficiently. **Objects.** Agricultural lands of the Iki-Burul'sky district of the Republic of Kalmykia. **Materials and methods.** Geoinformation technologies were used for remote analysis of the state of agro-landscapes based on multi-time satellite images available in the public domain. **Results and conclusions.** The studied area is located in the south of Kalmykia and occupies 636.3 thousand hectares. According to Rosstat, in 2024, the area of arable land for growing crops was 133.3 thousand hectares. An analysis of the spatial distribution and area of cultivated fields in 2024, according to Landsat – 8 satellite images, showed that 526 arable fields were under cultivation, covering 90.71 thousand hectares, that is, 42.59 thousand hectares were not sown. As of 2024, the area of 461 plots converted to deposits is 56.35 thousand hectares. The decrease in the area of cultivated fields is due to unfavorable hydrothermal conditions, low humidity, strong winds and dust storms, which, combined with low fertility and salinity of light chestnut soils in combination with salt and meadow differences, prevent a guaranteed harvest. In such conditions, production becomes unprofitable, leading to degradation of arable land and loss of soil fertility due to increased deflation and salinization. Therefore, the fields are not cultivated, they are often used for grazing livestock. The revealed downward trend in acreage is primarily due to the arid climate and low soil productivity.

Keywords: rational use of land, agrarian landscapes, degradation of agrarian landscapes, desertification of lands, remote sensing of lands.

Citation. Yuferev V. G., Voronina V. P., Vdovenko A. V., Ivantsova E. A. The use of agricultural land in the territory of the Iki-Burul'sky district of Kalmykia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 99-109 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-10.

Author's contributions. All authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors of this article have reviewed and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 528:634.958

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ
НА ТЕРРИТОРИИ ИКИ-БУРУЛЬСКОГО РАЙОНА КАЛМЫКИИ**

^{1,2}Юферев В. Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Воронина В. П., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Вдовенко А. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

³Иванцова Е. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

²ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук»

³ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»
г. Волгоград, Российская Федерация

Работа выполнена в рамках темы FNFE-2025-0001 государственного задания ФНЦ агро-экологии РАН «Научные основы функционирования агролесоландшафтов и пастбищных экосистем, пространственно-временные закономерности таких изменений и прогноз их состояния в условиях деградации земельных и растительных ресурсов на основе динамики спектральных характеристик, актуализации пространственных данных, геоинформационных технологий и аэрокосмических методов.

Актуальность. Опустынивание сельскохозяйственных земель в республике Калмыкия, которая отличается засушливостью, наличием крупных песчаных массивов, является актуальной задачей из-за применения не адаптированных агротехнологий на малопродуктивных землях. Своевременный анализ использования агроландшафтов позволяет выявить резервы и более рационально их использовать. **Объекты.** Сельскохозяйственные земли Ики-Бурульского района Р. Калмыкии. **Материалы и методы.** Использовались геоинформационные технологии для дистанционного анализа состояния агроландшафтов на основе разновременных космоснимков, имеющих в открытом доступе. **Результаты и выводы.** Изучаемый район находится на юге Калмыкии и занимает 636,3 тыс. га. По данным Росстата в 2024 году площадь пашни для выращивания сельскохозяйственных культур составляла 133,3 тыс. га. Анализ пространственного распределения и площади обрабатываемых полей в 2024 году по данным снимков спутника Landsat – 8 показал, что обрабатывается 526 полей пашни, занимающих 90,71 тыс. га, то есть 42,59 тыс. га не были засеяны. По состоянию на 2024 год площадь 461 участка перешедших в залежи составляет 56,35 тыс. га. Уменьшение площади обрабатываемых полей происходит из-за неблагоприятных гидротермических условий, пониженной влаж-

ности воздуха, сильных ветров и пыльных бурь, которые в комплексе с низким плодородием и засоленностью светло-каштановых почв в комплексе с солонцовыми и луговыми разностями препятствуют получению гарантированного урожая. В таких условиях производство становится убыточным, приводит к деградации пашни и потере почвенного плодородия из-за усиления дефляции и засоления. Поэтому поля не обрабатываются, часто используются для выпаса скота. Выявленная тенденция снижения посевных площадей обусловлена, прежде всего, засушливостью климата и низкой продуктивностью почвы.

Ключевые слова: рациональное использование земель, аграрные ландшафты, деградация аграрных ландшафтов, опустынивание земель, дистанционное зондирование земель.

Цитирование. Юферев В. Г., Воронина В. П., Вдовенко А. В., Иванцова Е. А. Использование земель сельскохозяйственного назначения на территории Ики-Бурульского района Калмыкии. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 99-109. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-10.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Применение не адаптированных агротехнологий на малопродуктивных землях является одной из основных причин опустынивания сельскохозяйственных земель в республике Калмыкия, которая характеризуется неблагоприятным природно-ресурсным потенциалом как естественных, так и аграрных ландшафтов. Поэтому мониторинг агроландшафтов позволяет выявить резервы и более рационально их использовать. Для территории Ики-Бурульского района важно отметить, что выращивание сельскохозяйственной продукции организовано преимущественно с использованием орошаемого земледелия.

Мониторинговый анализ показал, что орошаемые поля эксплуатируются нерационально, так как они располагаются на территориях с малогумусированными светло-каштановыми почвами, имеющим вкрапления солонцовых комплексов. По мнению Вишниченко В. Г., 2016, трансформация природных ландшафтов в сельскохозяйственные происходила достаточно стихийно, что привело к неоправданному расширению посевных площадей в 50-х годах 20 века [1, 2], а также послужило причиной развития различных деградационных процессов. Анализ орошаемых и богарных земель показывает, что на них наиболее часто встречаются дефляция и вторичное засоление, что особенно важно учитывать при возделывании полей в районах, расположенных в полупустынной и пустынной природно-территориальной зонах, где испытывается дефицит пахотных угодий. В условиях низкой естественной продуктивности светло-каштановых почв с небольшой мощностью гумусированного слоя почвы распашка таких территорий привела к резкой деградации и, соответственно, к потере продуктивности. В настоящее время в республике Калмыкия отмечается тенденция сокращения площадей обрабатываемых земель, особенно малопродуктивных с низким содержанием гумуса и других питательных элементов, требующих больших капитальных вложений для поддержания их плодородия. Поэтому агроэкологический мониторинг использования земель сельскохозяйственного назначения их пространственного распределения на территории района является актуальным, так как позволяет оценить долговременный результат применяемых технологий и их последствий на качество почвенных ресурсов. Сложившиеся современная ситуация в условиях естественного недостатка атмосферных осадков, высоких температур воздуха обусловила экономическую нецелесообразность использования засоленных и дефлированных земель для растениеводства.

Задачами исследований предусматривалось: провести анализ пространственной приуроченности земель сельскохозяйственного назначения; выявление особенностей обрабатываемых и залежных территорий, включая геометрические и морфометрические особенности, а также их рельефные особенности, которые негативно влияют на снижение плодородия почвы. Также на основе цифровой модели рельефа SRTM 3 проводилась комплексная оценка основных характеристик рельефа изучаемого района, включая тип почвы на полях, дополнительно применяя почвенные карты и космоснимки высокого разрешения.

Новизна исследований определяется совокупным применением ГИС технологий и разновременных космических снимков, позволяющих диагностировать пространственную локализацию и морфометрические особенности обрабатываемых полей и заброшенных территорий, образующих залежные земли.

Цель исследования – провести анализ современного использования сельскохозяйственных земель Ики-Бурульского района и выявить перспективы неиспользуемых территорий.

Материалы и методы. Исследования пространственного распределения и характеристик сельскохозяйственных угодий проводились с использованием геоинформационного анализа данных дистанционного зондирования Земли. Геоинформационные технологии для дистанционного анализа состояния агроландшафтов используются для разработки аналитических картографических слоев, в основе которых лежат методы математической и статистической обработки полученных данных. Результирующие слои являются моделью пространственного распределения процессов и явлений, связанных с изменением состояния сельскохозяйственных угодий [1, 2]. Они предназначены как для отображения существующего состояния земель сельскохозяйственного назначения, так и для прогнозирования его в будущем. Для статистического анализа и оценки состояния обрабатываемых земель разрабатывается база пространственных данных, включающая как характеристики полей, так и их пространственное положение. Графическая часть этой базы данных содержит растровые и векторные слои границ полей, включая космические снимки и растровые карты обрабатываемых и необрабатываемых полей [3, 4].

Космоснимки являются источником многопараметрической объективной информации [5] как о пространственном размещении полей, так и об объектах, размещенных на изображении [6]. В настоящее время для изучения актуальных характеристик сельскохозяйственных угодий применяют космоснимки спутников «Landsat-8» [7], позволяющие получить данные о пространственном положении и характеристиках сельскохозяйственных угодий. По результатам геоинформационного анализа растровой, векторной и статистической информации создаются тематические геоинформационные слои, на основании которых разрабатываются макеты тематических карт. Для получения пространственной информации о сельскохозяйственных угодьях использованы космические снимки с разрешением 30 м спутника Landsat 8, доступные на сервисе <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения 24.04. 2025). Для анализа выбраны безоблачные снимки за октябрь 2024 года, а также для сравнения изменений использованы ретроспективные снимки спутника Landsat 5 за 5 мая 1985 года, размещенные на этом же сервисе. Геоинформационная обработка космических снимков и анализ пространственных данных проведены с использованием программы QGIS 3.40 (<https://qgis.org/>). В процессе анализа изображений был создан геоинформационный слой – границы Ики-Бурульского района с использованием векторных данных административно-территориальных границ РФ в формате .shp, представленных на сервисе <https://gis-lab.info/projects/osm-export.html?ysclid=map43yrgk7369819400>. После чего с использованием векторного полигона границы района была выполнена операция обрезки растрового изображения космоснимка по векторной границе района для дешифрирования и дальнейшей классификации сельскохозяйственных угодий на его территории. Дешифрирование космоснимков проводят с использованием инструментов геоинформационной программы, позволяющих классифицировать распределение пикселей растрового изображения по дешифровочным признакам объектов и провести их векторизацию [8, 9]. Дешифровочные признаки сельскохозяйственных земель, отличаются структурой изображения, поля часто имеют прямоугольную форму, отличающуюся от формы окружающих объектов [10]. Разрешение космоснимка для дешифрирования сельскохозяйственных угодий должно быть не более 30 м. Характеристики полей определяли с использованием распределенных пространственных баз данных, в том числе морфометрические и геоморфологические характеристики контуров полей были установлены по данным цифровой модели местности SRTM 3 (<https://srtm.kurviger.de/SRTM3/Eurasia/index.html>). При проведении геоинформационного анализа космических снимков были построены векторные контуры полей и получены их пространственные данные, установлены площадь, длина периметра и геоморфологические параметры объектов.

Результаты и обсуждения. Наиболее остро вопрос выращивания качественной растениеводческой продукции стоит для аридных территорий, где на богарных землях урожайность сельскохозяйственных культур невысокая, а орошаемые земли требуют больших энергетических вложений. Поэтому многие сельхозпроизводители отмечают сокращение обрабатываемых площадей и их вывод из сельхозоборота из-за низкой рентабельности, включая орошаемые земли. В связи с отсутствием достоверной информации

существует необходимость объективного определения пространственного размещения, морфометрических и геоморфологических характеристик используемых и неиспользуемых полей для уточнения параметров их использования. Исследование сельскохозяйственных угодий проводилось на основе реализации технологии дистанционной оценки объектов, структуры угодий и их используемости под пашню для создания векторных контуров. Для определения пространственного размещения, морфометрических и геоморфологических характеристик на территории Ики-Бурульского района проведен комплексный геоинформационный анализ сельскохозяйственных угодий. На основе космоснимка Landsat-8 2024 года с разрешением 30 м. разработана космокарта района (рисунок 1).

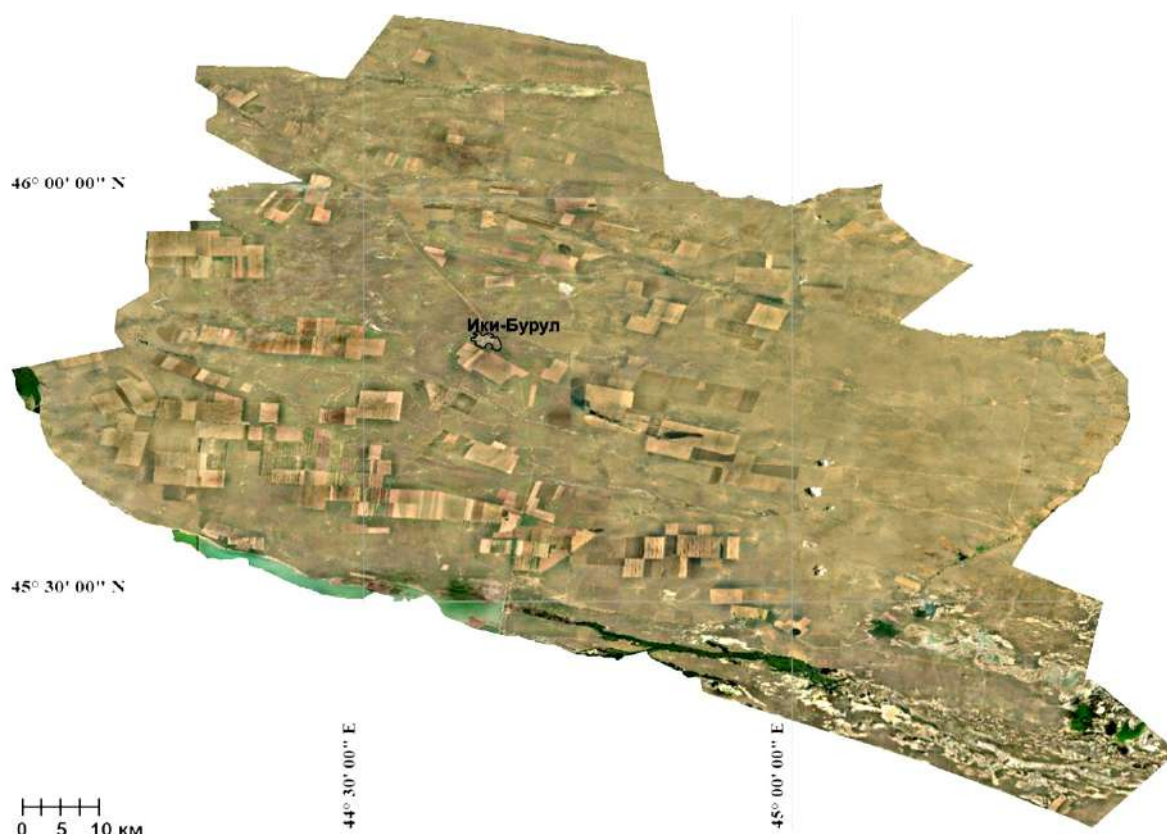


Рисунок 1 – Современный спутниковый снимок Ики-Бурульского района
Figure 1 – Modern satellite image of the Iki-Burul district

Исследуемый район находится на юге Калмыкии и занимает 636,3 тыс. га. По данным Росстата в 2024 году площадь пашни для выращивания сельскохозяйственных культур составляла 133,3 тыс. га.

Анализ сельскохозяйственных угодий Ики-Бурульского района (рисунок 2) по космокарте выявил, что из 987 полей, ранее используемых земель под пашню, сейчас постоянно обрабатывается 526 участков, имеющих различную конфигурацию и образующих пахотный клин площадью 90706,6 га. В настоящее время 461 участок имеет все признаки залежности, то есть на таких территориях из года в год поселяются естественные рудеральные растения. Доля залежных участков составляет около 38 %, составляя 56349,2 га. Для пахотных угодий составлены соответствующие векторные слои. С использованием инструментов анализа изображения поля классифицированы на используемые и неиспользуемые по признаку наличия или отсутствия их обработки в течение 3 лет. Установленные по векторным картам характеристики пространственного размещения сельскохозяйственных угодий приведены в таблице 1. На рисунке 3 приведена карта рельефа территории исследований. Анализ карты и характеристик показал в целом равнинный характер территории исследований.

Геоинформационный анализ геометрических пространственных и геоморфологических характеристик пахотных земель показал, что 326 полей (рисунок 2) общей площадью 65467 га расположены на участке с максимальной крутизной склона не более 2°, с уклоном от 2 до 4° расположено 179 полей общей площадью 100 га. 23345 га, с уклоном от 4 до 6°. 20 полей общей площадью 1771 га, и только 2 поля площадью 164 га расположены на участке с уклоном более 6°, то есть только 27,9 % площади расположено на участке с уклоном более 6°. крутизна более 2°, что указывает на в целом равнинный характер рельефа.

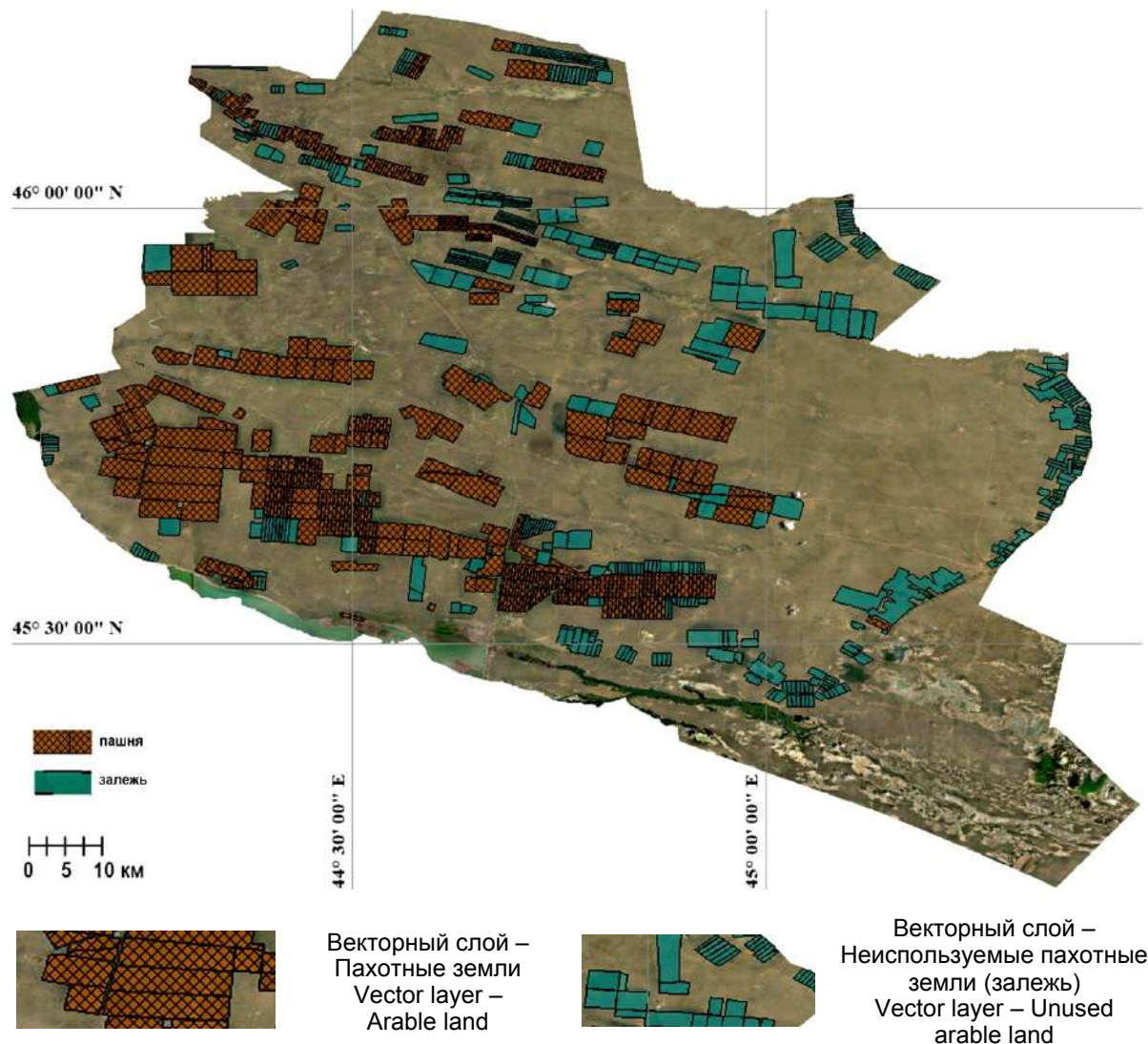


Рисунок 2 – Космокарта сельскохозяйственных угодий Ики-Бурульского района
Figure 2 – Space map of agricultural lands of the Iki-Burul district

Анализ пространственного расположения пашни в отношении рельефа местности показал, что при диапазоне высот от 4 до 221 м 50 пахотных земельных участков площадью более 87 тысяч квадратных метров расположены на высоте от 4 до 221 метра га (около 96 %) расположены на территориях с высотой более 40 м над уровнем моря, а 52 % – на территориях с высотой более 80 м. Это связано с тем, что по понижениям расположены засоленные почвы, являющиеся наиболее проблематичными при обработке.

Установлено, что основными видами деградации сельскохозяйственных угодий на территории района являются дефляция и засоление. В целом для обрабатываемых полей характерна небольшая крутизна склонов, что расширяет возможности применения адаптивных аграрных технологий, основанных на использовании современной техники с более широким внедрением засухо- и солеустойчивых растений.

Анализ разновременных космоснимков показал, что в 1985 году сельскохозяйственные угодья обрабатывались и засеивались на площади 240,2 тыс. га (рисунок 4). По сравнению с современной площадью обрабатываемой пашни, составляющей 90,7 тыс. га к 2025 году выведено из использования 149,5 тыс. га.

Натурные обследования обрабатываемых и заброшенных полей подтвердили результаты дистанционного зондирования о приуроченности сельскохозяйственных угодий к почвенной зоне со светло-каштановыми почвами, имеющими солонцовые комплексы суглинистого, тяжелосуглинистого и глинистого гранулометрического состава. В обследованных почвах содержание гумуса не превышает 2 %. Также отмечается высокое содержание обменного натрия (более 20 % от суммы), который может угнетать несолеустойчивые растения. При существующих сельскохозяйственных технологиях, особенно на орошаемых полях, существует угроза увеличения концентрации натрия в плодородных горизонтах почвы. Такая экологическая ситуация в дальнейшем может привести к выводу этих полей из использования.

Карта пространственного расположения солончаково-солонцовых комплексов представлена на рисунке 5.

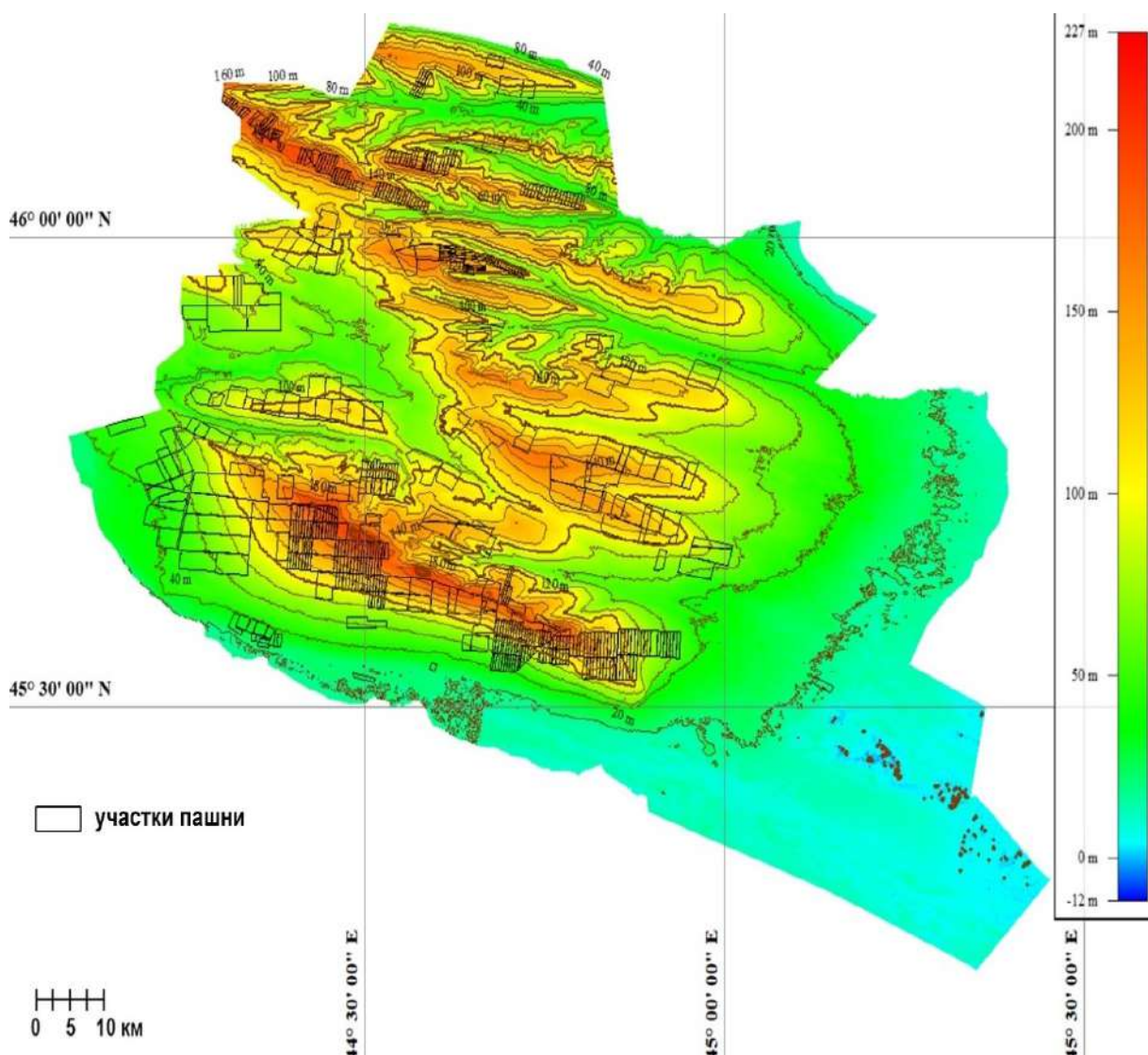
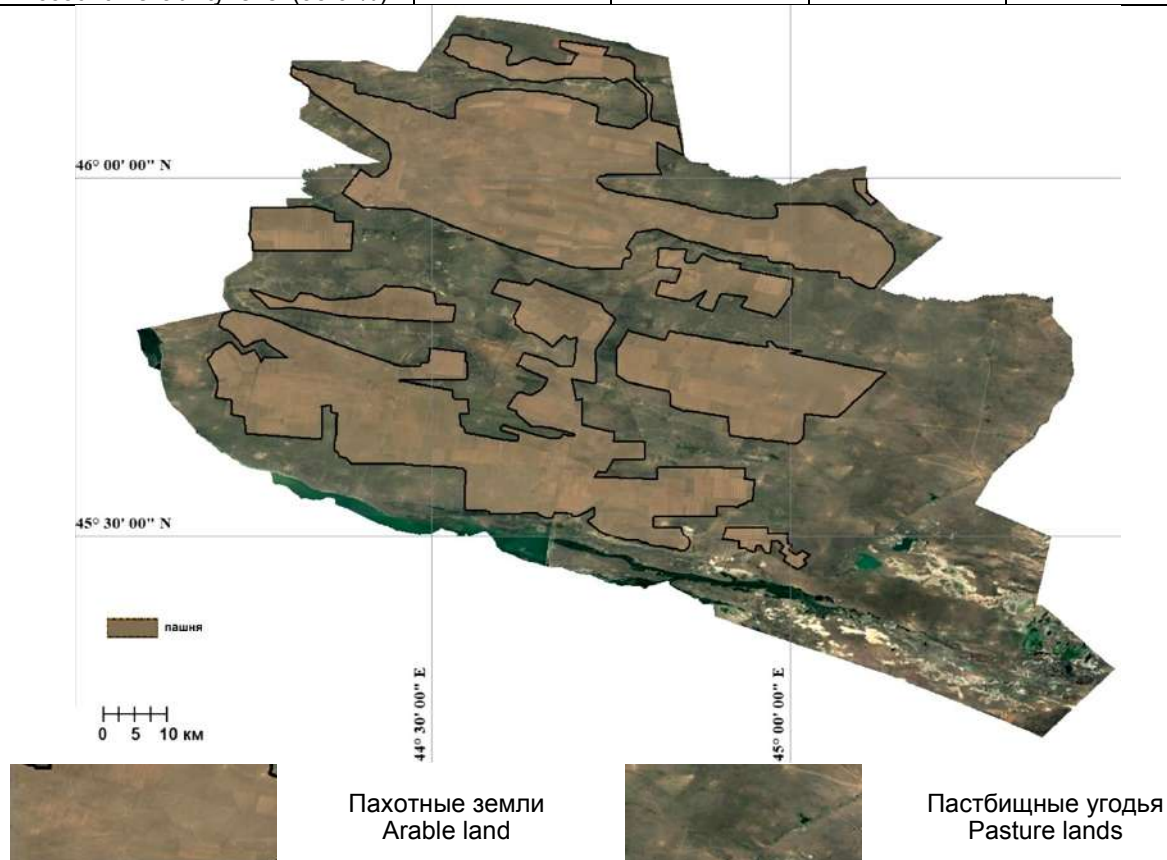


Рисунок 3 – Карта рельефа территории Ики-Бурульского района
(прямоугольные контуры – участки пашни)

Figure 3 – Relief map of the territory of the Iki-Burul district (rectangular contours are areas of arable land)

Таблица 1 – Статистические данные о характеристиках сельскохозяйственных угодий
Table 1 – Statistical data on the characteristics of agricultural land

Сельскохозяйственные угодья / Agricultural land	Пахотные земли / Arable land		Неиспользуемые пахотные земли (залежь) / Unused arable land	
Параметры / Parameters	Крутизна склона, ° / Slope steepness, °	Площадь, га / Area, ha	Крутизна склона, ° / Slope steepness, °	Площадь, га / Area, ha
Среднее / Average	2,00	172,20	1,10	122,23
Стандартная ошибка / The standard error	0,04	10,97	0,03	7,72
Медиана / The median	1,68	63,94	0,72	61,21
Стандартное отклонение / Standard deviation	0,98	251,92	0,72	165,82
Дисперсия выборки / Sample variance	0,97	63464,65	0,52	27497,79
Экссесс / Excess	1,40	13,28	1,41	19,30
Асимметричность / Asymmetry	1,15	3,22	1,33	3,79
Интервал / Interval	6,05	2031,43	3,69	1559,19
Минимум / Minimum	0,59	0,20	0,32	0,02
Максимум / Maximum	6,64	2031,62	4,01	1559,21
Сумма / The amount	1054,33	90748,18	506,65	56349,20
Счет / Account	527	527	461,00	461
Уровень надежности (95,0 %) / Account Reliability level (95.0 %)	0,08	21,56	0,07	15,18

Рисунок 4 – Космокарта расположения пашни в Ики-Бурульском районе в 1985 г.
(снимок спутника Landsat 5)Figure 4 – Space map of the location of arable land in the Iki Burul'sky district in 1985
(satellite image of Landsat 5)

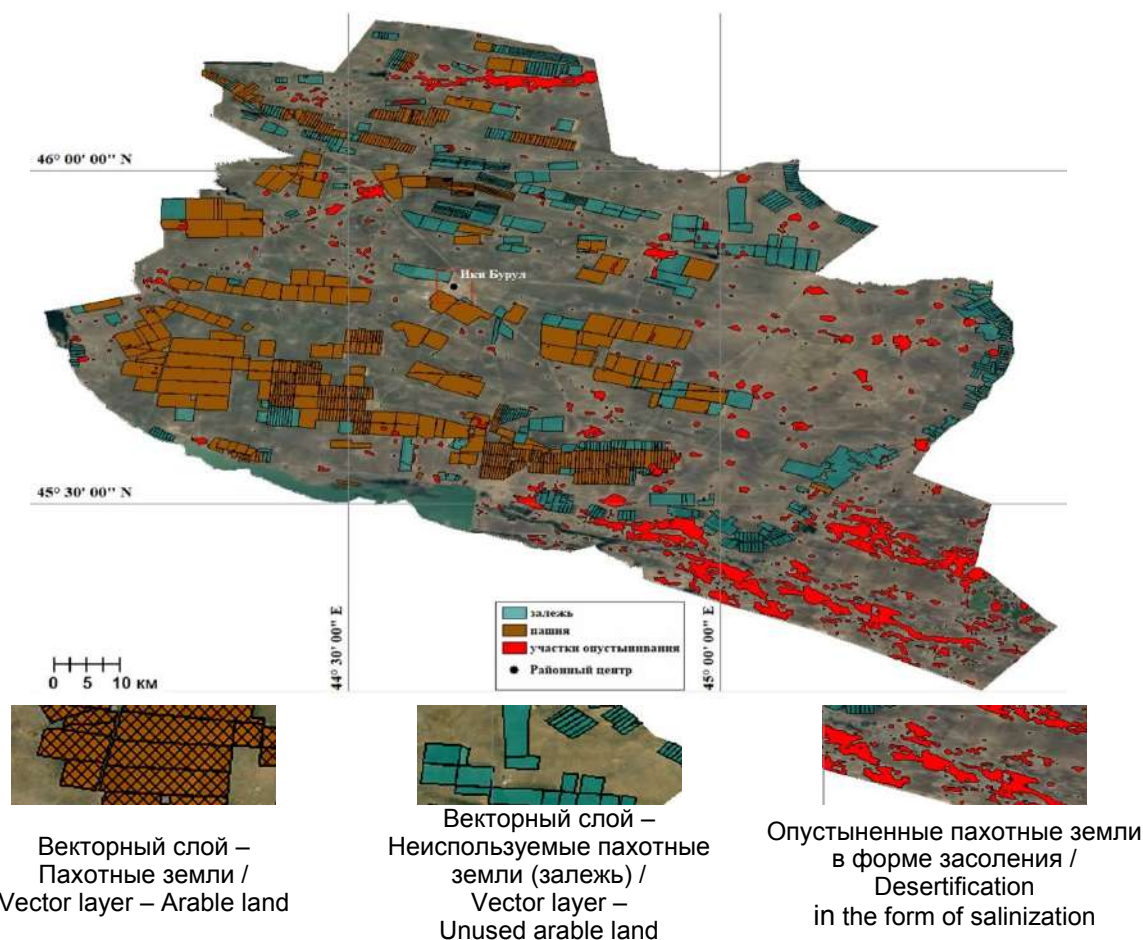


Рисунок 5 – Космокарта расположения участков солончаково-солонцовых комплексов в Ики-Бурульском районе в 2024 г. (снимок спутника Landsat 8)

Figure 5 – Space map of the location of salt marshes and solonetz complexes site in the Iki Burulsky district in 2024 (satellite image of Landsat 8)

Таблица 2 – Статистические характеристики участков солончаково-солонцовых комплексов
Table 2 – Statistical characteristics of salt marshes and salt marsh complexes at the site

Параметры / Parameters	Участок солончаков и солонцовых комплексов / Salt marshes and solonetz complexes site		
	Крутизна склона, ° / Slope steepness, °	Площадь, га / Area, ha	Высота, м / Level, m
Среднее / Average	0,92	41,58	47,97
Стандартная ошибка / The standard error	0,02	8,35	1,33
Медиана / The median	0,73	5,02	42,73
Стандартное отклонение / Standard deviation	0,57	240,19	38,19
Дисперсия выборки / Sample variance	0,32	57692,33	1458,16
Эксцесс / Excess	9,51	222,92	-0,34
Асимметричность / Asymmetry	2,34	13,74	0,71
Интервал / Interval	5,53	4776,47	179,34
Минимум / Minimum	0,08	0,07	-0,55
Максимум / Maximum	5,61	4776,54	178,79
Сумма / The amount	763,89	34428,82	39720,85
Счет / Account	828	828	828
Уровень надежности (95,0 %) / Account Reliability level (95.0 %)	0,04	16,38	2,60

В результате геоинформационного анализа характеристик участков солончаково-солонцовых комплексов установлено пространственное размещение и характеристики 828 таких участков общей площадью 34428,82 га, что составляет 5,4 % площади района, что свидетельствует о сильном засолении территории в целом.

Заключение. Использование земель сельскохозяйственного назначения на территории Ики-Бурульского района для выращивания сельскохозяйственной продукции в условиях полупустыни на малопродуктивных светло-каштановых почвах сократилось в 1,65 раза. Геоинформационное картографирование и анализ пространственного распределения участков пашни показал, что основной причиной сокращения производства является деградация малопродуктивных светло-каштановых почв от дефляции на возвышенных участках территории и засоление на пониженных. Установлено, что пространственное размещение и геоморфологические характеристики в целом не препятствуют выращиванию продукции, однако деградация почв и погодные условия выступают лимитирующими факторами, обуславливающими большие риски производства продукции. Орошаемые земли, которые на данный момент не используются, в основном имеют высокий уровень засоления почвы по всему почвенному горизонту, так как изначально располагались на солонцовых комплексах. Определено, что выведено из использования 149,5 тыс. га пашни. Перспективой использования пахотных земель, которые сейчас не обрабатываются, может быть, перевод их в пастбищное природопользование с индивидуальным подходом к рекультивации земель, включая агролесомелиоративные методы.

Conclusions. The use of agricultural land in the Iki-Burul district for growing agricultural products in semi-desert conditions on low-productive light chestnut soils decreased by 1.65 times. Geoinformation mapping and analysis of the spatial distribution of arable land plots showed that the main reason for the reduction in production is the degradation of unproductive light chestnut soils from deflation in elevated areas of the territory and salinization at low levels. It has been established that spatial distribution and geomorphological characteristics in general do not impede the cultivation of products, but soil degradation and weather conditions are limiting factors that cause high risks of production. Irrigated lands, which are not used at the moment, mainly have a high level of soil salinity throughout the soil horizon, as they were originally located on saline complexes. It was determined that 149.5 thousand hectares of arable land were withdrawn from use. The prospect of using arable lands that are not currently cultivated may be their transfer to pasture nature management with an individual approach to land reclamation, including agroforestry methods.

Библиографический список

1. Вишниченко В. Г. Освоение целины – грандиозный социально-экономический проект XX века. Вестник Тамбовского университета. 2016. Т. 2. № 3 (7). С. 10-18.
2. Юфеев В. Г. и др. Геоинформационное картографирование опустынивания аридных, субаридных и сухих субгумидных регионов Российской Федерации на основе данных дистанционного зондирования и полевых исследований. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2024. 272 с.
3. Аввакумова А. О. Анализ динамики структуры землепользования на основании данных дистанционного зондирования земли. Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2018. Т. 42. № 2. С. 214-222.
4. Иванов М. А. Идентификация пахотных угодий по материалам дистанционного зондирования земли с применением системы объектно-ориентированного дешифрирования. Эрозия почв, овражная эрозия, русловые процессы: теоретические и прикладные вопросы. М., 2011. С. 124-130.
5. Книжников Ю. Ф., Кравцова В. И., Тутубалина О. В. Аэрокосмические методы географических исследований. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 336 с.
6. Yermolaev O. P., Ivanov M. A. Environmental Assessment of Basin Geosystems Based on the Landscape Approach. Biosciences Biotechnology Research Asia. 2014. Vol. 11 (Spl.Edn.). Pp. 257-263.
7. Ашурбекова Т. Н., Гасанов Г. Н., Магомедова Д. С., Омариева Л. В. Опустынивание и экологические проблемы. Сельское хозяйство и экосистемы в современном мире: региональные и межстрановые исследования. 2024. Т. 3. № 3. С. 65-71.
8. Lipski S. A. Joint Shared Ownership of Land as a Condition and Factor of the Agricultural Sector in Post-Soviet Russia. Studies on Russian Economic Development. 2019. Vol. 30 (1). Pp. 74-78.
9. Uzun V., Shagaida N., Lerman Zv. Russian agroholdings and their role in agricultur. Post-Communist Economies. 2021. V. 3. Pp. 1035-1055.
10. Papaskiri T. V. et al. Increased efficiency in the cultivation of grain sorghum (*sorghumbicolor* (L.) moench) on light chestnut soil in the republic of Kalmykia. International agricultural journal. 2025. № 1. Pp.135-157.
11. Шевченко В. А. и др. Современные оценки неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения на Нижней Волге. Природообустройство. 2020. № 2. С. 6-12.

References

1. Vishnichenko V. G. The development of virgin lands is a grandiose socio-economic project of the XX century. Bulletin of Tambov University. 2016. V. 2. No 3 (7). Pp. 10-18.
2. Yuferev V. G. et al. Geoinformation mapping of desertification in arid, subarid and dry subhumid regions of the Russian Federation based on remote sensing and field research data. Volgograd: Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2024. 272 p.
3. Avvakumova A. O. Analysis of the dynamics of the structure of land use based on data from remote sensing of the earth. Scientific bulletin. The Natural Sciences series. 2018. V. 42. No 2. Pp. 214-222.

4. Ivanov M. A. Identification of arable lands based on remote sensing of the earth using an object-oriented decryption system. Soil erosion, ravine erosion, riverbed processes: theoretical and applied issues. M., 2011. Pp. 124-130.
5. Knizhnikov Yu. F., Kravtsova V. I., Tutubalina O. V. Aerospace methods of geographical research. Moscow: Akademiya Publishing Center, 2004. 336 p.
6. Yermolaev O. P., Ivanov M. A. Environmental Assessment of Basin Geosystems Based on the Landscape Approach. Biosciences Biotechnology Research Asia. 2014. V. 11 (Spl.Edn.). Pp. 257-263.
7. Ashurbekova T. N., Hasanov G. N., Magomedova D. S., Omarieva L. V. Desertification and environmental problems. Agriculture and ecosystems in the modern world: regional and cross-country studies. 2024. Vol. 3. No 3. Pp. 65-71.
8. Lipski S. A. Joint Shared Ownership of Land as a Condition and Factor of the Agricultural Sector in Post-Soviet Russia. Studies on Russian Economic Development. 2019 V. 30 (1). Pp. 74-78.
9. Uzun V., Shagaida N., Lerman Zv. Russian agroholdings and their role in agricultur. Post-Communist Economies. 2021. Vol. 3. Pp. 1035-1055.
10. Papaskiri T. V. et al. Increased efficiency in the cultivation of grain sorghum (*sorghumbicolor* (L.) moench) on light chestnut soil in the republic of Kalmykia. International agricultural journal. 2025. No 1. Pp.135-157.
11. Shevchenko V. A. et al. Modern estimates of unused agricultural lands on the Lower Volga. Environmental management. 2020. No 2. Pp. 6-12.

Информация об авторах

Юфеев Валерий Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), зав. лаб. лабораторией, ФГБНУ "Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук" (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97), ORCID: 0000-0002-1046-0196, e-mail: yuferevv@vfanc.ru

Воронина Валентина Павловна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), ORCID: 0000-0002-3441-5314, e-mail: v.p.voronina@mail.ru

Вдовенко Анастасия Васильевна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2253-3783>, e-mail: anastasiya.vdovenko@mail.ru

Иванцова Елена Анатольевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор института естественных наук, профессор, ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, проспект Университетский, 100), ORCID: 0000-0003-4265-9703, e-mail: ivantsova@volsu.ru

Authors' Information

Yuferev Valery Grigorievich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), Head of the Laboratory, Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 97), ORCID: 0000-0002-1046-0196, e-mail: yuferevv@vfanc.ru

Voronina Valentina Pavlovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3441-5314>, e-mail: v.p.voronina@mail.ru

Vdovenko Anastasia Vasilyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2253-3783>, e-mail: anastasiya.vdovenko@mail.ru

Ivantsova Elena Anatolyevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 100), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4265-9703>, e-mail: ivantsova.volgou@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-11

THE INCREASE OF SAFFLOWER SEED PRODUCTIVITY UNDER THE RAINFED CULTIVATION IN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN CASPIAN REGION**Zaitseva N. A., Klimova I. I., Yachmeneva E. V.**

*Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Solenoe Zaymische, Astrakhan Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: rfn.yz2009@mail.ru

Received 10.03.2025

Submitted 04.06.2025

Summary

The climatic conditions of growing crops on the planet are changing. There is a tendency for the frequent onset of dry years. There is a need for drought-resistant and cost-effective crops, diversification of the selection of cultivated crops. One of these crops is safflower dye (*Carthamus tinctorius* L.). Under these conditions, an important advantage of safflower is its developed root system, capable of extracting moisture from deep soil layers, and due to the structure of the vegetative mass, its consumption is economical. This plant is well adapted to a dry climate, is not demanding of the soil, and can grow even in saline areas.

Abstract

Introduction. In order to successfully study collectible cultivars and obtain the maximum seed yield in the production and breeding of safflower, it is necessary to regulate the area of plant nutrition. One of the most important issues for obtaining high yields of safflower is the correct method of sowing and the seeding rate. The article presents the results of studying the influence of the seeding rate and the method of sowing on

the productivity of safflower in the conditions of rain-fed agriculture in the Northern Caspian region. **The objects** of the study were previously studied varieties: Tsambuli, Center 70 and Talan. The Astrakhan 747 grade was used as the standard. **Materials and methods.** The research was conducted in the experimental fields of the Caspian Agrarian Federal Scientific Center in 2021-2022. Sowing was carried out in an ordinary way with row spacing of 15 cm and a seeding rate of 350 thousand seeds/ha and in a second-row method with row spacing of 30 cm and a seeding rate of 200 thousand seeds/ha. **Results and conclusions.** During the study, it was revealed that the yield of safflower depended not only on the agrometeorological conditions of the year and the genotype of the variety, but also on the elements of agricultural cultivation techniques, which are based on the biological and physiological characteristics of the crop in specific growing conditions. The results of the study showed that the most effective is sowing with a seed sowing rate of 200 thousand per hectare at a distance of 30 cm between rows of plants, at which the plants of the studied varieties increased biometric parameters and values of productivity elements. At the same time, the yield of the studied varieties in the variant with a single-row sowing and a seeding rate of 200 thousand/ha increased by 24...44 % compared with ordinary sowing with a seeding rate of 350 thousand/ha and ranged from 10.2 to 19.3 c/ha.

Keywords: safflower dye, safflower seeding rates, safflower sowing methods, safflower seed productivity, safflower varieties.

Citation. Zaitseva N. A., Klimova I. I., Yachmeneva E. V. The increase of safflower seed productivity under the rainfed cultivation in the conditions of the Northern Caspian region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 109-116 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-11.

Author's contribution. All the authors of the study were directly involved in the implementation and analysis of this experiment. All the authors of this article have read the final version presented and approved it.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 633.85:631.53.048

УВЕЛИЧЕНИЕ СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ В БОГАРНЫХ УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

Зайцева Н. А., старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук

Климова И. И., научный сотрудник

Ячменёва Е. В., научный сотрудник

ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
с. Соленое Займище, Астраханская область, Российская Федерация

Аннотация. Для успешного изучения коллекционных сортообразцов и получения максимального урожая семян в производстве и в селекции сафлора необходимо регулировать площадь питания растений. Одним из наиболее значимых вопросов для получения высоких урожаев сафлора является правильно подобранный способ посева и норма высева. В статье представлены результаты изучения влияния нормы высева и способа посева на продуктивность сафлора красильного в условиях богарного земледелия Северного Прикаспия. **Объектами** исследования являлись ранее изученные сорта: Цамбули, Центр 70 и Талан. За стандарт был взят сорт Астраханский 747. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытных полях Прикаспийского аграрного федерального научного центра в 2021-2022 гг. Посев был проведен рядовым способом с междурядьями 15 см и нормой высева 350 тыс. семян/га и чрезвычайным способом с междурядьями 30 см и нормой высева 200 тыс. семян/га. **Результаты и выводы.** В ходе изучения было выявлено, что величина урожая сафлора зависела не только от агрометеорологических условий года и от генотипа сорта, но и от элементов агротехники возделывания, которая строится с учетом биологических и физиологических особенностей культуры в конкретных условиях произрастания. Результаты исследования показали, что наиболее эффективным является посев с нормой высева семян 200 тыс./га при расстоянии между рядами растений – 30 см, при котором у растений изучаемых сортов увеличивались биометрические показатели и значения элементов продуктивности. Урожайность изучаемых сортов при этом на варианте с чрезвычайным посевом и нормой высева 200 тыс./га увеличивалась на 24...44 % по сравнению с рядовым посевом с нормой высева семян 350 тыс./га и составляла от 10,2 до 19,3 ц/га.

Ключевые слова: сафлор красильный, нормы высева сафлора, способы посева сафлора, семенная продуктивность сафлора, сорта сафлора.

Цитирование. Зайцева Н. А., Климова И. И., Ячменева Е. В. Увеличение семенной продуктивности сафлора красильного при возделывании в богарных условиях Северного Прикаспия. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 109-116. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-11.

Авторский вклад. Все авторы исследования принимали непосредственное участие в выполнении и анализе данного эксперимента. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Сафлор является культурой, приспособленной к резко континентальному климату. Он хорошо переносит засуху за счет своих биологических и морфологических признаков ксерофита. Наибольшая потребность во влаге возникает в период набухания и прорастания семян, а также в критический период его развития – фазы ветвления и бутонизации. Урожайность сафлора напрямую зависит от влагообеспеченности в эти периоды. Ранние сроки посева положительно сказываются на продуктивности данной культуры. Неприхотливость к почвам позволяет сафлору произрастать на засоленных и малоплодородных землях, но наибольший урожай формируется на каштановых и черноземных почвах [1, 2, 3].

Основным элементом сортовой агротехники является плотность посева, оптимальные параметры которой обусловлены как физиологическими требованиями к свету и условиям питания, так и морфологическим строением растений возделываемого сорта. Главные приемы формирования густоты посевов – способ посева и норма высева. Оптимальное количество растений, рационально расположенное на единице площади, позволяет в полной мере использовать им почвенное плодородие и влагу, при этом обеспечивая наибольшую урожайность [4, 5, 6].

Данные исследований по изучению густоты стояния сафлора красильного в сухостепной зоне недостаточны и противоречивы. Доказано, что увеличение густоты стояния приводит к угнетению растений, которое, в свою очередь, ведет к уменьшению продуктивности. И напротив, слишком изреженные посевы могут привести к сильному развитию сорных растений и снижению продуктивности [7, 8].

Проводимые исследования являются весьма актуальными, так как для ускоренного размножения сортообразцов и гибридов при проведении селекционной работы и для получения высоких урожаев семян в производстве для условий богарного земледелия Северного Прикаспия необходимо устанавливать оптимальную площадь питания растений сафлора, которая будет отвечать биологическим требованиям культуры.

Цель исследования – изучить влияние нормы высева и способов посева на семенную продуктивность сафлора красильного в богарных условиях Северного Прикаспия.

Материалы и методы исследования.

Изучение проходило в 2021-2022 гг. на базе Прикаспийского аграрного федерального научного центра.

Посев проводился рядовым способом – междурядья 15 см, с нормой высева 350 тыс. семян/га и чрезвычайным – междурядья 30 см, с нормой высева 200 тыс. семян/га. Применяемые способы посева через 15 и 30 см не требуют дополнительных затрат на механическую обработку междурядий. Опыт был заложен согласно методикам Доспехова Б. А. и Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [9, 10].

Для исследования были выбраны сорта, ранее изученные в данных агроклиматических условиях, которые показали стабильно высокие результаты по всем показателям продуктивности в конкурсном испытании: Цамбули, Центр 70 и Талан. За стандарт взят сорт Астраханский 747.

Метеорологические условия периода исследований имели свои особенности.

В 2021 году посев сафлора был проведен 8 апреля, температура воздуха на момент сева составила 12,5 °С, а температуре почвы на глубине заделки семян 10,5 °С. Существенные перепады температуры воздуха в апреле отрицательно сказались на всхожести семян сафлора, поэтому период от посева до всходов был затянут. Влажность почвы в межфазный период посев-всходы на глубине 1,0 м была на уровне 51,4 % НВ. В период нарастания вегетативной массы сафлора стеблевание-бутонизация влажность почвы упала до 42,5 % НВ. В период цветения влажность почвы не превышала 18,0 % НВ. К уборке сафлора в почве осталось всего 21,9 мм влаги. За вегетацию сафлора красильного в 2021 году выпало 110,5 мм осадков. Суммарное водопотребление сафлора составило 1400 м³/га. Продолжительность вегетационного периода сафлора красильного составила 68 суток.

В 2022 году посев проводился 30 марта, при температуре воздуха 13,6 °С. На момент посева влажность почвы составила 57,7 % НВ. Почва на глубине 5-10 см прогрелась до 10,7 °С. В апреле были отмечены колебания температуры воздуха, в первой декаде температура на поверхности почвы опускалась до -1 °С, поэтому всходы были неравномерными и затяжными. На период всходов влажность почвы была на уровне 68,8 % НВ, что позволило растениям сафлора интенсивно использовать влагу и питательные вещества, чтобы «набрать силу» в самом начале вегетации. После обильных осадков в мае (57,9 мм) и умеренных температур растения сафлора быстро наращивали вегетативную массу и нормально развивались. В фазу стеблевания влажность почвы в метровом слое снизилась до 61,8 % НВ, этого было достаточно для образования биологической массы и

разветвления растений. В июне осадков практически не было, лишь в третьей декаде было отмечено 4,7 мм. Относительно невысокие температуры воздуха, для нашей зоны, за этот месяц были на уровне среднемноголетних ($24,3^{\circ}\text{C}$). Влажность почвы на период бутонизации составила 33,2 % НВ. На момент цветения, в июле, температура воздуха на $2,1^{\circ}\text{C}$ опустилась ниже среднемноголетних значений, а количество выпавших осадков составило 24,0 мм. Влажность почвы была на уровне 64,9 % НВ. Продолжительность вегетационного периода составила 89 суток. За вегетационный период сафлора в 2022 году выпало 97,7 мм осадков. Суммарное водопотребление составило $1773 \text{ м}^3/\text{га}$.

Результаты исследований. В условиях богарного земледелия в период дефицита влаги наиболее важным элементом технологии возделывания сафлора является густота стояния. Оптимальное количество растений на единице площади обеспечивает нормальный рост и развитие каждого растения. От ширины междурядий и количества растений зависит образование боковых на всхожести семян, поэтому период от посева до всходов был затянут. Влажность почвы в межфазный период посев-всходы на глубине 1,0 м была на уровне 51,4 % НВ. В период нарастания вегетативной массы побегов у сафлора, а от количества побегов и их продуктивности зависит величина урожайности с растения в целом.

В зависимости от варианта опыта и сорта отмечалось увеличение высоты растений при увеличении площади питания (таблица 1). Черезрядный посев сафлора с нормой высева 200 тыс./га способствовал увеличению высоты растений от 2,0 см у сорта Астраханский 747 St, до 11,0 см у сорта Талан.

Таблица 1 – Влияние способов посева и нормы высева на высоту растений и образование боковых побегов сафлора (средние показатели за 2021-2022 гг.)

Table 1 – The effect of sowing methods and seeding rates on plant height and the formation of lateral shoots of safflower (average figures for 2021-2022)

shoots of sower (average figures for 2021-2022)					
Способ посева / The method of sowing	Норма высева, тыс. семян/га / Seeding rate, thousand seeds/ha	Высота растений, см / Height of plants, cm	Количество боковых ветвей, шт. / Number of side branches, pcs.		
			Всего / Total	Продуктивных / Productive ones	Непродуктивных / Not productive
Астраханский 747 / Astrakhansky 747 St					
Рядовой посев (15 см) / Ordinary sowing (15 cm)	350	66,0	7,0	4,4	2,6
Черезрядный посев (30 см) / Through-row seeding (30 cm)	200	68,0	13,0	8,0	5,0
Талан / Talan					
Рядовой посев (15 см) / Ordinary sowing (15 cm)	350	65,0	6,2	4,4	1,8
Черезрядный посев (30 см) / Through-row seeding (30 cm)	200	76,0	14,0	11,0	3,0
Центр 70 / Center 70					
Рядовой посев (15 см) / Ordinary sowing (15 cm)	350	64,0	5,7	3,7	2,0
Черезрядный посев (30 см) / Through-row seeding (30 cm)	200	69,0	13,0	9,0	4,0
Цамбули / Tsambuli					
Рядовой посев (15 см) / Ordinary sowing (15 cm)	350	65,0	6,5	4,3	2,2
Черезрядный посев (30 см) / Through-row seeding (30 cm)	200	70,0	15,0	12,0	3,0

В сравнении с рядовым способом посева черезрядный посев с нормой высева 200 тыс./га обеспечивал образование наибольшего количества боковых ветвей у всех сортов. Так, у стандарта Астраханский 747 количество ветвей при черезрядном посеве на 6,0 шт. больше, чем при рядовом, а у сортов Центр 70 и Талан – 7,3 шт. и 7,8 соответственно. Наибольшее количество боковых ветвей формировалось у сорта Цамбули при черезрядном посеве с нормой высева 200 тыс./га – 15,0 шт., что на 8,5 шт. больше, чем при рядовом посеве с нормой высева 350 тыс./га.

Известно, что оптимальная схема размещения обеспечивает растению не только нужную площадь питания, но и степень освещения всей его массы. В загущенных посевах сафлора увеличивается водопотребление растений, почва быстро иссушается, при этом недостаток площади питания не дает растениям достаточно раскуститься, боковые ветви второго порядка практически отсутствуют, стебель вытягивается, ветви, листья и корзинки становятся меньше, уменьшается и их количество, что естественным образом влияет на продуктивность растения [11, 12].

Полученные данные показали, что на всех изучаемых сортах при норме высева 350 тыс./га и рядовом посеве через 15 см количество корзинок на 1 растении уменьшалось на 4,2...12,8 шт. или 1-3 раза относительно черезрядного посева (таблица 2). Наибольшее количество корзинок при черезрядном посеве с нормой высева 200 тыс./га – 19 шт. отмечалось у сорта Центр 70, что на 10 шт. больше стандартного сорта.

Таблица 2 – Элементы продуктивности сафлора в зависимости от нормы высева и способа посева (средние показатели за 2021-2022 гг.)

Table 2 – Elements of safflower productivity depending on the seeding rate and the method of sowing (average figures for 2021-2022)

Способ посева / The method of sowing	Норма высева, тыс. семян/га / Seeding rate, thousand seeds/ha	Количество корзинок на 1 растении, шт. / Number of baskets per 1 plant, pcs	Диаметр корзинок, мм / Diameter of baskets, mm	Количество семян в корзинке, шт. / Number of seeds in a basket, pcs	Масса семян с 1 корзинки, г / Weight of seeds from 1 basket, g
Астраханский 747 / Astrakhansky 747 St					
Рядовой посев (15 см) / Ordinary sowing (15 cm)	350	4,8	18	17	0,65
Черезрядный посев (30 см) / Through-row seeding (30 cm)	200	9,0	26	19	0,76
Талан / Talan					
Рядовой посев (15 см) / Ordinary sowing (15 cm)	350	5,6	19	20	0,69
Черезрядный посев (30 см) / Through-row seeding (30 cm)	200	12,0	22	25	0,93
Центр 70 / Center 70					
Рядовой посев (15 см) / Ordinary sowing (15 cm)	350	6,2	19	21	0,69
Черезрядный посев (30 см) / Through-row seeding (30 cm)	200	19,0	24	26	1,04
Цамбули / Tsambuli					
Рядовой посев (15 см) / Ordinary sowing (15 cm)	350	5,0	20	18	0,66
Черезрядный посев (30 см) / Through-row seeding (30 cm)	200	12,0	22	22	0,85
<i>НСР₀₅ по фактору А / НСР₀₅ for factor A</i>		0,9	1,2	2,3	0,2
<i>НСР₀₅ по фактору В / НСР₀₅ for factor B</i>		1,3	1,7	3,3	0,3
<i>НСР₀₅ по фактору А+В / НСР₀₅ for factor A+B</i>		1,1	1,5	2,8	0,2

При черезрядном посеве с нормой высева 200 тыс./га увеличивался и диаметр корзинок на 4...8 мм, что выше показателей при рядовом посеве на 10...44 %.

Количество семян в корзинке варьировало по вариантам опыта и сортам от 17 до 26 шт. Максимальное количество семян в корзинке было отмечено у сортов Талан – 25 шт. и Центр 70 – 26 шт. при черезрядном посеве с нормой высева семян 200 тыс./га. В среднем по сортам на вариантах с черезрядным посевом и густотой высева 200 тыс./га количество семян в корзинке увеличивалось на 12...25 %.

Как видно из таблицы 2, масса семян с 1 корзинки также возрастала при уменьшении нормы высева до 200 тыс./га на 0,11...0,35 г или 17...51 % по сравнению с нормой 350 тыс./га. Наибольший показатель этого признака был отмечен при черезрядном посеве у сорта Центр 70 – 1,04 г, в то время как при рядовом посеве масса семян с корзинки данного сорта не превышала 0,69 г.

В богарных условиях существенное влияние на урожайность сафлора оказывают условия года. Обеспеченность осадками и умеренные температуры положительно сказываются на продуктивности, увеличивая показатели всех ее элементов [13].

Обеспеченность осадками в период проведения изучения способствовала получению высоких урожаев семян. За счет уменьшения густоты посева и расширения междурядий увеличивались количество семян на растении и масса 1000 семян (таблица 3).

Таблица 3 – Семенная продуктивность сафлора в зависимости от нормы высева и способа посева (средние показатели за 2021-2022 гг.)

Table 3 – Safflower seed productivity depending on the seeding rate and the method of sowing (average figures for 2021-2022)

Способ посева / The method of sowing	Норма высева, тыс. семян/га / Seeding rate, thousand seeds/ha	Количество выполненных семян на 1 растении, шт. / The number of completed seeds per 1 plant, pcs.	Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g	Урожайность, ц/га / Yield, c/ha
Астраханский 747 / Astrakhansky 747 St				
Рядовой посев (15 см) / Ordinary sowing (15 cm)	350	67	41,68	8,2
Черезрядный посев (30 см) / Through-row seeding (30 cm)	200	162	43,31	10,2
Талан / Talan				
Рядовой посев (15 см) / Ordinary sowing (15 cm)	350	78	42,32	12,5
Черезрядный посев (30 см) / Through-row seeding (30 cm)	200	238	44,07	16,8
Центр 70 / Center 70				
Рядовой посев (15 см) / Ordinary sowing (15 cm)	350	102	41,50	13,4
Черезрядный посев (30 см) / Through-row seeding (30 cm)	200	381	44,23	19,3
Цамбули / Tsambuli				
Рядовой посев (15 см) / Ordinary sowing (15 cm)	350	84	42,04	10,9
Черезрядный посев (30 см) / Through-row seeding (30 cm)	200	258	43,63	14,7
НСП ₀₅ по фактору А / НСП ₀₅ for factor A		7,2	5,5	3,6
НСП ₀₅ по фактору В / НСП ₀₅ for factor B		10,2	7,8	5,1
НСП ₀₅ по фактору А+В / НСП ₀₅ for factor A+B		8,8	6,7	4,4

Как видно из таблицы 3, при черезрядном посеве и норме высева 200 тыс./га количество семян с одного растения у всех изучаемых сортов увеличивалось в 2-3 раза относительно рядового посева. Наибольшее количество семян отмечалось у сорта Центр 70 – 381 шт.

Масса 1000 семян изучаемых сортов увеличивалась при черезрядном посеве на 4...7 % или 1,63...2,73 г. Наибольшие показатели при этом отмечались у сортов Центр 70 и Талан – 44,23 и 44,07 г., соответственно.

На урожайность сафлора способы посева и норма высева семян также оказывали существенное влияние. Особенно заметный прирост урожая обеспечивался при посеве черезрядным способом и норме высева 200 тыс. /га. Прибавка при этом составляла от 2,0 ц/га у сорта Астраханский 747 St до 5,9 ц/га у сорта Центр 70, что выше вариантов с рядовым посевом и нормой высева 350 тыс./га на 24...44 %. Максимальная урожайность сафлора в опыте отмечалась у сортов Талан – 16,8 ц/га и Центр 70 – 19,3 ц/га при черезрядном посеве.

Заключение. Как показали результаты исследований, получение более высокого урожая семян сафлора возможно при ширине междурядья 30 см и норме высева 200 тыс./га. Преимущества черезрядного посева состоят в том, что он обеспечивает лучшие условия для роста и развития растений. За счет увеличения площади питания увеличивается количество продуктивных ветвей, диаметр корзинок и число семян в них, возрастает продуктивность растений в целом. Данный способ посева способствует увеличению урожайности растений на 24...44 %, что особенно актуально при размножении перспективных коллекционных и селекционных сортообразцов.

Conclusions. As the research results have shown, obtaining a higher yield of safflower seeds is possible with a row spacing of 30 cm and a seeding rate of 200 thousand per hectare. The advantages of single-row seeding are that it provides the best conditions for plant growth and development. By increasing the feeding area, the number of productive branches, the diameter of the baskets and the number of seeds in them increase, and the productivity of plants as a whole increase. This method of sowing helps to increase the yield of plants by 24...44 %, which is especially important when propagating promising collection and breeding varieties.

Библиографический список

1. Кулешов А. М. Особенности технологии возделывания сафлора в условиях Волгоградской области. Научно-агрономический журнал. 2020. № 2 (109). С. 51-54.
2. Мажаев Н. И. и др. Инновационные приемы формирования высокопродуктивных агроценозов сафлора в Саратовском Заволжье. Инновации и инвестиции. 2014. № 7. С. 19-22.
3. Плещачёв Ю. Н., Воронов С. И., Магомедова Д. А. Элементы технологии возделывания различных сортов сафлора красильного. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 134-142.
4. Nauman Khalid A., et al. Comprehensive characterisation of safflower oil for its potential applications as a bioactive food ingredient. Trends in Food Science & Technology. 2017. No. 66. Pp. 176-186.
5. Насиев Б. Н., Василина Т. К., Жылкыбай А. М. Биологические приемы возделывания сафлора в органической системе земледелия Западного Казахстана. Плодородие. 2022. № 1 (124). С. 57-60.
6. Сафина Н. В., Кильянова Т. В. Технология возделывания сафлора красильного в условиях Среднего Поволжья. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2019. Т. 21. № 6 (92). С. 95-100.
7. Болдырь Д. А., Сухарева Е. П. Технология возделывания сафлора красильного. Научно-агрономический журнал. 2013. № 2 (93). С. 23-26.
8. Киричкова И. В., Мелихов А. В., Васильев А. М. К вопросу повышения продуктивности сафлора красильного в условиях Волго-Донского междуречья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 90-98.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследования. 2014. 351 с.
10. Картамышева Е. В., Кондаурова В. Е., Лучкина Т. Н., Реутин А. В., Гаврилова В. А. Сорт сафлора красильного Алмаз. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 6. С. 41-44.
11. Зайцева Н. А., Климова И. И. Оценка сортообразцов сафлора на продуктивность и качество в аридных условиях Северного Прикаспия. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. № 24 (5). С. 785-791.
12. Зайцева Н. А., Климова И. И., Ячменева Е. В. Селекционная ценность сафлора красильного в аридных условиях Северного Прикаспия. Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17. № 4. С. 466-472.
13. Hudzenko V. M., et al. Assessment of ecological stability in yield for breeding of spring barley cultivars with increased adaptive potential. Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2020. No. 3. Pp. 425-430.

References

1. Kuleshov A. M. Features of safflower cultivation technology in the Volgograd region. Scientific and agro-nomic journal. 2020. No. 2 (109). Pp. 51-54.
2. Mazhaev N. I., et al. Innovative methods of formation of highly productive safflower agroecocenes in the Saratov Trans-Volga region. Innovations and investments. 2014. № 7. Pp. 19-22.

3. Pleskachev Yu. N., Voronov S. I., Magomedova D. A. Elements of technology for cultivating various varieties of safflower. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020. No 3 (59). Pp. 134-142.
4. Nauman Khalid A., et al. Comprehensive characterization of safflower oil for its potential applications as a bioactive food ingredient. Trends in Food Science & Technology. 2017. No. 66. Pp. 176-186.
5. Nasiev B. N., Vasilina T. K., Zhylybay A. M. Biological Methods of Safflower Cultivation in the System of Organic Agriculture of Western Kazakhstan. Fertility. 2022. № 1 (124). Pp. 57-60.
6. Safina N. V., Kilyanova T. V. Technology of dyeing safflower cultivation in the Middle Volga region. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2019. V. 21. № 6 (92). Pp. 95-100.
7. Boldyr D. A., Sukhareva E. P. Technology of growing safflower dyeing. Scientific and Agronomic Journal. 2013. № 2 (93). Pp. 23-26.
8. Kirichkova I. V., Melikhov A. V., Vasil'ev A. M. On the issue of increasing the productivity of safflower in the Volga-Don interfluvium. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2019. № 2 (54). Pp. 90-98.
9. Dospekhov B. A. Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results. 2014. 351 p.
10. Kartamysheva E. V., Kondaurova V. E., Luchkina T. N., Reutina A. V., Gavrilova V. A. The Diamond safflower variety. Bulletin of the Russian Agricultural Science. 2018. No 6. Pp. 41-44.
11. Zaitseva N. A., Klimova I. I. Assessment of safflower variety samples for productivity and quality in arid conditions of the Northern Caspian Sea. Agricultural science of the Euro-North-East. 2023. No. 24 (5). Pp. 785-791.
12. Zaitseva N. A., Klimova I. I., Yachmeneva E. V. Breeding value of safflower in arid conditions of the Northern Caspian Sea. Bulletin of the RUDN University. Series: Agronomy and animal husbandry. 2022. V. 17. No. 4. Pp. 466-472.
13. Hudzenko V. M., et al. Assessment of ecological stability in yield for breeding of spring barley cultivars with increased adaptive potential. Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2020. No. 3. Pp. 425-430.

Информация об авторах

Зайцева Надежда Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, 8), e-mail: konf_pniiaz@mail.ru

Климова Ирина Ивановна, научный сотрудник, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, 8), e-mail: irina.ssd1981@yandex.ru

Ячменёва Екатерина Васильевна, научный сотрудник, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, 8), e-mail: rfn.yz2009@mail.ru

Authors' Information

Zaitseva Nadezhda Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solenoye Zaymische Village, Severny Quarter, 8), e-mail: konf_pniiaz@mail.ru

Klimova Irina Ivanovna, Researcher, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solenoye Zaymische Village, Severny Quarter, 8), e-mail: irina.ssd1981@yandex.ru

Yachmeneva Ekaterina Vasilyevna, Researcher, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solenoye Zaymische Village, Severny Quarter, 8), e-mail: rfn.yz2009@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-12

THE SITE SELECTION, PREPARATION OF THE SOIL AND PLANTING MATERIAL FOR THE VINEYARDS ESTABLISHING¹Zamanidi P. K., ²Aleinikova S. S., ²Petrov N. Yu., ²Kuznetsov Yu. V., ²Nekrasova T. N.¹*Institute of Olives, Tropical Crops and Grapes of Kriti, Department of Viticulture in Likovris Athens, Greece*²*Volgograd State Agrarian University Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: npetrov60@list.ru

Received 10.04.2025

Submitted 02.06.2025

Abstract

Introduction. The Government of the Russian Federation has announced intentions to significantly expand the nation's vineyard area over the next few years, aiming to double current cultivation despite challenges posed by global health crises and economic sanctions implemented by Western nations. This paper provides an extensive overview of modern methods for establishing new vineyards, drawing upon decades of empirical research and practical expertise accumulated both domestically and internationally.

Vineyards represent long-term investments, often lasting several decades before reaching full productivity. Consequently, any errors during initial establishment can lead to severe consequences affecting crop yield and quality, which may become irreversible. Therefore, it is essential to ensure careful planning, proper application of agricultural technologies, and thorough economic justification prior to planting.

In regions such as Volgograd, traditional grape cultivation predominantly occurs on small-scale private landholdings rather than industrialized farms spanning thousands of hectares. Typically, vines thrive best under specific climatic conditions on southward-facing slopes situated between elevations of 350-500 meters above sea level, sheltered from harsh northerly winds. Proximity to bodies of water also enhances microclimatic benefits through humidity regulation.

Optimal Climatic Conditions. For successful dryland viticulture, total annual active temperature sums ranging from 2,800 °C to 4,000 °C are recommended. Additionally, annual rainfall within the range of 500-700 millimeters ensures adequate hydration without excessive stress on root systems. A critical indicator used to assess soil moisture adequacy is the Hydrothermal Coefficient (HTC), ideally maintained around 1.6 units.

Target Audience. This publication targets diverse stakeholders including academic researchers, educators, postgraduate scholars, professional agronomists, and commercial farmers involved directly in viticulture activities. By providing comprehensive insights into state-of-the-art methodologies and highlighting potential pitfalls, this resource aims to support informed decision-making processes towards sustainable expansion efforts in Russian viticulture sectors.

Object. Planting of grape varieties in the Gornaya Polyana Scientific and Production Center in the light chestnut soil subzone in 2019-2022.

Materials and methods. Experimental studies were conducted by the Grape Breeding and Nursery Center in 2019-2022 in the fields of the Agrobiotechnology research ground, the Research Institute of Fundamental and Applied Agrobiotechnology, and the Volgograd State Agrarian University. To create full-fledged vineyards with high productivity and good harvest quality, sufficient growth force and durability of plantings, it is necessary to carry out all the work related to planting grapes efficiently and in a timely manner. The recommendation on the Methodology of building field experience in viticulture was used. I. Tenaciously. The laying of the field experience was carried out taking into account the recommendations of S. A. Makarov, which adopted the accuracy of the field experience with pruning and bush loading of 7-8 %, as well as taking into account the amendments by B. A. Dospekhov. A plot of land has been allocated for the laying of a vineyard, grape sorting has been established (for areas with grafted crops and rootstock varieties), methods of pre-planting soil preparation, timing and methods of planting have been determined, a plan for the organization of the vineyard territory has been drawn up, types of grape bush formations and pruning methods have been established. At the same time, one of the crucial issues is the correct choice of land for a vineyard.

Results and conclusions. The present paper delves into contemporary methodologies encompassing various stages of vineyard establishment, focusing specifically on aspects such as preparatory works for field and soil optimization, variety and rootstock selection strategies, pre-transplant treatment protocols for young saplings, and efficient planting techniques.

When selecting appropriate locations for developing new vineyards, environmental factors must be rigorously evaluated. These include both macro-climatic parameters like light exposure, thermal regimes, wind patterns, etc., along with localized geological characteristics, particularly soil composition and subterranean structures. Preliminary steps involve systematic organization and implementation of technical interventions aimed at optimizing the chosen site's suitability for horticultural purposes. Such measures might entail clearing debris such as tree stumps and large rocks, eliminating invasive flora species, ensuring uniform topographic profiles via grading operations, enhancing fertility levels if required, among other preparatory actions.

Additionally, attention must be given to achieving effective spatial arrangements of individual vines across designated fields while simultaneously guaranteeing high-quality propagation materials. Herein lies the importance of adopting suitable cultivars, either grafted onto compatible rootstocks or utilizing self-rooted stock depending on regional preferences and ecological demands. Furthermore, precise handling procedures concerning these propagules' readiness for transplantation constitute another crucial element warranting detailed discussion. Finally, diverse modes of planting be they manual labor-intensive approaches or mechanized alternatives must be critically assessed according to local operational constraints and cost-benefit analyses.

Through meticulous integration of all aforementioned elements, this document seeks to provide practitioners with actionable guidance toward realizing robust, productive, and sustainable viticulture enterprises.

Keywords: *soil types, grape varieties, climatic conditions of grape cultivation, preparation of grape seedlings, grape planting material.*

Citation. Zamanidi P. K., Aleinikova S. S., Petrov N. Yu., Kuznetsov Yu. V., Nekrasova T. N. The site selection, preparation of the soil and planting material for the vineyards establishing. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 116-126 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-12.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, implementation or analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare that they have no conflict of interest.

УДК 634.8

**ВЫБОР УЧАСТКА, ПОДГОТОВКА ПОЧВЫ И ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА
ПОД ЗАКЛАДКУ ВИНОГРАДНИКОВ**¹Заманиди П. К., кандидат сельскохозяйственных наук²Алейникова С. С., кандидат сельскохозяйственных наук²Петров Н. Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор²Кузнецов Ю. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор²Некрасова Т. Н., соискатель, кандидат филологических наук, доцент¹Институт маслины, тропических культур и винограда Крити, отдел виноградарства в Ликоврисси
г. Афины, Греция²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Правительство Российской Федерации объявило о намерении значительно расширить площадь виноградников страны в ближайшие годы, поставив цель удвоить нынешний объем производства, несмотря на проблемы, вызванные глобальным кризисом здравоохранения и экономическими санкциями, введенными западными странами. Настоящая статья представляет собой обширный обзор современных методов организации новых виноградников, основанный на многолетних эмпирических исследованиях и практическом опыте специалистов, накопленном как внутри страны, так и за рубежом.

Создание виноградника – это долгосрочная инвестиция, часто рассчитанная на десятилетия до достижения полной продуктивности. Поэтому любые ошибки, допущенные на начальном этапе закладки, могут привести к серьезным последствиям, негативно влияющим на урожайность и качество винограда, исправить которые впоследствии бывает крайне сложно. Именно поэтому чрезвычайно важно обеспечить тщательное планирование, правильное применение агротехнических мероприятий и всестороннее обоснование экономической целесообразности перед началом посадочных работ.

В регионах типа Волгоградской области традиционное виноградарство преимущественно ведется на небольших частных участках, а не крупными специализированными хозяйствами площадью тысячи гектаров. Виноградники традиционно располагаются на южных склонах, защищенных от холодных северных ветров, на высоте от 350 до 500 метров над уровнем моря. Благоприятно также наличие водоемов поблизости, способствующих созданию оптимального микроклимата благодаря регулированию влажности воздуха.

Для успешного выращивания винограда в условиях сухопутного земледелия рекомендуется общая сумма активных температур в пределах от 2800 °С до 4000 °С ежегодно. Годовая норма осадков должна составлять от 500 до 700 мм, обеспечивая достаточную увлажненность почвы без чрезмерного напряжения корневой системы растений. Важнейшим показателем оценки обеспеченности влагой является гидротермический коэффициент (ГТК), оптимальное значение которого составляет около 1,6 единиц.

Данная работа предназначена для широкого круга заинтересованных лиц, включая научных исследователей, преподавателей вузов, аспирантов, профессиональных агрономов и коммерческих производителей, непосредственно занимающихся деятельностью в сфере виноградарства. Предоставляя исчерпывающие рекомендации по современным методикам и выявлению возможных рисков, этот ресурс призван способствовать принятию обоснованных решений, направленных на устойчивое развитие отрасли российского виноградарства. **Объект.** Высадка сортов винограда в УНПЦ «Горная Поляна» в подзоне светло-каштановой почв в 2019-2022 гг. **Материалы и методы.** Исследования проведены в условиях светло-каштановой почвы Волгоградской области на полях научно-исследовательского полигона НИИ фундаментальных и прикладных агrobiотехнологий, Волгоградского государственного аграрного университета, центром селекции и питомниководства винограда. **Результаты и выводы.** Данная работа посвящена исследованию современных методов, охватывающих различные этапы организации виноградников, уделяя особое внимание таким аспектам, как подготовительные мероприятия по оптимизации полей и почв, стратегии выбора сортов и подвоя, протоколы предпосадочной обработки молодых саженцев и эффективные технологии посадки.

При выборе оптимальных местоположений для разведения новых виноградников необходимо проводить строгий анализ экологических факторов. Это включает оценку макроклиматических показателей, таких как освещенность, тепловой режим, направление ветра и другие факторы, наряду с локальными геологическими характеристиками, особенно составом почвы и подземными структурами. Предварительными этапами являются систематическая организация и реализация технических мер, направленных на повышение пригодности выбранного участка для садоводческих целей. Эти меры включают очистку территории от мусора вроде древесных пней и крупных камней, ликвидацию сорняков, выравнивание поверхности земли путем профилирования рельефа, улучшение плодородия почвы, если это необходимо, и другие подготовительные действия.

Кроме того, большое внимание уделяется достижению эффективного пространственного размещения отдельных кустов на отвёдённых полях одновременно с обеспечением высокого качества посадочного материала. Здесь важна роль подбора подходящих сортов, будь то привитые на совместимый подвой или самокорневые растения, исходя из региональных предпочтений и требований экологии местности. Точно так же важны процедуры подготовки самих размножаемых экземпляров к пересадке, которые требуют детального обсуждения. Наконец, разнообразные способы посадки, будь то трудоёмкий ручной труд или механизированные альтернативы, подлежат критическому анализу в зависимости от местных условий эксплуатации и соотношения затрат и выгод.

Путем тщательного объединения всех вышеуказанных элементов данная публикация стремится предложить практикующим специалистам действенное руководство по реализации эффективных, высокопродуктивных и экологически устойчивых предприятий в области виноградарства.

Ключевые слова: типы почвы, сорта винограда, климатические условия возделывания винограда, подготовка саженцев винограда, посадочный материал винограда.

Цитирование. Заманиди П. К., Алейникова С. С., Петров Н. Ю., Кузнецов Ю. В., Некрасова Т. Н. Выбор участка, подготовка почвы и посадочного материала под закладку виноградников. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 116-126. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-12.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Виноградник – это не просто сельскохозяйственное предприятие, а многолетняя инвестиция, рассчитанная на десятилетия. Ошибки, допущенные при его закладке, в дальнейшем исправить крайне сложно, а иногда и вовсе невозможно. Именно поэтому этап проектирования и организации виноградных насаждений требует глубокого анализа, точного расчёта и чёткого следования агротехническим и экономическим принципам.

В Волгоградской области виноградарство имеет устойчивые традиции, но в основном оно ограничено приусадебными участками. Крупные специализированные хозяйства, обрабатывающие более 1000 га винограда, пока отсутствуют. Как правило, виноград размещают на южных и юго-западных склонах, защищённых от холодных ветров, в зонах с высотой 350-500 м над уровнем моря и поблизости от водоёмов – так, чтобы растения «видели» воду. Климатические условия с суммой активных температур от 2800 до 4000 °С и осадками в диапазоне 500-700 мм благоприятствуют богарному виноградарству. Один из ключевых показателей водообеспеченности – гидротермический коэффициент (ГТК), оптимальное значение которого для винограда составляет 1,6.

Материалы и методы. Исследования, направленные на отработку технологии закладки высокопродуктивного виноградника, проводились в 2019-2022 годах Центром селекции и питомниководства винограда Волгоградского ГАУ, на опытных участках научно-исследовательского полигона «Агробиотехнологий», НИИ фундаментальных и прикладных агробиотехнологий. Методологической основой служили рекомендации А. И. Цепко и С. А. Макарова по организации полевых опытов в виноградарстве, с учётом поправок по Б. А. Доспехову, в которой принята точность полевого опыта с обрезкой и нагрузкой на куст 7-8 %.

Перед закладкой виноградника был проведён комплекс мероприятий: от выбора участка, сортов и подвоев до планировки территории, подготовки почвы, выбора схем посадки и типов формировок виноградных кустов и способы обрезки. Решающее значение имеет выбор местности, поскольку от характеристик участка зависят долговечность, продуктивность и устойчивость виноградных насаждений.

Результаты и обсуждение. Несмотря на относительную неприхотливость винограда к типу почвы, лучшие результаты он демонстрирует на хорошо дренированных, плодородных чернозёмах, дерново-карбонатных и коричневых почвах. Абсолютно непригодными считаются участки с близким залеганием грунтовых вод (менее 1 м залегание плотных пород, оглеенных и засоренных горизонтов, грунтовых вод), высоким содержанием солей (в богарных условиях ближе 1,5 м, а в орошаемых – 2 м). Максимально допустимое содержание солей для большинства корнесобственных виноградников европейских сортов не должно превышать 4,5 мг-экв. суммы вредных нейтральных солей и 1 мг-экв. хлоридов на 100 г почвы (для привитых виноградников эти показатели должны быть в два раза ниже). Плотные или заболоченные почвы, тяжелоглинистые, слитые, сильно смытые, каменистые, солонцеватые с содержанием Na более 10 % также являются неблагоприятными факторами при выращивании винограда. Крутые склоны, оползневые участки крутизной более

25 %, а также низины подверженные заморозкам, котловины, создают условия, где виноградник часто страдает от заморозков, зимних морозов и грибных заболеваний. Чтобы слой почвенного горизонта 40 см...2 м имел плотность ниже $1,55 \text{ г/см}^3$, если имеются даже ленты, шириной 3...5 см с плотностью почвы более $1,55 \text{ г/см}^3$, то корневая система виноградного растения не развивается, т.к. не может пробить этот плотный слой почвы.

Подготовка участка начинается с очистки территории от растительности и посторонних предметов (большие камни увозят, а маленькие разбивают кувалдой), выравнивания рельефа (расчищают его от кустарников, деревьев, пней, камней, засыпают овраги, ямы и выравнивают холмы) и создания водоотводов от избыточного содержания влаги в почве, которые образуют дренажную сеть (водоотводные каналы, лотки, хранилища для воды). Склоны с уклоном свыше 10° террасируются, участки с сорными многолетниками в течение нескольких лет засеваются сидератами, преимущественно из семейства бобовых.

Перед началом обработки почвы проводят дисковое лушение сорняков, при наличии большого количества сорной растительности проводят обработку гербицидами, затем под плантаж в почву вносят, в зависимости от содержания в ней элементов питания, органические и минеральные удобрения, в основном в большинстве хозяйств вносят большие дозы фосфорных и калийных удобрений (13-15 ц/га суперфосфата и 5-7 ц/га калийной соли).

Для улучшения структуры почвы, её водопроницаемости и плодородия проводят плантажную вспашку на глубину от 60 до 100 см, с последующим выравниванием тяжёлыми боронами.

Основной вид плантажной обработки – плужный, сплошной с оборотом пласта, выполняемый с помощью плантажных плугов с предплужниками. Глубина обработки зависит от типа почвы, рельефа местности и климатических особенностей региона. Чем суше климат и почва, тем глубже должна быть обработка. В зависимости от типа почвы плантаж проводят на различную глубину 60-100 см. Сроки плантажной вспашки согласуются с временем посадки винограда. В зоне Волгоградской области оптимальным сроком для посадки винограда является конец мая, поэтому плантаж необходимо поднимать летом, за год до посадки винограда. Вспаханную почву выравнивают с помощью тяжелых угольников – черт-бороной (треугольник, изготовленный из железнодорожных рельс, на котором с нижней стороны приварены зубья длиной 30 см), при этом обработку необходимо проводить вдоль и поперек направления плантажной вспашки. Почва считается окончательно подготовленной после выравнивания, при котором полностью ликвидируются разъемные борозды и гребни пластов. Данную работу проводят летом, когда почва сухая. Основная подготовка завершается обработкой по типу чистого черного пара.

Весенняя предпосадочная подготовка. Весной, за несколько недель до посадки, подготовку почвы начинают с глубокого чизелевания, двукратной культивации и одной фрезерной обработки. В марте-апреле проводят разбивку участка под посадку. Разметка рядов проводится с ориентацией с севера на юг для максимального освещения. Основной способ размещения кустов на участке – рядовой, прямоугольный, при котором ширина междурядий больше, чем расстояние между кустами в ряду. Принятая схема посадки – прямоугольная, с соотношением междурядий к расстоянию между кустами 2:1, оптимально – от 1,2 до 3,5 м между рядами и 0,6-1 м между растениями в ряду, при этом на участке обязательно предварительно необходимо установить шпалеру.

Шпалера и система орошения. На участке устанавливается шпалера – конструкция из оцинкованных металлических столбов с пятью ярусами проволоки. Такая структура позволяет осуществлять механизированную обрезку, укрытие и весеннюю обработку кустов. Лучшими столбами для винограда являются металлические гальванизированные, высота опор над поверхностью почвы должна быть 1,8 м, при этом краевые столбы задавливают на глубину 0,80 м, а промежуточные на 0,60 м. Проволоку необходимо использовать оцинкованную, толщиной 3...4 мм. Количество ярусов и их размещение зависит от применяемой формировки. На укрывных виноградниках в нашем регионе мы рекомендуем первую проволоку натягивать на высоте 0,15...0,20 м, а последующий 2 ярус – две параллельные проволоки на высоте – 0,30 м от первой проволоки. Третий ярус – на высоте 0,40 м от второго яруса проволоки, четвертый ярус две параллельные проволоки закрепляют на высоте 0,40 м от третьего яруса, пятый ярус закрепляют на высоте 0,40 м от четвертого. Многоярусная шпалера позволяет нам вместо подвязки зеленых побегов заводить их между параллельными проволоками. Расположение первой проволоки на высоте 0,20 м от почвы

дает возможность использовать для обрезки механизмы, способствует механизированной осенней укрывке кустов на зиму, механизированной отпашке и пневмоотдувке растений весной.

После монтажа шпалеры устанавливается капельная система орошения с шагом между капельницами 15-20 см.

Густота посадки. Исследования показывают, что основой устойчивого виноградарства является рациональное размещение насаждений с учетом условий среды и биологических особенностей сортов. Этот фактор влияет на продуктивность виноградного растения и его устойчивость к стрессовым явлениям разного характера и имеет фундаментальную основу. При разной плотности посадки установлено, что плотность посадки напрямую не влияет на скорость роста побегов, однако с загущением насаждений снижается длина однолетнего прироста, происходит снижение площади листьев, но не оказывает влияния на такие агробиологические показатели, как доля плодоносных побегов и коэффициент плодоношения. Доля развившихся глазков имеет значимые различия между разреженной, средней и уплотненной посадкой. При разреженной плотности посадки кустов она имеет наивысшие показатели, также как и масса грозди. Урожайность достигает максимального значения при средней и уплотненной плотности посадки. Концентрация сахаров и органолептические качества вин не зависят от густоты посадки.

Принципы подбора сортов винограда. При подборе сортов учитываются цели виноградарства: техническое или столовое направление, требования к качеству урожая, устойчивость к болезням, погодным условиям, солевому и хлорозному стрессу, с учетом соответствия биологических свойств и ценности сорта, природным условиям местности. Основными критериями сортов при этом служат: товарное качество гроздей и ягод и продукты их переработки, морозо- и зимостойкость, засухоустойчивость, устойчивость к болезням и вредителям, хлорозу и солеустойчивость, срок созревания, урожайность и т.д. В каждом виноградарском районе страны исторически складывается сортимент винограда с учетом местных условий, спроса населения и рынка, традиций. Однако он не остается неизменным и претерпевает определенные изменения, вытекающие из новых потребностей общества. Мировая практика виноградарства и виноделия показала, что выдающиеся по качеству вина получают из определенных сортов при выращивании их в микрорайонах, где получают вина контролируемых наименований. Сортимент должен включать 25 % ранних (группа Пино, Шардоне, Таминер и др.), 35-40 % среднеспелых (Алиготе, Рислинг, Мерло и др.) и до 40 % позднеспелых (Каберне-Совиньон, Саперави, Пти Вердо, Ркацители и др.) технических сортов. Ввиду большого интереса потребителей к красным винам, сортам с окрашенной мякотью и соком ягод целесообразно отводить 60 % площадей, а белым 40 %.

Для столовых сортов целесообразно выделять 40 % на ранние, по 30 % – на средние и поздние. Предпочтение нужно отдавать кишмишно-изюмным сортам, пользующимся наибольшим спросом у населения и особенно у детей за их вкусовые качества, товарный вид и др.

При разработке перспективных планов хозяйств необходимо определять не только общую площадь закладки виноградника по годам, но и отдельно по каждому сорту и по каждому участку в конкретных зонах и микрорайонах в зависимости от климатических, почвенных и рельефных условий.

Для закладки виноградных плантаций в зоне распространения филлоксеры необходимо подбирать привойно-подвойные комбинации сортов, т.к. подвой влияет на привой и он должен обеспечить долговечность насаждений, ежегодные высокие и качественные урожаи привитого к нему сорта. Ошибки, допущенные при выборе привойно-подвойных комбинаций, невозможно исправить, и они обычно приводят к низкой продуктивности, хлорозу, выпадению кустов и преждевременной гибели привитых виноградников. Подвойные сорта обладают различной устойчивостью к содержанию в почве подвижных карбонатов. Если компоненты привитых кустов, особенно сорт подвоя плохо приспособлены к высокому содержанию в почве растворимых солей карбонатов, то кусты заболевают хлорозом и вскоре погибают. В разных странах мира разработаны шкалы устойчивости подвойных сортов к содержанию активной извести в почве, при которых привитые сорта не болеют хлорозом. Одна из них разработана Н. Н. Перовым (шкала АЗОС) (таблица 1).

Установлено, что хлороз может быть вызван не только избытком подвижных карбонатов в почве, но и повреждением корней и надземной части куста морозами, поражением грибными и вирусными болезнями, недостатком азота, магния, железа, высокой плотности почв (объемная масса свыше $1,6 \text{ г/см}^3$), отсутствием аэрации и излишним увлажнением, а также проявляется при засухе, избытком солей и соды в почве и др. По данным Н. Н. Перова сорта привоев также сильно отличаются по устойчивости к заболеванию хлорозом и делятся на три группы: слабоустойчивые – Траминер розовый, Пино Блан, Карабурну, Мюллер Тургау, Совиньон, Сильванер и др. Среднеустойчивые – Шардоне, Рислинг Рейнский, Алиготе, Каберне Совиньон, Саперави и др. Устойчивые – Ркацители, Чинури, Первенец Магарача и др.

Таблица 1 – Шкала АЗОС по подбору подвойно-привойных комбинаций для карбонатных почв
Table 1 – AZOS Scale for Selection of Concurrent Combinations for carbonate soils

Максимальная доля подвижного кальция, % / Maximum fraction of mobile calcium, % grafts for lime-resistant grafts	Сорт подвоя / Rootstock variety		
	для слабоустойчивых к извести привоев / rootstock grade for lime-resistant	для среднеустойчивых к извести привоев / grafts for medium-resistant	для устойчивых к извести привоев / grade for lime-resistant
10	Кобер 5ББ, SO ₄ , Крэчунэл-2 / Cober 5BB, SO ₄ , Crackunel-2	Рупестрис дю Ло / Rupestris du Lo	Рипария х Рупестрис 101-14 / Riparia x Rupestris 101-14
14	Кобер 5ББ, SO ₄ , Крэчунэл-2 / Cober 5BB, SO ₄ , Crackunel-2	Кобер 5ББ, SO ₄ , Крэчунэл-2 / Cober 5BB, SO ₄ , Crackunel-2	Рупестрис дю Ло / Rupestris du Lo
20	Шасла х Берлан-диери 41Б / Chasselas x Berland-Dieri 41B	Шасла х Берлан-диери 41Б / Chasselas x Berland-Dieri 41B	Кобер 5ББ, SO ₄ , Крэчунэл-2 / Cober 5BB, SO ₄ , Crackunel-2
до 40 / up to 40	посадка не проводится / boarding is not carried out	Шасла х Берлан-диери 41Б / Chasselas x Berland-Dieri 41B	Шасла х Берлан-диери 41Б / Chasselas x Berland-Dieri 41B
свыше 40 / over 40	закладка виноградников не рекомендуется / planting vineyards is not recommended		

Л. М. Малтабаром в Кубанском ГАУ разработана шкала по устойчивости подвоев к подвижной извести и подвижного кальция (таблица 2).

Таблица 2 – Максимально допустимое содержание подвижного кальция в почве при возделывании основных подвойных сортов винограда, %

Table 2 – Maximum permissible content of mobile calcium in soil during cultivation of the main stock grape varieties, %

№	Сорт подвоя / Rootstock variety	предел устойчивости / stability limit	
		общее количество кальция, % / total amount of calcium, %	активный кальций, % / active calcium, %
1	Феркаль / Fercal	>60	>40
2	41 В	50-60	40
3	140RU	50-60	25-30
4	333EM	50-60	40
5	RSB	40-45	25
6	161-49C	40-45	25
7	420A	40-45	20
8	5C	40-45	18-20
9	Кобер 5ББ / Cober 5BB	40	17-20
10	Крэчунэл 2 / Crecunel 2	35	16-18
11	SO ₄	35	16-17
12	Гравесак / Gravesak	30	15-16
13	110R-1103P	30	14-15
14	1616	25-30	11-12
15	Рупестрис дю Ло / Rupestris du Lo	20-25	11-12
16	101-14	15-20	9-10
17	3309	15-20	9-10
18	Рипария Глуар / Riparia Gloire	10	6-7

Из данных таблицы 2 сорта подвоев по устойчивости к содержанию подвижного кальция в почве разбиты на 3 группы. К слабоустойчивым – до 15 % относятся Рипария Глуар, 101-14, 3309, Рупестрис дю Ло, 1616, 110R. К среднеустойчивым – до 16-30 % относятся: RSB, 161-49C, 420A, SO4, Кобер 5ББ, Крэчунэл-2, 5С, Гравесак. К устойчивым до 40 % относятся: 41Б, Феркаль, 333ЕМ, 140Ru.

Таким образом, при формировании комбинаций подвойно-привойных пар необходимо учитывать устойчивость не только сортов подвоев, но и сортов привоев к воздействию подвижных форм карбонатов, присутствующих в почве. Помимо содержания известных соединений, значительное влияние на выбор подвойно-привойных сочетаний оказывает такой фактор, как аффинитет. Под аффинитетом подразумевается совокупность морфологических, анатомических, физиологических и биологических характеристик, определяющих степень близости (сходства) между подвоями и привоем.

Многие исследователи рассматривают термины «совместимость» и «аффинитет» как взаимосвязанные, однако не идентичные понятия. Если совместимость проявляется в первые годы жизни привитого растения и характеризует возможность нормального роста и развития компонентов прививки, то эффект аффинитета обусловлен совокупностью многих факторов, среди которых ключевую роль играет именно совместимость, дополняемая условиями внешней среды. Высокая степень аффинитета позволяет растению эффективно адаптироваться и поддерживать высокий уровень плодоношения и выживаемости на протяжении длительного периода времени.

Однако комбинации, демонстрирующие превосходный аффинитет в одной среде обитания, могут оказаться маложизненными или вовсе непригодными в другой ситуации вследствие различий в биологии подвоя и привоя. Реакция каждого компонента прививочного комплекса на внешние воздействия неоднородна и специфична, вызывая различия в характере метаболизма и биохимии тканей. В случаях совпадения реакций обоих компонентов обеспечивается высокая эффективность и производительность комбинированного растения, тогда как противоположная реакция ведет к снижению приспособленности и ухудшению качественных характеристик продукции.

Таким образом, правильный выбор подвойных сортов и подвойно-привойных пар требует постановки продолжительных специализированных исследований, учитывающих конкретные почвенно-климатические особенности региона возделывания.

Подготовка саженцев для посадки. Саженцы перевозят к месту посадки во влажной среде, защищая от пересушивания. Вода для увлажнения должна быть мягкой и чистой.

Здоровый посадочный материал – залог успешной приживаемости. Для закладки виноградника в основном применяют однолетние привитые, в отдельных случаях и корнесобственные саженцы. Перед посадкой саженцы проходят предпосадочную подготовку, включающую в себя: обрезку приростов (оставляя побег, длиной на 2...3 глазка); обрезку корней, при посадке под лом корни обрезают на 20...30 мм, если саженцы сажают в ямки, приготовленные механизированно, то обновляют только концы корневых срезов.

Однолетние привитые саженцы вымачивают в воде 72 часа, лучше использовать мягкую проточную воду, парафинируют и помещают в защитные чехлики длиной 0,40...0,45 м, шириной 0,08...0,10 м, который прочно привязывают к подвою в двух местах над основными пяточными корнями и непосредственно под местом спайки, исключающие развитие поверхностных корней. Для фиксации используют натуральные шпагаты, способные разлагаться в течение 2-3 лет. Синтетический шпагат нельзя использовать, т.к. он не способен к саморазрушению и способствует перетяжке и вращению в ткани штамба. Изоляция подземного штамба от прямого контакта с почвой препятствует образованию поверхностных корней и позволяет исключить трудоемкую работу – катаровку (обрезка поверхностных корней на молодых виноградных насаждениях). Подготовленные саженцы связывают в пучки, укладывают в мешки и к месту посадки в поле подвозят, накрыв мокрой мешковиной. Для предохранения от подсушивания у места посадки устанавливается емкость с водой, в которую ставят нижними концами саженцы. Саженцы подносят к месту посадки в ведрах с водой.

Оптимальные сроки и глубина посадки. На территории Волгоградской области наилучшим периодом для посадки винограда считается вторая половина мая – время, когда минует угроза возвратных заморозков, а почва прогревается до стабильных температур. Рекомендуемая глубина размещения саженцев в грунте составляет 45-50 см, что обеспечивает оптимальные условия для укоренения и устойчивого развития подземной части растения.

Методы посадки: выбор в зависимости от условий.

В практике закладки виноградников наибольшее распространение получили два основных метода посадки: с использованием специализированного инструмента – меча Колесова, а также ручная посадка в заранее подготовленные посадочные ямы.

1. Посадка мечом Колесова.

Этот способ применяется преимущественно на участках с лёгкими, хорошо структурированными почвами. Сначала при помощи инструмента формируется вертикальное отверстие в грунте. В полученную скважину аккуратно устанавливают саженец так, чтобы место прививки располагалось на 2-3 см выше уровня земли. Затем саженец плотно обжимают почвой с обеих сторон и формируют земляной холмик, который должен покрывать верхушку побега на 5 см. После завершения посадки включается капельная система орошения для обеспечения первоначального водного режима.

2. Посадка в ямки.

Для механизированной посадки используют ямокопатели, которые формируют лунки глубиной 50-60 см. На дно каждой ямы вносится смесь плодородной почвы с органическими компонентами (например, торфом) и минеральными удобрениями. Саженец размещается таким образом, чтобы место прививки оставалось над поверхностью почвы. После частичной засыпки почвой проводится обильный полив, затем яма заполняется полностью, а над побегом формируется защитный холмик. Такой способ особенно эффективен на уплотнённых или глинистых почвах.

При предпосевной подготовке почвы следует также ответить на актуальный вопрос – является ли окучивание необходимостью или избыточной мерой? Несмотря на то, что некоторые хозяйства отказываются от окучивания парафинированных саженцев, опыт показывает, что этот этап крайне важен даже при наличии защитных составов. Земляной холмик способствует сохранению влаги, защищает верхушку побега от температурных колебаний и активизирует рост побегов из нижних глазков.

Уход за молодыми виноградными насаждениями.

Первые месяцы жизни виноградных растений в новом месте критичны для их дальнейшего развития. Основные элементы ухода включают:

- регулярное орошение с использованием капельной системы;
- своевременное рыхление почвы для предупреждения образования плотной корки;
- поддержание чистоты рядов от сорных растений, особенно в зоне корнеобитания;
- удаление подвойной поросли и поверхностных корней (катаровка), формирующихся вне зоны планируемого корнеобитаемого горизонта;
- формирование вертикального роста побегов с обязательной подвязкой зелёных побегов к приштамбовым колышкам;
- защита от болезней и вредителей – обработка системными фунгицидами и инсектицидами, если необходимо.

Следует отметить, что разокучивание (снижение земляного холмика) возможно только в середине августа, когда завершён основной рост побегов и отсутствует риск повреждения молодых побегов возвратными холодами.

Заключение. Закладка виноградника – это стратегически важный этап, определяющий продуктивность и долговечность всей плантации на десятилетия вперёд. Ошибки, допущенные при выборе участка, подготовки почвы, подборе посадочного материала и технологии посадки, зачастую не поддаются исправлению и снижают рентабельность выращивания культуры.

Чтобы виноградник функционировал эффективно 40-50 лет и дольше, необходимо:

- грамотно выбирать участок с учётом микроклимата и типа почвы;
- строго соблюдать технологию подготовки почвы и посадки;
- использовать качественные, сертифицированные саженцы;
- учитывать биологическую совместимость подвоев и привоев;
- не упускать из внимания агротехнические мелочи, такие как окучивание, капельное орошение, подвязка побегов.

Правильный старт – это основа стабильного урожая, высокого качества ягод и долгой, продуктивной жизни каждого виноградного куста.

Conclusions. The establishment of a vineyard is a strategically important stage that determines the productivity and longevity of the entire plantation for decades to come. Mistakes made in the selection of the site, soil preparation, selection of planting material and planting technology often cannot be corrected and reduce the profitability of growing the crop.

In order for the vineyard to function effectively for 40-50 years or longer, it is necessary:

- choose a site wisely, taking into account the microclimate and soil type;
- strictly follow the technology of soil preparation and planting;
- use high-quality, certified seedlings;
- take into account the biological compatibility of rootstocks and scions;
- do not lose sight of agrotechnical trifles, such as hilling, drip irrigation, tying shoots.

The right start is the basis for a stable harvest, high quality berries and a long, productive life of each grape bush.

Библиографический список

1. О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации: ФЗ от 27.12.2019 N 468-ФЗ. Собрание законодательства РФ. 2019. № 52. Ст. 7786.
2. Петров В. С., Алейникова Г. Ю., Мarmorштейн А. А. Методы исследований в виноградарстве. Краснодар, 2021. 147 с.
3. Петров В. С., Алейникова Г. Ю., Мarmorштейн А. А. Агроэкологическое зонирование территории для оптимизации размещения сортов, устойчивого виноградарства и качественного виноделия: монография. Краснодар, 2020. 138 с.
4. Майбородин С. В. Оптимальные параметры агротехники для технических сортов винограда в условиях Нижнего Придонья. Вестник Донского государственного аграрного университета. 2023. № 2 (48). С. 29-35.
5. Егоров Е. А. и др. Современные инструментальные и полевые методы исследований плодовых культур и винограда, продуктов их переработки. Краснодар: Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия. 2024. 447 с.
6. Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Применение минеральных удобрений при формировании молодых плантаций виноградников на капельном орошении в условиях Республики Крым. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 92. № 1. С. 87-98.
7. Исаенко А. П. Оценка развития виноградарства и виноделия в России. Вестник Адыгейского государственного университета. Серия: Экономика. 2020. № 3 (265). С. 37-43.
8. Мухаметзянов Р. Р., Джанчарова Г. К., Арзамасцева Н. В. Изменение объемов производства фруктов, ягод и винограда в России. Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 9. С. 67-72.
9. Овчинников А. С., Бородычев В. В., Гуренко В. М. К вопросу разработки закона и программы развития отрасли виноградарства и виноделия в Волгоградской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 14-28.
10. Зармаев А. А. Методологические подходы к закладке виноградников. Известия Чеченского государственного университета им. А. А. Кадырова. 2022. № 4 (28). С. 45-49.
11. Петров В. С., Алейникова Г. Ю., Серет О. Л., Мarmorштейн А. А., Руссо Д. Э., Сундырева М. А., Киселева Г. К., Казахмедов Р. Э., Орлов В. А. Методология управления агробиологической, адаптивной и продукционной устойчивостью насаждений винограда в нестабильных погодных условиях и техногенной интенсификации производства. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2024. № 86 (2). С. 16-43.
11. Магомедов М. Г., Мукайлов М. Д., Ахмедов А. М., Макуев Г. А., Рамазанов О. М., Омаров Ш. К., Ашурбекова Ф. А., Магомедов Н. Д. Современное состояние развития виноградарства и виноделия Российской Федерации и меры по их совершенствованию. Проблемы развития АПК региона. 2024. № 2 (58). С. 56-65.
12. Петров В. С. Инновации для устойчивого развития отрасли виноградарства в Российской Федерации. Виноделие и виноградарство. 2021. № 3. С. 4-11.
13. Eichert T., Fernández V. Uptake and release of elements by leaves and other aerial plant parts. Marschner's Mineral Nutrition of Plants. Academic Press. 2023. Pp. 105-129.
14. Ren C., Fan P., Li S., Liang Z. Advances in understanding cold tolerance in grapevine. Plant Physiology. 2023. Vol. 192 (3). Pp. 1733-1746.
15. Hassan A. E., Salem M. A. M. Effect of bio fertilizer, organic manure sources and application method on growth, leaf mineral content, yield and fruit quality of flameseedlees grapes. Menoufia Journal of Plant Production. 2020. V. 5. No. 8. Pp. 345-364.
16. Tangolar S., Demir S., Ada M., Torun A. A., et al. Effects of organic and organomineral fertilizers on yield, quality and plant nutrition in prima grape variety. Mediterranean Agricultural Sciences. 2021. V. 34. No 1. Pp. 9-16.
17. Nadav I. Controlling variability in vineyard with variable rate drip irrigation. Acta Hort. 2021. V. 1314. Pp. 23-30.

References

1. On viticulture and winemaking in the Russian Federation: Federal Law of 27.12.2019 N 468-FL. Collection of Legislation of the Russian Federation. 2019. No. 52. Art. 7786.
2. Petrov V. S., Aleinikova G. Yu., Marmorstein A. A. Research methods in viticulture. Krasnodar, 2021. 147 p.
3. Petrov V. S., Aleinikova G. Yu., Marmorstein A. A. Agroecological zoning of the territory to optimize the placement of varieties, sustainable viticulture and high-quality winemaking: monograph. Krasnodar, 2020. 138 p.
4. Maiborodin S. V. Optimal parameters of agricultural technology for technical grape varieties in the conditions of the Lower Don region. Bulletin of the Don State Agrarian University. 2023. No. 2 (48). Pp. 29-35.
5. Egorov E. A. et al. Modern instrumental and field methods for studying fruit crops and grapes, and their processed products. Krasnodar: North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking. 2024. 447 p.
6. Babichev A. N., Babenko A. A. Application of mineral fertilizers in the formation of young vineyard plantations with drip irrigation in the Republic of Crimea. Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2024. Vol. 92. No. 1. Pp. 87-98.
7. Isaenko A. P. Assessment of the development of viticulture and winemaking in Russia. Bulletin of Adyghe State University. Series: Economics. 2020. No. 3 (265). Pp. 37-43.
8. Mukhametzyanov R. R., Dzhancharova G. K., Arzamasceva N. V. Changes in production volumes of fruits, berries and grapes in Russia. Economics of Agriculture of Russia. 2022. No. 9. Pp. 67-72.

9. Ovchinnikov A. S., Borodychev V. V., Gurenko V. M. On the issue of developing a law and a program for the development of the viticulture and winemaking industry in the Volgograd region. News of the Lower Volga Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020. No. 2 (58). Pp. 14-28.

10. Zarmaev A. A. Methodological approaches to planting vineyards. News of the Chechen State University named after A. A. Kadyrov. 2022. No. 4 (28). Pp. 45-49.

11. Petrov V. S., Aleinikova G. Yu., Seget O. L., Marmorshtein A. A., Russo D. E., Sundyreva M. A., Kiseleva G. K., Kazakhmedov R. E., Orlov V. A. Methodology for managing agrobiological, adaptive and production stability of grape plantings in unstable weather conditions and technogenic intensification of production. Fruit growing and viticulture in the South of Russia. 2024. No. 86 (2). Pp. 16-43.

11. Magomedov M. G., Mukailov M. D., Akhmedov A. M., Makuev G. A., Ramazanov O. M., Omarov Sh. K., Ashurbekova F. A., Magomedov N. D. Current state of development of viticulture and winemaking in the Russian Federation and measures for their improvement. Problems of development of the regional agro-industrial complex. 2024. No. 2 (58). Pp. 56-65.

12. Petrov V. S. Innovations for sustainable development of the viticulture industry in the Russian Federation. Winemaking and viticulture. 2021. No. 3. Pp. 4-11.

13. Eichert T., Fernández V. Uptake and release of elements by leaves and other aerial plant parts. Marschner's Mineral Nutrition of Plants. Academic Press. 2023. Pp. 105-129.

14. Ren C., Fan P., Li S., Liang Z. Advances in understanding cold tolerance in grapevine. Plant Physiology. 2023. Vol. 192 (3). Pp. 1733-1746.

15. Hassan A. E., Salem M. A. M. Effect of bio fertilizer, organic manure sources and application method on growth, leaf mineral content, yield and fruit quality of flameseedlees grapes. Menoufia Journal of Plant Production. 2020. Vol. 5. No. 8. Pp. 345-364.

16. Tangolar S., Demir S., Ada M., Torun A. A., et al. Effects of organic and organomineral fertilizers on yield, quality and plant nutrition in prima grape variety. Mediterranean Agricultural Sciences. 2021. V. 34. No 1. Pp. 9-16.

17. Nadav I. Controlling variability in vineyard with variable rate drip irrigation. Acta Hort. 2021. Vol. 1314. Pp. 23-30.

Информация об авторах

Заманиди Пантелей Константинович, кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Институт маслины, тропических культур и винограда Крити, отдел виноградарства в Ликоврисе (Афины, Греция), e-mail: panzamanidis@yahoo.gr

Алейникова Светлана Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: svetlanape@yandex.ru

Петров Николай Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: npetrov60@list.ru

Кузнецов Юрий Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, декан, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), e-mail: kuv@mail.ru

Некрасова Татьяна Николаевна, соискатель, кандидат филологических наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), e-mail: tnnekrasova@inbox.ru

Authors' Information

Zamandi Panteley Konstantinovich, Candidate of Agricultural Sciences, Honorary Professor of the Kuban State Agrarian University, Chief Researcher, Institute of Olives, Tropical Crops and Grapes of Kriti, Department of Viticulture in Likovris (Athens, Greece), e-mail: panzamanidis@yahoo.gr

Aleynikova Svetlana Sergeevna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: svetlanape@yandex.ru

Petrov Nikolay Yuryevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: npetrov60@list.ru

Kuznetsov Yuri Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: kuv@mail.ru

Nekrasova Tatiana Nikolaevna, applicant, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: tnnekrasova@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-13

THE SELECTION OF TOMATO SOURCE MATERIAL FOR USING AS DONORS OF GENETIC SOURCES OF VALUABLE TRAITS FOR THE MACHINE HARVESTING

Kigashpayeva O. P., Gulin A. V., Kostenko A. N.

All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing –
the Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution
Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Kamyzyak, Astrakhan Region, Russian Federation

Corresponding author E-mail: vniob@mail.ru

Received 22.03.2025

Submitted 16.05.2025

The research was carried out as part of the state assignment on the topic No FNMW-2022-0013 "To create innovative varieties and girids of agricultural crops with high cytogenetic and reproductive potential for irrigated agriculture in the arid zone of the South of Russia and to select adaptive resource-saving elements of zonal agricultural technologies and varietal agricultural techniques for their cultivation" (Reg. No 1021060307591-3-4.1.1) of the budget financing program for 2022-2024 of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

Abstract

Introduction. Providing the population with vegetables and their processed products all the year round, especially in off-season time is an urgent problem. The Astrakhan region is one of the first places in Russia in the production of vegetables and melons in the open ground. Tomato is the most widespread vegetable

crop. In its cultivation the most labor-intensive process is harvesting - harvesting costs are up to 70 %. **The aim** of the research is to create a source material of tomato, combining traits that meet the requirements of mechanized harvesting to reduce its cost. **Novelty**: the created tomato genetic material will carry the signs of suitability for combine harvesting, and it is adapted to the conditions of the Astrakhan region. **Practical significance** lies in the replacement and provision of new tomato varieties and hybrids for agricultural producers and consumers with domestic varieties, which will create food security of the state. **Materials and methods**. Studies were carried out at the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – branch of FGBNU 'PAFNTs RAS' in 2022-2024 according to generally accepted methods. Collection and selection samples of tomato of different origin served as objects of study. **Results**. We selected 14 breeding lines of interest as donors of economically valuable traits inherent in varieties for combine harvesting: early-ripening or medium-early maturity group, with early yield (from 68.6 to 94.5 %), high yield and fruit marketability (from 88.6 to 99.4 %), high dry matter content (from 5.4 to 6.3 %). The best on the complex of traits was sample SL – 81v / 24. The use of the obtained traits of the selected lines in the further breeding process to create new varieties and heterosis hybrids of tomato for combine harvesting will contribute to the expansion of their range, the creation of a clear harvesting conveyor belt and increase the rhythmicity of harvesting and processing of tomatoes and import substitution.

Keywords: tomato cultivation, mechanized harvesting of tomato fruits, tomato source material, tomato breeding.

Citation. Kigashpayeva O. P., Gulin A. V., Kostenko A. N. The selection of tomato source material for using as donors of genetic sources of valuable traits for the machine harvesting. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 126-136 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-13.

Author's contribution. All authors of this research were directly involved in the planning, execution, or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.52:635.64:631.55

ПОДБОР ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ТОМАТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ДОНОРОВ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ МАШИННОЙ УБОРКИ

Кигашпаева О. П., кандидат сельскохозяйственных наук

Гулин А. В., кандидат сельскохозяйственных наук

Костенко А. Н., кандидат сельскохозяйственных наук

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» г. Камызяк, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках выполнения Госзадания по теме № FNMW-2022-0013 «Создать инновационные сорта и гибриды сельскохозяйственных культур с высоким цитогенетическим и репродуктивным потенциалом для орошаемого земледелия аридной зоны Юга России и отобрать адаптивные ресурсосберегающие элементы зональных агротехнологий и сортовой агротехники их возделывания» (Рег. № 1021060307591-3-4.1.1) программы бюджетного финансирования на 2022-2024 гг. Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Аннотация. Обеспечение населения овощами и продуктами их переработки круглый год, особенно во внесезонное время – актуальная проблема. Астраханская область занимает одно из первых мест в России по производству овощебахчевой продукции в открытом грунте. Томат – самая распространенная овощная культура. При его возделывании наиболее трудоемким процессом является уборка урожая – затраты на уборку составляют до 70 %. **Цель исследования** – создать исходный материал томата, сочетающий признаки, отвечающие требованиям механизированной уборки урожая для его удешевления. **Новизна:** созданный генетический материал томата будет нести признаки пригодности к комбайновой уборке, при этом будет адаптирован к условиям Астраханской области. **Практическая значимость** заключается в замещении и обеспечении новыми сортами и гибридами томата сельхозпроизводителей и потребителей отечественными сортами, что создаст продовольственную безопасность государства. **Материалы и методы.** Проводили исследования во Всероссийском НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиале ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в 2022-2024 годах согласно общепринятым методикам. **Объектами** изучения служили коллекционные и селекционные образцы томата различного происхождения. **Результаты.** Подобрано 14 селекционных линий, представляющих интерес в качестве доноров хозяйственно ценных признаков, присущих сортам для комбайновой уборки: раннеспелой или среднеранней группы созревания, с дружной отдачей урожая (от 68,6 до 94,5 %), высокой урожайностью и товарностью плодов (от 88,6 % до 99,4), высоким содержанием сухого вещества (от 5,4 до 6,3 %). Лучшим по комплексу признаков был образец СЛ – 81в / 24. Использование полученных признаков выделенных линий в дальнейшем селекционном процессе по созданию новых сортов и гетерозисных гибридов томата для комбайновой уборки будет способствовать расширению их ассортимента, созданию четкого уборочного конвейера и повышению ритмичности на уборке и переработке томатов и импортозамещению.

Ключевые слова: возделывание томата, механизированная уборка плодов томата, исходный материал томата, селекция томата.

Цитирование. Кигашпаева О. П., Гулин А. В., Костенко А. Н. Подбор исходного материала томата для использования в качестве доноров генетических источников ценных признаков для машинной уборки. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 126-136. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-13.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В современном развитии общества важным вопросом является стабильное обеспечение продуктами питания населения и семенным материалом сельхозпроизводителей. В питании человека важное место занимают овощи, являясь источниками витаминов, минеральных солей, органических кислот, легко усвояемых углеводов. Самым распространённым плодовым овощем во всем мире считается томат, он занимает первую строчку в рейтинге самых полезных для человека продуктов. Также их ценность обуславливается разнообразием применения плодов: в свежем виде, в виде сырья для консервной промышленности, для кулинарии [1, 2]. Астраханская область является одним из крупнейших в России регионов-производителей овощной продукции, так как её климатические условия позволяют вести промышленное производство в открытом грунте. Для более интенсивного развития отрасли овощеводства необходимо постоянное расширение и улучшение ассортимента новых перспективных сортов и гибридов разного целевого направления. Как известно, при возделывании томатов наиболее трудоемким процессом является уборка урожая, затраты на которую составляют до 70 %, а в южных зонах страны до 70-80 % урожая томатов используется на переработку [3-5]. Удешевить этот процесс возможно за счет применения комбайновой уборки в сочетании с конвейером сортов и гибридов, приспособленных для механизированного возделывания. Одним из важных компонентов энергетических ресурсов и средств производства сельского хозяйства на современном этапе является сортовое многообразие. Необходимы новые сорта и гибриды, которые сочетали бы высокие товарные, вкусовые и технологические качества с дружным созреванием плодов и различными сроками спелости. Это позволит организовать эффективный уборочный конвейер и ритмичную переработку томатов [6-9].

Сорт или гибрид является одним из важных элементов интенсивных технологий возделывания томата, связанных с механизацией уборки и транспортировкой урожая. Для их создания необходимо изучить генофонд мировой коллекции, сочетающего признаки, позволяющие применять машинную уборку урожая, и на его основе создать исходный материал, обладающий такими признаками, как высокая дружность созревания (за 20-25 дней от начала созревания должно созреть 70-80 % плодов); замедленное перезревание (созревшие плоды должны сохраняться на растении в течение 20-25 дней без потери товарных качеств); повышенная товарность плодов; несочлененность плодоножки; устойчивость плодов к повреждению кожицы и нарушению целостности плода при сжатии [10-13]. Новые создаваемые сорта и гибриды томата также должны обладать комплексом определенных морфологических признаков: растения детерминантного типа с компактным кустом, с высокой дружностью завязывания и созревания плодов, высокой их твердостью и прочностью кожицы, устойчивостью к растрескиванию плодов, выровненной формой с гладкой поверхностью, равномерной окраской без зелёного пятна у плодоножки, мелким ее прикреплением, длительной сохранности на растении. Таким требованиям, как правило, отвечают сорта с овальной и удлинённой формой плодов с индексом 1,30-1,55, выровненные по размеру. Один из основных признаков, определяющий пригодность сортов томата для механизированной уборки, – отсутствие сочленения на плодоножке (ген j-2) и отделение его от растения без плодоножки [14, 15]. Несомненна важность сохранения и повышения вкусовых и технологических свойств томатов: повышенное содержание сухих веществ, оптимальное соотношение сахаров и кислот, повышенная активная кислотность, низкий уровень поврежденных плодов.

Цель нашей работы – использование потенциала селекционного материала томата для отбора новых исходных форм с необходимым сочетанием признаков, отвечающих требованиям механизированной уборки: продуктивности, улучшенным биохимическим составом плодов, устойчивости к основным заболеваниям, для более полного обеспечения потребления томата и продукции из него.

Новизна. Созданные новые сорта и гибриды томата будут нести признаки пригодности для комбайновой уборки, при этом адаптированы к условиям Астраханской области.

Актуальность. Обеспечение населения овощами и продуктами их переработки круглый год, особенно во внесезонное время, на основе созданных новых перспективных сортов и гибридов томата.

Материалы и методы. Опыты проводили во Всероссийском НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиале ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» на опытном участке, расположенном на территории г. Камызяк Астраханской области в условиях дельты реки Волги в соответствии с положениями Рабочей программы ВНИИООБ за 2022-2024 годы.

Почва опытного участка аллювиально-луговая, среднесуглинистая, слабозасоленная, малогумусирована, содержание гумуса в пахотном слое 1,95 %. Реакция среды в пахотном слое почвы слабощелочная (pH-7,9), рельеф ровный.

Климат Астраханской области резкоконтинентальный, с жарким, засушливым летом и малоснежной зимой. Переход температуры через +10 °С, по средним многолетним данным, происходит 13 апреля. Продолжительность теплого периода 175-183 суток, сумма активных температур воздуха за этот период составляет 3360-3565 °С. Сумма годовых осадков составляет 155-195 мм.

Селекционная работа по созданию исходного донорского материала по комплексу хозяйственно ценных признаков проводилась методом оценки и отбора растений и линий на селективируемые признаки, межсортовой гибридизации с последующим отборами в соответствии с общепринятыми методиками и рекомендациями: «Методические указания по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта», «Развитие новых направлений и методов селекции пасленовых культур, удешевляющих производство и улучшающих качество продукции», «Методические разработки, доноры и направления исследований в селекции овощных культур» (Даскалов Х. Р., 1996), «Селекционно-генетические исследования мутантных форм томата». Скрещивания селекционных образцов проводились в соответствии с «Методикой производства гибридных семян овощных культур». Оценка на устойчивость к болезням растений и линий томата проводилась на естественном инфекционном фоне (вершинная гниль, фузариоз) в сочетании с оценкой по жаро- и засухоустойчивости при высоких положительных естественных температурах воздуха, устойчивость форм томата к заражению египетской в полевых условиях - согласно принятым методикам: «Методические рекомендации по селекции томата на устойчивость к заражению и комплексу других болезней». Морфобиологическое изучение образцов коллекции томатов, описание образцов овощных культур, выделившихся по комплексу признаков, проводили в соответствии с «Руководством по апробации овощных культур и кормовых корнеплодов» (Павлов Л. В., 2018) и «Методике проведения испытаний на ООС» (Шмаль В. В., 2005). Наблюдения, оценки и учеты в питомниках выполнены согласно «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур», «Методике опытного дела», «Методике опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве», «Методике полевого опыта в овощеводстве», «Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур» (Литвинов С. С.).

Лабораторно-полевые и селекционные опыты закладывали в орошаемом севообороте, предшественники – многолетняя залежь.

Посев томата проводили в I декаде апреля в стеклянной теплице на солнечном обогреве, уход состоял из рыхления, прополки сорняков и поливов. Подготовка полевого участка – из осенней зяблевой вспашки на глубину 25-27 см; весенней обработки почвы – ранневесеннего покровного боронования в 2 следа, предпосевной культивации и нарезки борозд с одновременным внесением удобрений и раскладкой ленты капельного орошения. Высадка рассады в открытый грунт проводилась вручную, во II декаде мая по схеме 1.4 x 0.2 м. Способ полива – капельное орошение, с одновременным внесением водорастворимых минеральных удобрений. Сроки и нормы полива в течение вегетации устанавливались с учетом состояния растений, влажности почвы и метеоусловий: перед посадкой полив – с нормой 350 м³/га, после посадки – 70 м³/га, вегетационные поливы – от 70 до 250 м³/га. За период вегетации проводилось 34-36 поливов, 2-3 ручные прополки и 3 междурядных культивации. Для защиты растений от вредителей (колорадский жук и хлопковая совка) проводились обработки

инсектицидами. В период вегетации проводили наблюдения фенофаз развития растений: всходов, цветения, созревания (начало – 10 % и массовые – 75 %); оценку и отбор индивидуальных растений и линий по хозяйственной ценности; учет урожайности и определение структуры урожая. Определение биохимических показателей в плодах томата и перца сладкого проводили в испытательной лаборатории ФГБУ «ГЦАС «Астраханский»: сухое вещество – по ГОСТ 31640 – 2012, п 5; массовая доля витамина С – по ГОСТ 24556 – 89, п 2; массовая доля сахара – по ГОСТ 8756. 13-87, п 2. Кроме того, содержание суммы сахаров в плодах определяли с помощью рефрактометра AQUA – LAB, содержание сухих веществ – по ГОСТ ISO 2173-2013 «Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ» (ISO 2173: 2003, IDT).

За годы проведения исследований объектами изучения были районированные и перспективные сорта отечественной селекции, образцы мировой коллекции ВИР томата, изучаемые в предыдущие годы коллекционные и селекционные образцы томата, используемые в качестве материнских и отцовских линии, и перспективные гибриды, полученные от их скрещивания и отвечающие требованиям машинных сортов.

При селекции на урожайность определяли число растений на единице площади и среднюю продуктивность растения при данной густоте стояния. **На качество плодов** – определённый размер плода, используемый в пищу в свежем виде. Они должны иметь приятный вкус и хороший вид и транспортабельность, большую мясистость, которая определяется многокамерностью плодов и толщиной перикарпия. **При селекции на скороспелость отбирали образцы** детерминантного типа, со слабой облиственностью и низким заложением первого соцветия. В целом скороспелость определяют по числу дней от всходов до начала созревания. В качестве исходного материала по этому признаку используют популяции, полученные от скрещивания скороспелых сортов, обладающих дополняющими друг друга ценными признаками.

Оценка на устойчивость к растрескиванию проводилась в условиях некоторого дефицита влажности, а в период массового созревания большинства линий проводится обильный полив. Это позволяет визуально отбраковывать линии, плоды которых восприимчивы к растрескиванию.

Результаты исследований обработаны методами дисперсионного анализа (Доспехов Д. А., 2014).

Результаты исследований. В Государственном реестре селекционных достижений РФ сортимент сортов томата для комбайновой уборки, допущенных к выращиванию в Нижневолжском регионе, представлен, в основном, районированными в более ранние годы. С конца 20-го и начала 21-го веков рынок по выращиванию товарной продукции овощных культур был занят в основном сортами и гибридами иностранной селекции. Но с введением западными странами против России экономических санкций остро встал вопрос по обеспечению производителей овощной продукции качественными отечественными семенами. Поэтому существует необходимость создавать новые более совершенные сорта и гибриды, улучшенные по одному или комплексу хозяйственно-ценных признаков. Селекционерами Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиала ФГБНУ «ПАНЦ РАН» в рамках выполнения Государственного задания ежегодно испытывается по 150-200 образцов томата разного направления использования, в том числе и для комбайновой уборки. По всем проводилось изучение морфологических признаков растений и плодов, урожайных и биохимических качеств. Те из них, свойства которых соответствуют признакам пригодности к комбайновой уборке урожая, будут использоваться для гибридизации.

В нашей работе представлены результаты изучения по подбору сортов и гибридов, наиболее адаптивных к почвенно-климатической зоне Астраханской области и создание банка доноров генетических источников томата для машинной уборки. За годы изучения были отобраны 14 наиболее перспективных образцов. У всех растений детерминантного типа, длина главного стебля от 74 до 105 см, форма плода сливовидная или её интерпретации, плодоножка без сочленения, что является одним из основных требований к сортам для комбайновой уборки (таблица 1).

Таблица 1 – Ценные хозяйственные признаки коллекционных образцов томата
для комбайновой уборки

Table 1 – Valuable Economic Characteristics of Tomato Collection Samples for Combine Harvesting

Название образца / Sample Name	Тип растения / Plant Type	Длина главного стебля, м / Main Stem Length, m	Плод / Fruit			
			Форма / Shape	Окраска / Color	Пятно / Spot	Сочленение / Joint
СЛ – 1715 – 19/22 / SL-1715 – 19/22	детерминантный / Determinant	87	округло-овальный / round-oval	красный / red	есть / there is a spot	нет / No
СЛ – 1716 – 19/22 / SL-1716 – 19/22	детерминантный / Determinant	80	округло-овальный / round-oval	красный / red	есть / there is a spot	нет / No
СЛ 1941 – 21/22 / SL 1941 – 21/22	детерминантный / Determinant	74	сливовидно-овальный с носиком / plum-oval with a spout	красный / red	нет / No	нет / No
СЛ 1939 – 21 / 22 / SL 1939 – 21 / 22	детерминантный / Determinant	82	удлиненно-сливовидный с носиком / elongated-plum-shaped with a spout	красный / red	нет / No	нет / No
СЛ 1947 – 21 / 23 / SL 1947 – 21 / 23	детерминантный / Determinant	78	сливовидный / plum	оранжевый / orange	нет / No	нет / No
СЛ – 71 в / 24 / SL – 71 V / 24	детерминантный / Determinant	85	сливовидный / plum	красный / red	есть / there is a spot	нет / No
СЛ – 72 в / 24 / SL – 72 V / 24	детерминантный / Determinant	92	сливовидный / plum	красный / red	нет / No	нет / No
СЛ – 81 в / 24 / SL – 81 V / 24	детерминантный / Determinant	80	сливовидный / plum	красный / red	нет / No	нет / No
СЛ – 82 в / 24 / SL – 82 V / 24	детерминантный / Determinant	105	сливовидный / plum	красный / red	нет / No	нет / No
СЛ – 83 в / 24 / SL – 83 V / 24	детерминантный / Determinant	85	сливовидный / plum	красный / red	нет / No	нет / No
СЛ – 84 в / 24 / SL – 84 V / 24	детерминантный / Determinant	81	сливовидный / plum	красный / red	есть / there is a spot	нет / No
СЛ – 60 п – 2230/23 / SL – 60 p – 2230/23	детерминантный / Determinant	75	сливовидный / plum	красный / red	есть / there is a spot	нет / No
СЛ – 61 п – 2380 /23 / SL – 61 p – 2380 /23	детерминантный / Determinant	80	округлый / rounded	красный / red	нет / No	нет / No
СЛ – 104 п – 1514 /18/ 23 / SL – 104 p – 1514 /18/ 23	детерминантный / Determinant	85	удлиненно-сливовидный с носиком / elongated plum-shaped with a spout	красный / red	есть / there is a spot	нет / there is a spot

При изучении хозяйственно-морфологических признаков плодов отобранных образцов, видно, что параметры индекса плода варьировали от 1,1 до 1,6; масса плода – от 35 до 123 г. Согласно представленным данным, по пригодности плодов томата для цельно-

плодного консервирования наиболее подходят линии СЛ – 1715 – 19 /22, СЛ 1941 – 21/22, СЛ – 60 п – 2230 / 23 и СЛ – 61 п – 2380 / 23. Средняя масса их плода находится в пределах 35 – 55 г. Остальные образцы имели массу плодов от 66 до 91 г. Их предпочтительно использовать для переработки на сок и пасту. Только один образец – СЛ – 84 в / 24 характеризовался массой плода 123 г. и его плоды его можно рекомендовать для использования на салатные цели и производства томатного сока и пасты (таблица 2.).

Таблица 2 – Морфологические признаки коллекционных образцов томата для комбайновой уборки
Table 2 – Morphological Traits of Tomato Collection Samples for Combine Harvesting

Название образца / Sample Name	Параметры плода / Fruit Parameters			
	длина, см / length, cm	ширина, см / width, cm	индекс / index	масса, г / weight, g
СЛ – 1715 – 19/22 / SL – 1715 – 19/22	3,5	2,4	1,5	35
СЛ – 1716 – 19/22 / SL – 1716 – 19/22	6,7	4,3	1,6	83
СЛ 1941 – 21/22 / SL 1941 – 21/22	4,0	2,9	1,4	52
СЛ 1939 – 21 /22 / SL 1939 – 21/22	6,8	4,7	1,5	84
СЛ 1947 – 21 /23 / SL 1947 – 21/23	7,2	5,0	1,4	91
СЛ – 71 в / 24 / SL – 71 V / 24	5,3	4,2	1,3	60
СЛ – 72 в / 24 / SL – 72 V / 24	5,7	4,3	1,3	65
СЛ – 81 в / 24 / SL – 81 V / 24	5,7	5,0	1,1	73
СЛ – 82 в / 24 / SL – 82 V / 24	5,6	4,1	1,4	66
СЛ – 83 в / 24 / SL – 83 V / 24	6,0	3,7	1,6	73
СЛ – 84 в / 24 / SL – 84 V / 24	7,7	5,4	1,4	123
СЛ – 60 п – 2230/23 / SL – 60 p – 2230/23	5,1	4,2	1,3	45
СЛ – 61 п – 2380 /23 / SL – 61 p – 2380 /23	5,4	4,7	1,1	55
СЛ – 104 п – 1514 /18/ 23 / SL – 104 p – 1514 /18/ 23	6,1	4,0	1,5	80

При изучении сроков созревания плодов самым раннеспелым (98 суток от массовых всходов до начала созревания) показал себя образец СЛ - 81в /24, у остальных она варьировала от 103 до 111 суток, что показывает их принадлежность к среднеранней группе созревания. Общая урожайность представленных селекционных линий составляла от 45,8 т/га (СЛ – 60 п – 2230/23) до 82,3 т/га (СЛ – 82 в /24/). Товарность плодов всех изучаемых образцов высокая – от 88,6 % (СЛ 1941/21) до 99,4 % (СЛ – 81в / 24). По дружности созревания выделились образцы СЛ – 81в / 24 (94,5 %), СЛ – 82в / 24(92,7 %) и СЛ – 84в / 24 (92,4 %). У остальных изучаемых образцов этот показатель варьировал от 74,4 до 89,3 %, что также является признаком пригодности этих линий для комбайновой уборки урожая.

Таблица 3 – Характеристика хозяйственно биологических признаков коллекционных образцов томата
(среднее за 2022-2024 гг.)

Table 3 – Characterization of Economically and Biologically Significant Traits of Tomato Collection Samples
(Average for 2022-2024)

Название образца / Sample Name	Период (суток) от массовых всходов до начала созревания / Period (days) from mass emergence to the beginning of ripening	Общая урожайность, т/га / Total yield, t/ha	Товарность, % / Marketability, %	Созревание плодов, % / Fruit Ripening, %	
				Красных / Red Fruits	Зеленых / Green Fruits
1	2	3	4	5	6
СЛ – 1715 – 19/22 / SL – 1715 – 19/22	109	58,4	94,7	74,4	25,6
СЛ – 1716 – 19/22 / SL – 1716 – 19/22	110	65,8	98,7	78,7	21,3
СЛ 1941 – 21/22 / SL 1941 – 21/22	104	64,1	88,6	68,6	31,4
СЛ 1939 – 21 / 22 / SL 1939 – 21/22	111	72,5	94,4	74,8	25,2

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6
СЛ 1947 – 21 / 23 / SL 1947 – 21/23	108	74,2	96,5	76,5	23,5
СЛ – 71 в / 24 / SL – 71 V / 24	105	71,7	95,7	75,2	24,8
СЛ – 72 в / 24 / SL – 72 V / 24	106	68,3	96,6	76,7	23,3
СЛ – 81 в / 24 / SL – 81 V / 24	98	77,6	99,4	94,5	5,5
СЛ – 82 в / 24 / SL – 82 V / 24	108	82,3	98,2	92,7	7,3
СЛ – 83 в / 24 / SL – 83 V / 24	110	77,1	98,3	89,3	10,7
СЛ – 84 в / 24 / SL – 84 V / 24	105	76,4	98,4	92,4	7,6
СЛ – 60 п – 2230/23 / SL – 60 p – 2230/23	103	45,8	95,5	75,4	24,6
СЛ – 61 п – 2380 /23 / SL – 61 p – 2380 /23	104	49,7	97,7	77,3	22,7
СЛ – 104 п – 1514 /18/ 23 / SL – 104 p – 1514 /18/23	109	69,2	94,8	88,2	11,8
НСР ₀₅	-	5,32	-	-	-

Известно, что для приготовления томатопродуктов важным показателем является содержание сухих веществ в плодах, так как при изготовлении томатного сока и пасты из пульпы, содержащей более 5,0 % сухого вещества, затрачивается меньше энергии и времени на их приготовление, что экономически выгодно для производителей. При анализе основных биохимических свойств, плоды всех отобранных образцов накапливают от 5,4 до 6,3 % сухого вещества, что говорит о пригодности использования их для изготовления томатных сока и пасты. По содержанию сахаров в плодах самые высокие показатели отмечены у образцов СЛ-1947 – 21 / 22, СЛ-1715 – 19 / 22, СЛ-83 в / 24, СЛ – 104 п – 1514 / 18 / 23; витамина С и каротина – у образцов СЛ-83в / 24и СЛ– 84в / 24 (таблица 4).

Таблица 4 – Характеристика биохимических показателей плодов томата коллекционных образцов
Table 4 – Characteristics of biochemical parameters of tomato fruits of collection samples

Название образца / Sample Name	Содержание сухого вещества, % / Dry matter content %	Массовая доля общего сахара, % / Total sugar content, %	Массовая доля витамина С, мг/% / Vitamin C content, mg%	Содержание каротина, % / Carotene content, %	Кислотность pH / Acidity, pH
1	2	3	4	5	6
СЛ – 1715 – 19/22 / SL – 1715 – 19/22	6,1	5,2	14,4	1,9	5,05
СЛ – 1716 – 19/22 / SL – 1716 – 19/22	6,0	5,1	13,7	2,7	3,82
СЛ 1941 – 21/22 / SL 1941 – 21/22	5,7	4,8	14,7	3,4	3,92
СЛ 1939 – 21 / 22 / SL 1939 – 21/22	5,9	5,1	13,8	2,7	4,26
СЛ 1947 – 21 / 23 / SL 1947 – 21/23	6,3	5,3	14,3	2,8	4,71

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6
СП – 71 в / 24 / SL – 71 V / 24	5,6	4,7	15,1	2,6	5,57
СП – 72 в / 24 / SL – 72 V / 24	5,6	3,9	12,4	2,7	5,61
СП – 81 в / 24 / SL – 81 V / 24	6,0	4,6	14,6	3,4	5,19
СП – 82 в / 24 / SL – 82 V / 24	5,7	5,2	14,9	3,4	4,92
СП – 83 в / 24 / SL – 83 V / 24	6,1	5,3	16,5	3,9	4,58
СП – 84 в / 24 / SL – 84 V / 24	5,4	4,6	15,5	5,0	4,66
СП – 60 п – 2230/23 / SL – 60 р – 2230/23	5,8	4,2	10,0	3,0	4,57
СП – 61 п – 2380 /23 / SL – 61 р – 2380/23	5,5	5,0	10,8	3,2	4,34
СП – 104 п – 1514 /18/ 23 / SL – 104 р – 1514 /18/23	6,3	4,6	9,8	2,8	4,36

Представленные образцы томата содержат ценные признаки, использование которых в дальнейшей селекционной работе в качестве доноров генетических источников позволит создавать новые сорта и гибриды томата с ценными заданными признаками на пригодность к машинной уборке урожая.

Заключение. В результате изучения большого разнообразия образцов томата по комплексу ценных признаков отобрано 14, представляющих интерес в качестве доноров хозяйственно ценных признаков, присущих сортам для комбайновой уборки: по срокам созревания они относятся к раннеспелой или среднеранней группе; отдача урожая у всех образцов дружная: от 68,6 до 94,5 %, товарность – от 88,6 % до 99,4 %. Содержание биохимических веществ у них тоже высокие: сухого вещества от 5,4 до 6,3 %, Самым раннеспелым, с высокой дружностью и товарностью плодов была линия – СП – 81 в / 24. Использование комплекса признаков выделившихся образцов в дальнейшем селекционном процессе по созданию новых сортов и гетерозисных гибридов томата для комбайновой уборки будет способствовать расширению их ассортимента, созданию четкого уборочного конвейера и повышению ритмичности на уборке и переработке томатов и импортозамещению и экономической безопасности страны.

Conclusions. As a result of studying a wide variety of tomato samples for a complex of valuable traits, 14 were selected that are of interest as donors of economically valuable traits inherent in varieties for combine harvesting: in terms of ripening time, they belong to the early-ripening or mid-early group; the yield return in all samples is synchronous: from 68.6 to 94.5 %, marketability – from 88.6 % to 99.4 %. The content of biochemical substances is also high: dry matter from 5.4 to 6.3 %. The earliest ripening line, with high synchronous ripening and marketability of fruits, was line SL-81v/24. The use of the complex of traits of the selected samples in the further breeding process to create new varieties and heterotic hybrids of tomatoes for combine harvesting will contribute to expanding their assortment, creating a clear harvesting conveyor, increasing the rhythm of harvesting and processing tomatoes, import substitution, and the economic security of the country.

Библиографический список

1. Пивоваров В. Ф., Солдатенко А. В., Пышная О. Н. и др. Продовольственная независимость и технологический суверенитет России в отрасли овощеводства. Овощи России. 2024. № 3. С. 5-17.
2. Ших Е. В. и др. Роль томатов и продуктов из них в здоровом питании человека. Вопросы питания. 2021. Т. 90. № 4 (536). С. 129-137.
3. Авдеев Ю. И., Авдеев А. Ю., Кигашпаева О. П. Методические разработки, доноры и направления исследований в селекции овощных культур. Астрахань, 2014. 204 с.
4. Гулин А. В., Кигашпаева О. П. и др. Оценка новых сортов томата астраханских селекционеров на пригодность к механизированной уборке. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 1 (73). С. 81-89.
5. Батыров В. А., Гарьянова Е. Д., Киселева Г. Н. Подбор сортов томатов для механизированной уборки в условиях Прикаспийской низменности. Вестник КрасГau. 2020. № 7. С. 26-30.
6. Солдатенко А. В. и др. Селекция и семеноводство овощных культур - на инновационный путь развития. Овощи России. 2023. № 1. С. 5-13.
7. Огнев В. В., Чернова Т. В., Костенко А. Н., Барбарицкая И. В. Состояние и перспективные направления селекции томата для открытого грунта России. Картофель и овощи. 2021. № 9. С. 33-36.
8. Козлова И. В. Состояние и перспективы развития селекции томата в условиях современного рынка. Овощи России. 2021. № 5. С. 11-15.
9. Ахмедова П. М., Велижанов Н. М. Оценка коллекционного материала сортов томата в условиях Дагестана в целях выделения наиболее перспективных форм для селекции. Овощи России. 2022. № 1. С. 46-50.
10. Терешонкова Т. А., Тенькова Н. Ф., Егорова А. А. и др. Селекция томата: проблемы, направления, результаты. Картофель и овощи. 2022. № 8. С. 36-40.
11. Енгальчев М. Р., Джос Е. А., Матюкина А. А. и др. Селекция томата для открытого грунта юга России. Овощи России. 2024. № 2. С. 5-11.
12. Пашаев Р. Ю. Территория развития. Картофель и овощи. 2020. № 11. С. 3-4.
13. Абликков В. А., Белоусов С. В., Помеляйко С. А. Механизация уборки и переработки томатов. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 121. С. 2090-2117.
14. Беков Р. Х. Оценка отечественных сортов и перспективных линий томата на пригодность к механизированной уборке. Картофель и овощи. 2020. № 9. С. 29-32.
15. Ахмедова П. М. Хозяйственно-биологическая характеристика раннеспелых сортов томата Отечественной селекции в условиях аллювиальных почв Дагестана. Приоритетные научные исследования в области производства и переработки плодоовощного сырья и винограда: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. Махачкала: ООО «Издательство АЛЕФ», 2023. С. 45-51.

References

1. Pivovarov V. F., Soldatenko A. V., Pyshnaya O. N., et al. Food independence and technological sovereignty of Russia in the vegetable growing sector. Vegetable crops of Russia. 2024. № 3. Pp. 5-17.
2. Shich E. V., et al. The role of tomatoes and products thereof in human healthy diet. Problems of Nutrition. 2021. V. 90. № 4 (536). Pp. 129-137.
3. Avdeev Yu. I., Avdeev A. Yu., Kigashpaeva O. P. Methodological developments, donors and research directions in vegetable crop breeding. Astrakhan, 2014. 204 p.
4. Gulina A. V., Kigashpaeva O. P., et al. Evaluation of new tomato varieties of Astrakhan breeders for suitability for mechanized harvesting. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. № 1 (73). Pp. 81-89.
5. Batyrov V. A., Garyanova E. D., Kiseleva G. N. Selecting of tomato varieties for mechanized harvesting in the conditions of the Caspian depression. Bulletin of KrasGAU. 2020. № 7. Pp. 26-30.
6. Soldatenko A. V., et al. Selection and seed production of vegetable crops – on an innovative path of development. Vegetable crops of Russia. 2023. № 1. Pp. 5-13.
7. Ognev V. V., Chernova T. V., Kostenko A. N., Barbaritskaya I. V. Condition and promising directions of tomato selection for open ground of Russia. Potato and vegetables. 2021. № 9. Pp. 33-36.
8. Kozlova I. V. State and prospects of development of tomato breeding in the modern market conditions. Vegetable crops of Russia. 2021. № 5. Pp. 11-15.
9. Akhmedova P. M., Velizhanov N. M. Evaluation of the collection material of tomato varieties in Dagestan in order to identify the most promising forms for tomato breeding. Vegetable crops of Russia. 2022. № 1. Pp. 46-50.
10. Tereshonkova T. A., Tenkova N. F., Egorova A. A., et al. Tomato breeding: problems, directions, results. Potato and vegetables. 2022. № 8. Pp. 36-40.
11. Engalchev M. R., Dzhos E. A., Matyukina A. A., et al. Tomato breeding for open ground in the south of Russia. Vegetable crops of Russia. 2024. № 2. Pp. 5-11.
12. Pashaev R. Yu. A territory of development. Potato and vegetables. 2020. № 11. Pp. 3-4.
13. Ablikov V. A., Belousov S. V., Pomelyayko S. A. Mechanization of harvesting and processing of tomatoes. Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2016. № 121. Pp. 2090-2117.
14. Bekov R. Kh. Assessment of domestic cultivars and promising tomato lines for suitability for mechanized harvesting. Potato and vegetables. 2020. № 9. Pp. 29-32.
15. Akhmedova P. M. Economic and biological characteristics of early-ripening tomato varieties of domestic selection in the conditions of alluvial soils of Dagestan. Priority scientific research in the field of production and processing of fruit and vegetable raw materials and grapes: Collection of scientific papers of the international scientific-practical conference. Makhachkala: LLC «ALEF Publishing House», 2023. Pp. 45-51.

Информация об авторах

Кигашпаева Ольга Петровна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, 16), ORCID 0000-0003-4578-6177, e-mail: vniioob@mail.ru

Гулин Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, директор, ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, 16), ORCID 0000-0001-6000-5311, e-mail: vniioob@mail.ru

Костенко Александр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, 16), e-mail: vniioob@mail.ru

Authors' Information

Kigashpaeva Olga Petrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – the Branch of the «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubicha St., 16), ORCID 0000-0003-4578-6177, e-mail: vniioob@mail.ru

Gulin Aleksander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Director, All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – the Branch of the «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubicha St., 16), ORCID 0000-0001-6000-5311, e-mail: vniioob@mail.ru

Kostenko Aleksander Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – the Branch of the «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubicha St., 16), e-mail: vniioob@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-14

THE INTRODUCTION OF *MEDICAGO SATIVA* AND *MEDICAGO VARIA* IN THE ARID CONDITIONS OF THE ASTRAKHAN REGION**Kudryashova N. I., Kudryashov A. V., Ageev M. O.***Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Solenoe Zaymische, Astrakhan Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: stone79.79@list.ru

Received 22.03.2025

Submitted 16.05.2025

Summary

The article presents the results of a variety study of 44 alfalfa and variable alfalfa samples of various origins for the formation of a variety assortment in the Astrakhan region. The studied samples reacted poorly and very poorly to drought, i.e. these samples had adaptive capabilities to the arid conditions of the cultivation zone. The yield of green mass in 23 samples turned out to be higher than the standard, in 20 samples – the yield of dry mass and 13 samples exceeded the standard in terms of seed yield. In terms of dry matter yield, 13 samples were also marked with higher values compared to the standard.

Abstract

Introduction. Forage ecosystems within the lands of the Astrakhan region occupy a significant area, but are not diverse in their species composition. Expanding the variety of forage crops grown, in particular alfalfa will help ensure the productivity of pastures. Forage production requires alfalfa varieties that can form a stable harvest at a minimum cost, demonstrate high seed productivity, and are adapted to the conditions of the region, taking into account the limiting factors of the external environment. When conducting breeding work, it is necessary to have promising source material, so it is important to search for and determine the best alfalfa samples that combine high productivity and resistance to stress factors in this region of division. **The object** of the study was alfalfa samples of variability and sowing of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov (VIR). **Materials and methods.** The archival meteorological data of the nearest meteorological station, experimental data obtained in the course of scientific research work, research on the generally accepted method of laying and conducting an experiment with forage crops were used. **Results and conclusions.** As a result of studying the alfalfa collection, it was found that the average yield of the studied alfalfa samples with a dry sample was 4.7 t / ha, which corresponds to a similar indicator in recent years in the Astrakhan region. All the creatures reacted weakly to drought and had adaptive capabilities to the conditions of the Astrakhan region. As a result of the study, 23 alfalfa samples were identified, a large value compared to the standard yield of green mass, 20 samples – dry mass, 13 samples – seed yield. Sample of variable alfalfa 32790, r. Mari El, Kazanskaya 64/95 for all parameters of productivity, indicators were demonstrated that exceed the standards.

Keywords: *alfalfa, alfalfa yield, alfalfa cultivation conditions, alfalfa adaptability, alfalfa varieties.*

Citation. Kudryashova N. I., Kudryashov A. V., Ageev M. O. The introduction of *Medicago sativa* and *Medicago varia* in the arid conditions of the Astrakhan region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 136-143 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-14.

Author's contribution. The authors are directly related to this study. Participated in the implementation and analysis of the experiment. The authors of this publication have reviewed the final result for publication.

Conflict of interests. The author of this publication declares that there is no conflict of interest.

УДК 633.2.033.2

ИНТРОДУКЦИЯ *MEDICAGO SATIVA* И *MEDICAGO VARIA* В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ**Кудряшова Н. И.**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник**Кудряшов А. В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник**Агеев М. О.**, специалистФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»
с. Солёное Займище, Астраханская область, Российская Федерация

Актуальность. Кормовые экосистемы в структуре земельных угодий Астраханской области занимают значительные площади, но по своему видовому составу не являются разнообразными. Расширение сортимента кормовых культур, в частности люцерны, будет способствовать повышению продуктивности пастбищ. В кормопроизводстве нужны сорта люцерны, способные по минимуму энергетических затрат формировать высокий стабильный урожай, обладающие семенной продуктивностью, а также адаптированные к условиям региона с учетом лимитирующих факторов внешней среды. При ведении селекционной работы необходимо иметь перспективный исходный материал, поэтому поиск и определение лучших образцов люцерны, сочетающих высокую продуктивность и устойчивость к стрессовым факторам конкретного региона возделывания, является актуальным. **Объектом исследования** являлись образцы люцерны изменчивой и посевной ФГБНУ Федеральный исследовательский центр Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР).

Материалы и методы. Использовались архивные метеоданные ближайшей метеостанции, экспериментальные данные, полученные в ходе научно-исследовательской работы, исследования проводились по общепринятой методике закладки и проведения опытов с кормовыми культурами.

Результаты и выводы. В результате изучения коллекции люцерны было определено, что средняя урожайность сухой массы изученных образцов люцерны составила 4,7 т/га, что превышает аналогичный показатель за последние годы в Астраханской области. Все образцы слабо реагировали на засуху и имели адаптационные возможности к условиям Астраханской области. В результате изучения было выявлено 23 образца люцерны, имеющих большую по сравнению со стандартом урожайность зеленой массы, 20 образцов – сухой массы, 13 образцов – урожайность семян. Образец люцерны изменчивой 32790, р. Марий Эл, Казанская 64/95 по всем параметрам урожайности продемонстрировал показатели, превышающие стандарт.

Ключевые слова: люцерна, урожайность люцерны, условия возделывания люцерны, адаптивность люцерны, сорта люцерны.

Цитирование. Кудряшова Н. И., Кудряшов А. В., Агеев М. О. Интродукция *Medicago sativa* и *Medicago varia* в аридных условиях Астраханской области. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 136-143. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-14.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Природно-климатические условия Астраханской области определяют специализацию сельскохозяйственного производства, где главными направлениями являются растениеводство и животноводство. Животноводство в Астраханской области всегда было одним из основных видов деятельности человека. В структуре земель сельскохозяйственного назначения (3630,2 тыс. га) преобладают пастбища, площадь которых составляет 2316,1 тыс. га, или 63,8 % [1]. Аридные пастбища являются основным источником корма фактически круглый год [2]. Развитие животноводства связано с созданием прочной кормовой базы, что в условиях Нижнего Поволжья является актуальной проблемой [3]. Из-за недостатка атмосферной влаги и высокой температуры воздуха естественные угодья здесь характеризуются низкой продуктивностью и не гарантируют производства зелёных кормов в достаточных объёмах. Исследования ряда научных учреждений, а также практика передовых хозяйств показали, что каждый гектар культурных пастбищ может давать 4-5 тыс. энергетических кормовых единиц без орошения и 8-10 тыс. энергетических кормовых единиц на поливе [4, 5]. Рациональное использование пастбищ в условиях региона подразумевает интенсификацию кормопроизводства, которая невозможна без создания культурных пастбищ. Многолетними исследованиями было доказано, что наиболее полезные и поедаемые корма – различные виды кормов из бобово-мятликовых травосмесей [6-8]. Бобовые травы являются основным поставщиком белка [9]. При создании кормовой базы в

животноводстве большое значение имеет возделывание люцерны в чистом виде или в смеси с другими многолетними бобовыми травами. Помимо использования в виде сенажа и сена в зимнее время, зеленого корма в течение большей части вегетационного периода, люцерна используется как основное сырье для производства витаминной муки или гранул, для добавки в рационы молодняка, племенных и высокопродуктивных животных. В 100 кг зеленой массы люцерны содержится 4,8 кг переваримого протеина, 0,8 кг – кальция, 0,8 кг фосфора и 6,5 кг каротина, питательность их равна 21 кормовой единице [4, 10, 11].

Расширение посевов люцерны ограничено дефицитом и дороговизной семян, а также небольшим количеством сортов, адаптированных в конкретных почвенно-климатических условиях. В настоящее время в Государственном реестре зарегистрировано 140 сортов люцерны, из них только 19 – допущенных к использованию в Нижневолжском регионе.

Цель исследований – оценка образцов люцерны различного происхождения по урожайности и семенной продуктивности в условиях Астраханской области для формирования сортового сортимента для конкретной почвенно-климатической зоны возделывания.

В задачи исследования входило:

- изучение биологических особенностей и продуктивности образцов люцерны в богарных условиях Астраханской области;
- оценка вариации продуктивности образцов люцерны.

Материал и методика исследования. Источником материала для исследования послужили образцы люцерны изменчивой и посевной Всероссийского института генетических ресурсов растений (ВИР).

Оценка метеоусловий (текущего года и среднемноголетних показателей) произведена по данным с официально зарегистрированной метеостанции с синоптическим индексом 34578, координаты 48,07 с. ш. и 46,07 в. д., высота над уровнем моря – 5 м, место нахождения – с. Черный Яр Астраханской области.

Методика закладки опытов соответствовала общепринятым требованиям к полевому опыту. Оценка образцов проводили в соответствии с методическими указаниями «Изучение коллекции многолетних кормовых растений». Базовые операции статистического анализа данных проводили с применением прикладной программы Excel 2016.

В 2021 г. на богарном участке ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» был произведен посев образцов люцерны в количестве 44 шт., стандартом служил сорт люцерны изменчивой «Ростовская 60». Подготовка почвы осуществлялась в соответствии с зональными рекомендациями, способ посева – широкоярядный, норма высева составила 1 г на 1 м², опыт был заложен в двукратной повторности.

Динамика погодных условий в сравнительной характеристике со среднемноголетними показателями представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Метеоусловия (среднее значение), сложившиеся в период 2021...2023 г. и среднемноголетние показатели за аналогичный период

Figure 1 – Shatner Conditions (Average Value) That Developed in the 2021...2023 Period and Average Long-Term Indicators for the Same Period

При этом необходимо отметить, что на богарном участке, на котором возделывалась люцерна, даже в благоприятные годы существует дефицит влаги для растений, а в аридных условиях Астраханской области имеются дополнительные стресс-факторы (атмосферная засуха, суховеи, засоленные почвы). В связи с этим целесообразно было определить степень реакции растений на засуху. В фазу «цветение» по методике ВИР был проведен мониторинг реакции на засуху, которая определялась по 9-ти балльной шкале. Так как не отмечено сильного угнетения растений, то фиксировалась реакция на засуху от 1-го до 3-х баллов.

Результаты и обсуждение. Из совокупности образцов люцерны 26 образцов делились с реакцией на засуху, соответствующей 1-му баллу, стандарт в том числе; 16 образцов – с реакцией на засуху, соответствующей 3-м баллам. Для более полной оценки устойчивости образцов люцерны к аридным условиям Астраханской области в лабораторных условиях была рассчитана водоудерживающая способность листьев растений люцерны. Способность растений длительное время выносить обезвоживание определяется высокой водоудерживающей способностью – чем выше водоудерживающая способность, тем медленнее растение теряет воду. Водоудерживающая способность листьев располагалась в пределах от 55,6 % (образец 6422 (Узбекистан)) до 88,0 % (29573 (Казахстан)), на стандарте отмечен показатель 77,26 %. Образцы люцерны с номерами 29573, 28909, 25782, 29573, 28125 (Казахстан); 31885, 29661 (Россия) и 29566 (Татарстан) продемонстрировали водоудерживающую способность выше 80 %.

Также была определена средняя высота растений. Перед срезом растений на урожайность в фазу «бутионизация – начало цветения» было проведено измерение высоты растений люцерны. Высота растений варьировала от 0,62 м до 0,83 м, высота стандарта составила 0,66 м. Самыми низкорослыми оказались образцы люцерны с номерами по каталогу 26049 (США); 48620, 51692 (Россия). Наибольшее значение высоты растений отмечено у образцов 29566, 45139 (Россия) – 0,81 м; 38272 (Узбекистан) – 0,82 м и 26688 (Казахстан) – 0,83 м. Разность со стандартом была существенной.

После определения урожайности зеленой массы образцов посредством высушивания была получена воздушно-сухая масса люцерны, а также определен процент ее выхода. В дальнейшем были собраны семена люцерны и определена семенная урожайность.

Такие хозяйственно ценные признаки как урожайность зеленой массы (т/га), урожайность сухой массы (т/га), выход сухого вещества (%), урожайность семян (кг/га), приведены и проанализированы с помощью описательной статистики в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность биологической массы и семян люцерны, среднее за 2021...2023 гг.,
ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»

Table 1 – Yield of biological mass and alfalfa seeds, average for 2021...2023,
Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

№	Название вида, № каталога, страна, сорт / Species name, catalog number, country, variety	Зеленой массы, т/га / Green mass, t/ha	Сухой массы, т/га / Dry weight, t/ha	Выход СВ, % / Dry matter output, %	Семенная продуктив- ность, кг/га / Seed productivity, kg/ha
1	2	3	4	5	6
1	Люцерна посевная 3177, США. King / Medicago sativa 3177, USA. King	22,7	5,9	26,0	317,10
2	Люцерна посевная 3181, США. Kust / Medicago sativa 3181, USA. Bush	15,9	5,2	33,0	94,30
3	Люцерна посевная 6254, Казахстан. Местная / Medicago sativa 6254, Kazakhstan. Local	14,3	4,5	31,5	50,0
4	Люцерна изменчивая 48035, Ростовская обл. Ростовская 60 – стандарт / Medicago varia Mart 48035, Rostov region. Rostov 60 – standard	16,1	4,8	30,1	28,57
5	Люцерна посевная 6344, Казахстан. Местная / Medicago sativa 6344, Kazakhstan. Local	13,8	3,7	26,8	31,43
6	Люцерна посевная 6422, Узбекистан. Местная / Medicago sativa 6422, Uzbekistan. Local	21,3	5,6	26,2	44,29
7	Люцерна изменчивая 9468, США. Grimm / Medicago sativa 9468, USA. Grimm	16,4	4,0	24,6	62,86

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
8	Люцерна посевная 19913, США. King / Medicago sativa 19913, USA. King	15,0	3,8	25,5	5,71
9	Люцерна посевная 20132, Узбекистан. Хивин- ская / Medicago sativa 20132, Uzbekistan. Khiva	18,9	5,1	27,1	17,14
10	Люцерна посевная 21299, США. Zia / Medicago sativa 21299, USA. Zia	17,9	4,9	27,1	8,57
11	Люцерна посевная 25478, США. New-Mexico 11-1 / Medicago sativa 25478, USA. New-Mexico 11-1	17,7	4,9	27,7	162,8
12	Люцерна изменчивая 25782, Казахстан. Тибет- ская / Medicago varia Mart, 25782, Kazakhstan. Tibetan	19,2	5,1	26,7	140,00
13	Люцерна изменчивая 26049, США. Ranger / Medicago varia Mart 26049, USA. Ranger	16,5	4,6	27,8	128,57
14	Люцерна изменчивая 26688, Казахстан. Приуральская / Medicago varia Mart 26688, Kazakhstan. Priuralskaya	13,5	4,6	34,2	55,71
15	Люцерна изменчивая 28458, Казахстан. Карагандинская 1 / Medicago varia Mart 28458, Kazakhstan. Karagandinskaya 1	18,7	5,6	29,8	15,43
16	Люцерна изменчивая 28462, р. Дагестан. Кизлярская / Medicago varia Mart 28462, Dagestan river. Kizlyarskaya	21,7	6,2	28,5	37,14
17	Люцерна изменчивая 28884, Казахстан. Карабалыкская 18 / Medicago varia Mart 28884, Kazakhstan. Karabalykskaya 18	18,8	5,2	27,4	45,00
18	Люцерна изменчивая 28902, р. Хакассия. Хакасская / Medicago varia Mart 28902, Khakassia river. Khakasskaya	18,0	4,6	25,5	111,43
19	Люцерна изменчивая 28909, Казахстан. Уральская синяя / Medicago varia Mart 28909, Kazakhstan. Ural blue	18,7	4,9	26,0	117,14
20	Люцерна посевная 28125, Казахстан. Иртышская /	17,4	4,8	27,4	91,43
21	Люцерна изменчивая 29566, Татарстан. Казанская 64/95 / Medicago varia Mart 29566, Tatarstan. Kazan 64/95	19,4	5,3	27,5	45,00
22	Люцерна изменчивая 29573, Казахстан. Тибетская / Medicago varia Mart 29573, Kazakhstan. Tibetan	22,1	6,0	27,1	15,00
23	Люцерна изменчивая 29661, Омская обл. Флора / Medicago varia Mart 29661, Omsk region. Flora	16,4	4,8	29,3	25,71
24	Люцерна изменчивая 31790, Читинская обл. Забайкалка / Medicago varia Mart 31790, Chita region. Zabaikalka	19,3	5,5	28,4	18,57
25	Люцерна изменчивая 31885, Оренбургская обл. Пестрая 57 / Medicago varia Mart 31885, Orenburg region. Motley 57	19,5	5,6	28,8	2,43
26	Люцерна изменчивая 32790, р. Марий Эл. Казанская 64/95 / Medicago varia Mart 32790, Mari El river. Kazan 64/95	32,5	11,0	33,8	10,00
27	Люцерна изменчивая 33684, США. Lahontan / Medicago varia Mart 33684, USA. Lahontan	13,0	3,9	29,8	13,57
28	Люцерна посевная 35019, США. Uinta / Medicago sativa 35019, USA. Quinta	12,6	3,5	27,9	60,71
29	Люцерна посевная 35380, США. Caliverde / Medicago sativa 35380, USA. Cala verde	12,1	3,7	30,3	48,57
30	Люцерна посевная 35541, США. Markli / Medicago sativa 35541, USA. Stamps	12,9	4,3	33,1	42,86
31	Люцерна посевная 35680, США. Progress / Medicago sativa 35680, USA. Progress	12,7	3,8	29,8	64,29

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
32	Люцерна посевная 37611, Казахстан. Кокше / Medicago sativa 37611, Kazakhstan. Kokshetau	15,9	4,7	29,8	57,14
33	Люцерна посевная 38270, Узбекистан. Каракалпакская 37 / Medicago sativa 38270, Uzbekistan. Karakalpak 37	13,5	3,7	27,3	15,29
34	Люцерна посевная 38272, Узбекистан. Каракалпакская 15 / Medicago sativa 38272, Uzbekistan. Karakalpak 15	16,0	5,0	31,2	20,00
35	Люцерна посевная 39961, США. Mex-Son / Medicago sativa 39961, USA. Max-Son	11,7	3,8	32,8	20,00
36	Люцерна посевная 39974, США. Ron / Medicago sativa 39974, USA. Ron	12,3	3,3	27,0	16,43
37	Люцерна изменчивая 43778, р. Дагестан. Кизлярская синегрибридная / Medicago varia Mart 43778, Dagestan river. Kizlyar blue hybrid	6,1	2,1	34,0	52,86
38	Люцерна изменчивая 44567, Омская обл. Флора 2 / Medicago varia Mart 44567, Omsk region. Flora 2	19,3	5,3	27,5	12,14
39	Люцерна изменчивая 45139, Омская обл. Флора 3 / Medicago varia Mart 45139, Omsk region. Flora 3	16,7	5,0	29,8	12,86
40	Люцерна изменчивая 45860, Омская обл. Флора 4 / Medicago varia Mart 45860, Omsk region. Flora 4	18,6	5,4	29,2	42,86
41	Люцерна посевная 47806, США. Ladak 65 / Medicago sativa 47806, USA. Lada k 65	12,6	4,3	34,0	38,57
42	Люцерна посевная 48620, Омская обл. Флора 5 / Medicago sativa 48620, Omsk region. Flora 5	14,3	4,3	30,4	71,43
43	Люцерна посевная 51692, р. Бурятия. Туяна / Medicago sativa 51692, R. Buryatia. Tuyana	8,6	2,7	31,5	32,86
44	Люцерна изменчивая 29573, Казахстан. Тибетская (фенотип местный) / Medicago varia Mart 29573, Kazakhstan. Tibetan (local phenotype)	10,1	3,5	34,2	22,86
НСР ₀₅		2,15	0,13	8,22	11,61
Среднее значение / The average value		16,39	4,74	29,15	53,44
Стандартное отклонение / Standard deviation		4,44	1,32	2,72	56,39
Коэффициент вариации, % / Coefficient of variation, %		27,08	27,86	9,32	105,5

Все образцы, находящиеся в изучении, по каждому хозяйственно ценному признаку имели разную степень выраженности, т. е. варьировали. Для оценки интенсивности вариации был использован коэффициент вариации (V), под которым понимают стандартное отклонение, выраженное в процентах к средней арифметической данной совокупности. В агрономических исследованиях принята следующая шкала для оценки изменчивости или вариации изучаемых признаков по величине коэффициента вариации: изменчивость незначительная, если V не превышает 10 %, средняя, если V в интервале от 10 % до 20 %, и значительная, если V более 20 %.

Урожайность зеленой массы образцов люцерны варьировала в пределах от 6,10 (образец 43778, р. Дагестан, Кизлярская синегрибридная) до 32,50 т/га (образец 32790, р. Марий Эл, Казанская 64/95). При коэффициенте вариации равном 27,08, можно сказать, что показатели по урожайности изучаемых образцов сильно варьируют.

Наименьшее значение урожайности сухой массы отмечено у образца 43778, р. Дагестан, Кизлярская синегрибридная – 2,10 т/га, наибольшее – у образца 32790, р. Марий Эл, Казанская 64/95 – 11,0 т/га. Коэффициент вариации составил 27,86.

Выход сухого вещества с наименьшим показателем 24,6 % отмечен у образца 9468, США, Grimm; с наибольшим 34,2 % – у образца 29573, Казахстан, Тибетская (фенотип местный). При этом вариация была незначительной с коэффициентом 9,32.

Самая сильная вариация была зафиксирована по такому хозяйственно ценному признаку, как урожайность семян, коэффициент составил 105,5. Наименьшая урожайность семян с показателем 2,43 кг/га была у образца 31885, Оренбургская обл., Пестрая 57, наибольшая с показателем 317, т/га у образца 3177, США, King.

В связи с тем, что люцерна является основным поставщиком сена в кормопроизводстве Астраханской области, целесообразно определить ее урожайность. По данным Астраханьстата в период 2015-2023 гг. динамика урожайности сена многолетних трав в хозяйствах всех категорий выглядела следующим образом (рисунок 2).

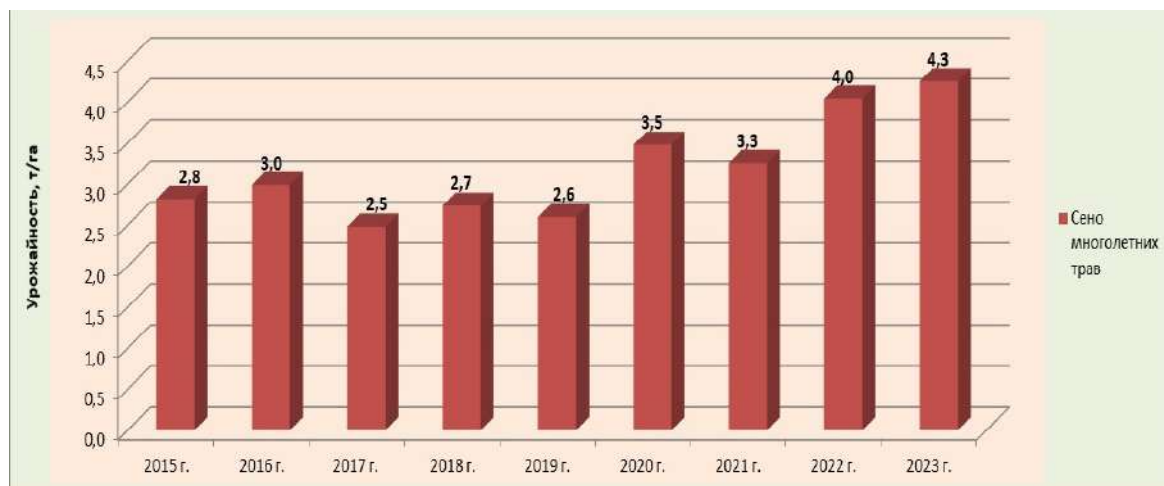


Рисунок 2 – Динамика урожайности многолетних трав в Астраханской области

Figure 2 – Dynamics of perennial grass yield in the Astrakhan region

Средняя урожайность сухой массы люцерны изучаемых образцов отмечена на уровне 4,74 т/га, этот показатель выше урожайности в Астраханской области на протяжении всего периода наблюдений. Можно сказать, что совокупность изучаемых образцов обладает потенциалом урожайности и представляет ценность для селекционной работы.

Выводы. В период 2021...2023 гг. обеспеченность осадками оказалась благоприятной для роста и развития люцерны, температурные показатели были примерно одинаковыми по сравнению со среднедолгосрочными показателями.

Изучаемые образцы на засуху реагировали слабо и очень слабо, на 11 образцах отмечена водоудерживающая способность листьев (77,8-88,0 %) превышающая аналогичный показатель на стандарте (77,26 %). Можно сказать, что эти образцы обладали адаптационными возможностями к аридным условиям зоны возделывания.

Урожайность зеленой массы у 23 образцов оказалась большей по сравнению со стандартом, у 20 образцов – урожайность сухой массы и 13 образцов превысили стандарт по урожайности семян. Образец люцерны изменчивой 32790, р. Марий Эл, Казанская 64/95 по всем признакам урожайности продемонстрировал показатели, превышающие стандарт. По выходу сухого вещества также 13 образцов отмечены с большими показателями по сравнению со стандартом.

Вариация урожайности зеленой массы и сухой массы образцов люцерны была значительной, коэффициент вариации составил 27,08 и 27,86 % соответственно. По выходу сухого вещества вариация была незначительной с коэффициентом 9,32 %. Урожайность семян также характеризовалась сильной вариацией, ее коэффициент составил 105,5 %.

Conclusions. In the period 2021...2023, precipitation was favorable for the growth and development of alfalfa, temperature indicators were approximately the same compared to the average long-term indicators.

The studied samples responded weakly and very weakly to drought, 11 samples showed a water-holding capacity of leaves (77,8-88,0 %) that exceeded the similar indicator according to the standard (77,26 %). It can be said that these particles have adaptive capabilities to the arid conditions of the cultivation zone.

The yield of green mass in 23 samples was higher than the standard, in 20 samples – the yield of dry mass, and in 13 samples they exceeded the standards for seed yield. Sample of variable alfalfa 32790, Mari El Republic, Kazanskaya 64/95 For all yield consequences, indicators exceeding the standards were demonstrated. According to the dry matter results, 13 samples with indicators compared to the standard were also noted. The variation in the yield of green mass and dry samples of alfalfa was different, the variation coefficient was 27,08 and 27,86 %, respectively. At the output of the dry factor, the change was insignificant with a coefficient of 9,32 %. Seed yield was also characterized by independence of variations; its coefficient was 105,5 %.

Библиографический список

1. Тютюма Н. В., Егорова Г. С., Кудряшова Н. И. Травосмеси для создания высококачественных интенсивных сенокосов в полупустынной зоне России. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. Т. 19. № 2 (74). С. 32-38.
2. Харалгина О. С. Урожайность зеленой массы и продуктивность люцерны изменчивой в северной лесостепи Тюменской области. Вестник КрасГАУ. 2021. № 12. С. 110-115.
3. Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Хюпинина Е. В. Сравнительная характеристика сортов люцерны изменчивой и посевной различного эколого-географического происхождения в агроклиматических условиях Северного Прикаспия. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2024. Т. 19. № 2. С. 201-210.
4. Ma X. T., Liao J. A., Zhao J. F. Knowledge mapping of Alfalfa research – a visual analysis using citespace. Applied ecology and environmental research. 2023. 21 (3). Pp. 1903-1916.
5. Okonov M. M., Dedova E. B. Assessment of the current state of meliorative regime of natural and anthropogenic complexes in Kalmykia. Biosciences, Biotechnology Research Asia. 2015. V. 12 (3). Pp. 1011-1033.
6. Кудряшова Н. И., Кудряшов А. В. Влияние различных агроприемов возделывания на химический состав бобово-мятликовых травосмесей. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 208-216.
7. Sottie E., Acharya S., McAllister T., Iwaasa A., Thomas J., Wang Y. Performance of alfalfa sainfoin mixed pastures and grazing steers in western Canada. The Professional Animal Scientist. 2017. V. 33. № 4. Pp. 472-482.
8. Дедов А. А., Дедов А. В. Технология возделывания люцерны синей на кормовые цели. Кормопроизводство. 2016. № 12. С. 24-27.
9. Нагибин А. Е., Тормозин М. А., Зырянцева А. А. Селекционная работа по люцерне на Среднем Урале. Аграрный вестник Урала. 2015. № 7 (137). С. 20-24.
10. Aponte A., Samarappuli D., Berti M. T. Alfalfa–Grass Mixtures in Comparison to Grass and Alfalfa Monocultures. Agronomy Journal. 2019. V. 111. Pp. 628-638.
11. Епифанова И. В., Тимошкин О. А., Лапина М. Ш. Селекция люцерны для условий лесостепи Среднего Поволжья. Международный сельскохозяйственный журнал. 2016. № 6. С. 53-56.

References

1. Tyutyuma N. V., Egorova G. S., Kudryashova N. I. Grass mixtures for creating high-quality intensive hayfields in the semi-desert zone of Russia. Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2024. V. 19. № 2 (74). Pp. 32-38.
2. Kharalgina O. S. Green Mass Yield and Productivity of Variable Alfalfa in the Northern Forest-Steppe of the Tyumen Region. Vestnik KrasGAU. 2021. № 12. Pp. 110-115.
3. Bulakhina G. K., Kudryashova N. I., Hyupinina E. V. Comparative Characteristics of Variable and Common Alfalfa Varieties of Different Ecological and Geographical Origin in the Agroclimatic Conditions of the Northern Caspian Region. Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and Animal Husbandry. 2024. V. 19. № 2. Pp. 201-210.
4. Ma X. T., Liao J. A., Zhao J. F. Knowledge mapping of Alfalfa research – a visual analysis using citespace. Applied ecology and environmental research. 2023. 21 (3). Pp. 1903-1916.
5. Okonov M. M., Dedova E. B. Assessment of the current state of meliorative regime of natural and anthropogenic complexes in Kalmykia. Biosciences, Biotechnology Research Asia. 2015. V. 12 (3). Pp. 1011-1033.
6. Kudryashova N. I., Kudryashov A. V. Influence of Various Agricultural Practices of Cultivation on the Chemical Composition of Leguminous-Bluegrass Mixtures. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 1 (69). Pp. 208-216.
7. Sottie E., Acharya S., McAllister T., Iwaasa A., Thomas J., Wang Y. Performance of alfalfa sainfoin mixed pastures and grazing steers in western Canada. The Professional Animal Scientist. 2017. V. 33. № 4. Pp. 472-482.
8. Dedov A. A., Dedov A. V. Technology of Blue Alfalfa Cultivation for Fodder Purposes. Fodder production. 2016. № 12. Pp. 24-27.
9. Nagibin A. E., Tormozin M. A., Zyryantseva A. A. Селекционная работа по люцерне на Среднем Урале. Аграрный вестник Урала. 2015. № 7 (137). С. 20-24.
10. Aponte A., Samarappuli D., Berti M. T. Alfalfa–Grass Mixtures in Comparison to Grass and Alfalfa Monocultures. Agronomy Journal. 2019. V. 111. Pp. 628-638.
11. Epifanova I. V., Timoshkin O. A., Lapina M. Sh. Alfalfa Breeding for the Forest-Steppe Conditions of the Middle Volga Region. International Agricultural Journal. 2016. № 6. Pp. 53-56.

Информация об авторах

Кудряшова Наталья Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, 8), ORCID-0000-0003-0195-3869, e-mail: stone79.79@list.ru

Кудряшов Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, 8), ORCID-0000-0002-0914-6239, e-mail: stone75@list.ru

Агеев Михаил Олегович, специалист, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, 8), e-mail: mr.heisenberg17@mail.ru

Authors' Information

Kudryashova Natalya Ivanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the laboratory, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of Solenoe Zaimishte, Severny block, 8), ORCID-0000-0003-0195-3869, e-mail: stone79.79@list.ru

Kudryashov Aleksander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of Solenoe Zaimishte, Severny block, 8), ORCID-0000-0002-0914-6239, e-mail: stone75@list.ru

Ageev Mikhail Olegovich, Specialist, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of Solenoe Zaimishte, Severny block, 8), e-mail: mr.heisenberg17@mail.ru

**THE EFFECT OF NO-TILL TECHNOLOGY ON CROP CONTAMINATION IN THE GRAIN
AND STEAM CROP ROTATION****Kuzina E. V.***Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences Ulyanovsk Scientific Research Institute of
Agriculture
Ulyanovsk, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: elena.kuzina@autorambler.ru

Received 20.03.2025

Submitted 09.06.2025

Summary

The article presents the results of research based on data used to evaluate the effectiveness of traditional dump and zero systems of basic tillage in weed control. These systems were used in field crop rotation in the forest-steppe zone of the Middle Volga region as part of a stationary experiment. Studies have shown that, contrary to popular belief, zero tillage on average over a rotation of a grain-and-steam crop rotation does not create conditions for a sharp increase in the supply of weed seeds in the soil, while the difference in the number and weight of weeds using classical tillage and no-till technology was insignificant.

Abstract

Introduction. Weed control is a key aspect of agricultural technology that has a direct and indirect impact on increasing crop productivity. Weeds negatively affect yields by inhibiting the growth and development of cultivated plants. The intensity of the spread of weeds is largely determined by the methods of basic tillage. Therefore, one of the priority areas of tillage is the elimination of weeds. **Object.** The object of research was crops of grain-and-steam crop rotation and leached chernozem. **Materials and methods.** The research was carried out at the experimental site of the Ulyanovsk Research Institute of Agricultural Sciences, a branch of the SamSC RAS. The experiments and related observations were conducted according to generally accepted methods. **Results and conclusions.** The use of direct seeding technology did not lead to a significant increase in the population of weed seeds in the soil horizon of 0-30 cm. After seven years of use in the system of grain and steam crop rotation, the percentage of germinating weed seeds increased by only 4.6 %, while with traditional plowing, the increase was 3.8 % compared to the initial level of contamination. An assessment of the contamination of fields in the grain and steam crop rotation by the time of harvest showed that the most effective way to control weeds was annual plowing to a depth of 20-22 cm. With direct sowing, the number and weight of weeds remained comparable to the control variant, where the differences in the number and weight of weeds were insignificant – only 1 piece/m² and 1 g/m², respectively.

Keywords: weed infestation of crops, weeds, weed seeds, methods of tillage, zero tillage.

Citation. Kuzina E. V. The effect of no-till technology on crop contamination in the grain and steam crop rotation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 144-151 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-15.

Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution, or analysis of this study. The author of this article has reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

УДК 631.51

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ
В ЗЕРНОПАРОВОМ СЕВООБОРОТЕ****Кузина Е. В., кандидат сельскохозяйственных наук***Самарский федеральный исследовательский центр РАН
Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
г. Ульяновск, Российская Федерация*

Актуальность. Контроль над сорной растительностью – ключевой аспект агротехники, оказывающий прямое и косвенное влияние на повышение продуктивности сельскохозяйственных культур. Сорняки негативно воздействуют на урожайность, подавляя рост и развитие культивируемых растений. Интенсивность распространения сорных растений во многом определяется способами основной обработки почвы. Следовательно, одним из приоритетных направлений обработки почвы является устранение сорняков. **Объект.** Объектом исследований являлись культуры зернопарового севооборота и чернозем выщелоченный. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном участке Ульяновского НИИСХ – филиала СамНЦ РАН. Закладка опытов и сопутствующие наблюдения проведены согласно общепринятым методикам. **Результаты и выводы.** Использование технологии прямого посева не повлекло за собой значительного увеличения популяции семян сорных растений в почвенном горизонте 0-30 см. После семилетнего применения в системе зерно-

парового севооборота процент всхожих семян сорняков увеличился всего на 4,6 %, в то время как при традиционной вспашке прирост составил 3,8 % по сравнению с первоначальным уровнем засоренности. Оценка засоренности полей в зернопаровом севообороте к моменту уборки урожая показала, что наиболее эффективным способом борьбы с сорняками являлась ежегодная вспашка на глубину 20-22 см. При прямом посеве количество и масса сорных растений оставались сопоставимы с контрольным вариантом, где различия в численности и массе сорной растительности были незначительными – всего 1 шт./м² и 1 г/м², соответственно.

Ключевые слова: засоренность посевов, сорные растения, семена сорных растений, способы обработки почвы, нулевая обработка почвы.

Цитирование. Кузина Е. В. Влияние технологии no-till на засоренность посевов в зернопаровом севообороте. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 144-151. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-15.

Авторский вклад Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Главным фактором, засоряющим посевы агрокультур, выступают семена сорных растений, концентрация которых в обрабатываемом слое почвы достигает десятков и сотен миллионов на гектар. Сорняки отличаются значительным репродуктивным потенциалом, что при недостаточной эффективности мероприятий по борьбе с засоренностью полей приводит к накоплению в пахотном и подпахотном слоях почвы зачатков их распространения [1, 2]. В связи с этим приоритетное значение имеет задача уменьшения потенциальной засоренности почвы органами размножения сорных трав [3]. Обработка почвы играет ключевую роль в ликвидации сорняков и предотвращении их всходов. Она же является наиболее затратной по энергии операцией в процессе выращивания сельскохозяйственных культур, что обуславливает необходимость оптимизации системы обработки почвы в сторону её минимализации [4, 5, 6]. При этом крайне необходимо понимать, какое воздействие оказывают разнообразные системы обработки на динамику запасов, распределение семян в почвенных слоях и засоренность посевов сельскохозяйственных культур, так как степень засоренности посевов является ключевым показателем, определяющим эффективность различных способов обработки почвы с точки зрения борьбы с сорняками [7, 8].

Среди ученых распространено мнение, что глубокая обработка почвы является действенным способом для ликвидации сорной растительности в полном объеме, в то время как безотвальные и минимальные методы демонстрируют недостаточную эффективность в контроле над сорняками. Продолжительное применение таких методов в рамках севооборота негативно сказывается на фитосанитарном состоянии как почвы, так и возделываемых культур, что ослабляет их способность к конкуренции [9, 10].

Однако существует и противоположная точка зрения, согласно которой при поверхностной и нулевой обработке семена сорняков концентрируются в верхних слоях почвы и находящиеся на поверхности мульча препятствует соприкосновению семян сорняков с почвой, что делает их доступными для птиц. Кроме того, под влиянием неблагоприятных погодных условий они теряют способность к прорастанию. В итоге запас семян сорняков в почве значительно сокращается, что в дальнейшем способствует уменьшению засоренности сельскохозяйственных культур [11, 12, 13].

Наблюдаемые противоречия в оценке результативности различных подходов к основной обработке почвы, выявленные в процессе анализа научной литературы, указывают на то, что их применение не может быть универсальным и не зависит от конкретных факторов, таких как тип почвы, предшествующая культура, погодные условия, выращиваемая культура, характер предшествующей обработки, доступность техники, удобрений, гербицидов и прочее [14]. Вышесказанное подчеркивает актуальность рассматриваемого вопроса и определяет необходимость дальнейших исследований и оптимизации как отдельных приемов, направленных на снижение засоренности посевов, так и их комбинаций и систем, с учетом общих тенденций развития агротехнологий.

Целью нашего опыта являлось определение влияния отвальной и нулевой обработки на количество семян сорняков в почве и засоренность посевов культур зернопарового севооборота.

Материалы и методы. Исследования проводились в период с 2017 по 2023 годы в Ульяновском НИИСХ – филиале СамНЦ РАН для определения результативности отвальной и нулевой технологий обработки почвы в борьбе с сорной растительностью.

В районе проведения исследований преобладает умеренно-континентальный климат. Показатели влажности близки к норме. Многолетние наблюдения демонстрируют, что среднегодовое количество осадков в регионе достигает 490 мм. Значительная часть осадков, около 292 мм, приходится на теплый сезон (с апреля по октябрь), что в полтора раза больше, чем количество осадков, выпадающих в холодное время года (с ноября по март), которое составляет 198 мм. Сумма эффективных температур в среднем равна 2457 °С. Период активной вегетации растений (с температурами выше 10 °С) длится в среднем 135-140 дней, однако в отдельные годы его продолжительность может варьироваться от 100 до 176 дней. Гидротермический коэффициент (ГТК) для Ульяновской области в среднем равен 1,0.

Посев проводили дисковой сеялкой СЗ-5,4 на глубину 5-6 см сплошным способом сева с шириной междурядий 15 см, нормой высева озимой пшеницы 5,5 млн шт., яровой пшеницы 5,0 млн шт., ячменя 4,5 млн шт., гороха 1,3 млн шт. всхожих семян/га, преимущественно в первой декаде мая.

Степень засоренности посевов оценивалась путем наблюдений и учетов на площадках размером 0,25 м², расположенных в первой и третьей повторностях (по 8 штук), в три различных периода. Использовался количественно-весовой метод, а полученные данные были пересчитаны на 1 м². Подсчет количества сорняков осуществлялся в фазу их активного прорастания, в середине вегетации культуры и непосредственно перед сбором урожая.

После завершения уборки урожая проводилась оценка засоренности пахотного слоя семенами сорных растений. Образцы почвы отбирались с помощью бура (диаметр 8 см) в 8 точках по диагонали каждого варианта, в первой и третьей повторностях, послойно: 0-10, 10-20 и 20-30 см. Извлечение семян сорных растений из почвенных образцов производилось посредством промывки через сито с ячейками диаметром 0,25 мм.

Для контроля сорной растительности на посевах яровой и озимой пшеницы, а также ярового ячменя применялся двухкомпонентный гербицид Примадонна Грант. Его состав включал 2,4-Д кислоту (в форме 2-этилгексилового эфира, 200 г/л) и флорасулам (3,7 г/л), а также трибенурон-метил (750 г/кг). Данная комбинация эффективно подавляла широкий спектр однолетних двудольных сорняков, в том числе устойчивых к 2,4-Д и МЦПА, а также многолетние двудольные виды, такие как бодяк, осот, латук татарский, молочай лозный и другие.

На ячмене, помимо указанной смеси, добавляли препарат Овсюген (140 г/л феноксапроп-П-этила и 47 г/л антидота в форме концентрата эмульсии). Этот гербицид предназначен для уничтожения однолетних злаковых сорняков, включая овсюг, виды щетинника, куриное просо, сорнополевое просо, метлицу обыкновенную, мятлик, проснянки и прочие.

На посевах гороха применялся двухкомпонентный гербицид Корсар Супер, ВК, направленный против однолетних и некоторых многолетних двудольных, а также однолетних злаковых сорняков. Действующие вещества Корсар Супер, ВК – бентазон (400 г/л) и имазамокс (25 г/л). Препарат был представлен в форме водорастворимого концентрата.

Опрыскивание посевов осуществлялось агрегатом МТЗ-82 + «Барс» с использованием указанных ниже норм расхода гербицидов: Примадонна, СЭ 0,4-0,6 л/га + Грант, ВДГ 8-12 г/га, Овсюген 0,4-0,6 л/га, Корсар Супер, ВК 1,2-1,6 л/га. Обработка зерновых культур проводилась в фазе кущения – начала трубкования, гороха – в фазе 2-3 настоящих листьев. В ранние фазы роста и развития сорняков: подмаренник – до 6 мутовок; крестоцветные – до 8 листьев; пикульник, марь, ромашка – 2-4 листа; осот – розетка-начало стеблевания; василек – до 6 листьев; вьюнок – до 10 см.

Результаты и обсуждение. Исследование видового разнообразия сорных растений в агрофитоценозе показало, что в посевах изучаемых культур сорный компонент включал представителей различных биологических групп, среди которых преобладали однолетние сорняки: ранние яровые – марь белая (*Chenopodium album* L.), **горчица полевая** (*Sinapis arvensis* L.), **горец вьюнковый** (*Fallopia convolvulus* L.), пикульник обыкновенный (*Galeopsis tetrahit* L.), поздние яровые – просо сорное (*Panicum miliaceum* ssp. *ruderales* Kitag.), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli* L.), паслен черный (*Solanum nigrum* L.), зимующие – **дымянка лекарственная**, аптечная (*Fumaria officinalis* L.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), **живокость полевая** (*Consolida regalis* S.F. Gray.), двулетние – свербига восточная (*Bunias orietalis*), дрема белая (*Oberna behen* L.); многолетние стержнекорневые: одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), сурепка обыкновенная (*Barbarea vulgaris*), корнеотпрысковые – льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), бодяк полевой (*Cirsium arvense* L.).

Проведенные нами исследования показали, что засоренность пахотного слоя почвы (0-30 см) под озимой пшеницей, первой культурой в зернопаровом севообороте, при отвальной и нулевой обработках составила 1828 и 1917 штук соответственно. Под яровой пшеницей, второй культурой, этот показатель был 1877 и 2349, под горохом (третья культура) – 2187 и 2134, под озимой пшеницей (четвертая культура) – 2003 и 2180, а под ячменем (пятая культура) – 1898 и 2006 штук на квадратный метр (таблица 1).

При ежегодной вспашке семена сорняков равномерно распределялись в пахотном слое, с преобладанием на глубине 10-20 см. В среднем по севообороту в этом слое концентрировалось 37 % от общего количества семян сорных растений. При нулевой обработке наблюдалось снижение количества семян сорняков в нижних слоях почвы. Наиболее засоренным оказался верхний слой (0-10 см), где скапливалось в среднем 44 % от общего количества семян сорняков. По сравнению с верхним слоем засоренность снижалась на 27 % в слое 10-20 см и на 46 % в слое 20-30 см.

Применение нулевой обработки почвы не приводило к существенному росту числа семян сорных растений в слое 0-30 см. В частности, после семи лет использования в зернопаровом севообороте, доля жизнеспособных семян сорняков возросла лишь на 4,6 % относительно исходной засоренности, наблюдавшейся перед уборкой первой культуры. При традиционной вспашке к завершению ротации севооборота прирост численности семян сорняков составил 3,8 % по сравнению с начальным уровнем, демонстрируя разницу менее чем в один процент.

Это свидетельствует о том, что нулевая обработка почвы не создает условий для резкого увеличения запаса семян сорняков в почве, вопреки распространенному мнению. Вероятно, это связано с тем, что отсутствие перемешивания почвы препятствует выносу новых партий семян сорняков из нижних горизонтов на поверхность, где они могли бы прорасти. Кроме того, оставшаяся на поверхности почвы растительная мульча, неизбежная при нулевой обработке, может подавлять прорастание некоторых видов сорняков, создавая неблагоприятные условия для их развития.

Таблица 1 – Засоренность пахотного слоя почвы семенами сорных растений

Table 1 – Contamination of the arable soil layer with weed seeds

Варианты обработки / Processing options	Слой почвы, см / Soil layer, cm							
	0-10		10-20		20-30		0-30	
	шт./м ² / pcs/m ²	%	шт./м ² / pcs/m ²	%	шт./м ² / pcs/m ²	%	шт./м ² / pcs/m ²	%
Озимая пшеница (2017-2019 гг.) / Winter wheat (2017-2019)								
Отвальная / Dump	752	41	601	33	475	26	1828	100
Нулевая / Zero tillage	876	46	619	32	422	22	1917	100
Яровая пшеница (2018-2020 гг.) / Яровая пшеница (2018-2020 гг.)								
Отвальная / Dump	776	41	593	32	508	27	1877	100
Нулевая / Zero tillage	945	40	774	33	630	27	2349	100
Горох (2019-2021 гг.) / Peas (2019-2021)								
Отвальная / Dump	536	25	987	45	664	30	2187	100
Нулевая / Zero tillage	1071	50	588	28	475	22	2134	100
Озимая пшеница (2020-2022 гг.) / Winter wheat (2020-2022)								
Отвальная / Dump	682	34	827	41	494	25	2003	100
Нулевая / Zero tillage	938	43	730	34	512	23	2180	100
Ячмень (2021-2023 гг.) / Barley (2021-2023)								
Отвальная / Dump	730	39	667	35	501	26	1898	100
Нулевая / Zero tillage	831	41	692	35	483	24	2006	100
<i>НСП_{0,5}</i>	10,97	-	49,98	-	6,18	-	-	-

Использование агрохимикатов для защиты культур в рамках севооборота давало возможность поддерживать засоренность посевов на среднем уровне до финальной стадии. Как правило, сорные травы, находясь в тени культурных растений в нижнем ярусе посевов, и не причиняли значительного ущерба урожаю.

Учет засоренности посевов перед уборкой культур показал, что у первой культуры в севообороте общее количество сорных растений оставалось в пределах допустимого уровня. Наименее засоренным как по количеству, так и по массе сорняков оказался вариант с использованием отвальной обработки почвы. На этом участке плотность сорных рас-

тений достигала 17,6 экземпляров на квадратный метр. В варианте с нулевой обработкой этот показатель был несколько выше – 21,1 шт./м², что превышало предыдущий результат всего на 3,5 шт./м² (таблица 2).

Засоренность посевов яровой пшеницы при использовании нулевой обработки не увеличивалась. Это можно объяснить тем, что основная масса семян сорняков располагается близко к поверхности почвы, что способствовало их прорастанию и последующему уничтожению. В обоих вариантах обработки преобладали однолетние сорняки. Общее количество сорных растений в варианте с нулевой обработкой составило 22,0 шт./м², а на вспашке их было на 8,2 % больше.

Таблица 2 – Изменение засоренности посевов сельскохозяйственных культур в зависимости от способов обработки почвы

Table 2 – Changes in weed infestation of agricultural crops depending on soil cultivation methods

Варианты обработки / Processing options	Малолетние / Minors		Многолетние / Perennial		Всего / Altogether	
	шт./м ² / pcs/m ²	г/м ² / g/m ²	шт./м ² / pcs/m ²	г/м ² / g/m ²	шт./м ² / pcs/m ²	г/м ² / g/m ²
Озимая пшеница (2017-2019 гг.) / Winter wheat (2017-2019)						
Отвальная / Dump	11,3	15,1	6,3	14,1	17,6	29,2
Нулевая / Zero tillage	14,6	20,1	6,5	13,9	21,1	34,0
Яровая пшеница (2018-2020 гг.) / Spring wheat (2018-2020)						
Отвальная / Dump	17,8	15,2	6,0	11,9	23,8	27,1
Нулевая Zero tillage	15,3	13,7	6,7	13,9	22,0	27,6
Горох (2019-2021 гг.) / Peas (2019-2021)						
Отвальная / Dump	14,9	23,8	14,0	38,3	28,9	62,1
Нулевая Zero tillage	18,5	21,8	13,0	51,8	31,5	73,6
Озимая пшеница (2020-2021 гг.) / Winter wheat (2020-2021)						
Отвальная / Dump	6,1	6,8	7,3	20,8	13,4	27,6
Нулевая Zero tillage	3,9	3,0	10,0	20,3	13,9	23,3
Ячмень (2021-2023 гг.) / Barley (2021-2023)						
Отвальная / Dump	1,61	1,79	6,3	16,3	7,9	18,1
Нулевая / Zero tillage	0,6	0,52	5,6	10,9	6,2	11,5
<i>НСР_{0,5}</i>	0,459	0,158	0,406	0,222	-	-

Наивысшая засоренность наблюдалась в посевах гороха, где численность сорняков достигала 28,9 шт./м² на вспашке и 31,5 шт./м² при нулевой обработке. Их биомасса составляла 62,1 г/м² и 73,6 г/м² соответственно. Нулевая обработка приводила к увеличению засоренности по сравнению с отвалной: по численности на 9,0 %, а по массе – на 18,5 %.

В посевах озимой пшеницы, выращиваемой после гороха, количество и масса сорняков уменьшались по сравнению с первыми тремя культурами севооборота. Количество сорняков в посевах культуры было практически одинаковым при вспашке и нулевой обработке: 13,4 и 13,9 шт./м² соответственно. Однако при отказе от обработки сорняки были менее развиты: их биомасса составила 23,3 г/м², что на 18,4 % ниже, чем на вспашке, где сухая масса сорняков составляла 27,6 г/м².

Ячмень оказался наименее засоренной культурой. Общая засоренность посевов не превышала 7,9 шт./м² при вспашке, а их масса составляла 18,1 г/м². При нулевой обработке эти показатели были еще ниже: 6,2 шт./м² и 11,5 г/м², что на 21,5 % и 36,5 % ниже, чем при вспашке, соответственно.

Таким образом, в севообороте прослеживалась четкая зависимость засоренности посевов не только от применяемой технологии обработки почвы, но и от возделываемой культуры. Зерновые культуры, такие как яровая и озимая пшеница и ячмень, были в меньшей степени подвержены засорению по сравнению с бобовыми культурами, такими как горох. Это связано с более плотным стоянием растений, что затрудняет проникновение света к поверхности почвы и, соответственно, прорастание сорняков.

Степень засоренности агрокультур существенно определялась не только их биологическими характеристиками, но и климатическими факторами. В умеренно засушливые и сухие годы, посевы, на фоне нулевой обработки, демонстрировали меньшую засоренность. Вышеуказанное объясняется тем, что нулевая обработка сохраняет семена сорняков преимущественно в верхнем слое почвы, где они более подвержены воздействию неблагоприятных факторов, таких как засуха и перепады температур. В засушливые периоды

верхний слой почвы быстро терял влагу. При нулевой обработке семена, находящиеся в этом слое, не прорастали, в то время как при вспашке они прорастали в более глубоких слоях, где сохранялась влага, и часть из них достигала поверхности, увеличивая общее количество сорных растений. На нулевом фоне накопление сухой биомассы сорняков происходило с меньшей скоростью, чем при отвальной вспашке. Различия между вариантами обработки по объему сухой биомассы особенно заметны были в засушливые годы, когда отвальная обработка почвы, обеспечивая лучшее питание, усиливала конкуренцию между культурами и сорняками в агроценозе.

Следовательно, применение нулевой обработки оказывало неоднозначное влияние на засоренность посевов. В одних случаях, как, например, в посевах гороха, она приводила к увеличению численности и биомассы сорняков. В других, наоборот, как в посевах озимой пшеницы и ячменя, способствовала снижению этих показателей. В среднем за ротацию зернопарового севооборота с укороченной ротацией уровень засоренности посевов сорняками продемонстрировал незначительные колебания между традиционной отвальной и нулевой обработкой почвы. При использовании ежегодной отвальной вспашки плотность стояния сорных растений достигала 18,0 экземпляров на квадратный метр, а их общая биомасса – 33,0 грамма на квадратный метр. В то же время при нулевой обработке количество сорняков составило 19,0 штук на квадратный метр, с накоплением сухой биомассы на уровне 34 грамма на квадратный метр. Таким образом, расхождения в численности и массе сорной растительности оказались минимальными – всего 1 шт./м² и 1 г/м² соответственно.

Однако, несмотря на кажущееся равенство, структура сорного сообщества претерпевала существенные изменения в зависимости от применяемой системы обработки почвы. При традиционной вспашке преобладали малолетние сорняки, такие как щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*) и марь белая (*Chenopodium album*), активно прорастающие после оборота пласта. В то же время при нулевой обработке наблюдалось увеличение доли многолетних сорняков, в частности пырея ползучего (*Elytrigia repens*) и осота полевого (*Sonchus arvensis*), способных выдерживать поверхностное воздействие и распространяться вегетативным путем.

В первом посеве культуры, после пара, при вспашке и нулевой обработке доля однолетних сорняков достигала 64,2 % и 69,2 %. Во втором посеве их количество составило 74,8 % и 69,5 %, в третьем – 51,6 % и 58,7 %, в четвертом – 45,5 % и 28,0 %, а в пятом – лишь 20,4 % и 9,7 % от суммарного количества сорных растений. В противовес этому, процент многолетних сорных видов в первой культуре составил 35,8 % и 30,8 %, во второй – 25,2 % и 30,5 %, в третьей – 48,4 % и 41,3 %, в четвертой – 54,5 % и 72,0 %, а в пятой – уже 79,6 % и 90,3 %. Таким образом, наблюдается тенденция: по мере удаления посевов от парового поля увеличивается засоренность многолетними сорняками, в то время как доля однолетних сорняков в общей массе сорных растений уменьшается.

Этот сдвиг в составе сорной растительности обусловлен несколькими факторами. Во-первых, обработка почвы под пар, будь то традиционная вспашка или прямой посев, изначально создает условия, благоприятные для прорастания и развития однолетних сорняков. Они быстро занимают освобожденное пространство и используют доступные ресурсы, опережая в росте многолетние виды, которым требуется больше времени для укоренения и распространения. Во-вторых, система севооборота оказывает значительное влияние на динамику сорной растительности. По мере повторных посевов, особенно без применения эффективных мер борьбы с сорняками, происходит накопление запаса семян многолетних видов в почве. Их вегетативное размножение, с помощью корневищ и отпрысков, позволяет им успешно конкурировать с культурой и однолетними сорняками.

Заключение. Результаты исследований показывают, что применение нулевой обработки почвы не приводило к существенному росту числа семян сорных растений в обрабатываемом слое. Опасения по поводу резкого увеличения засоренности посевов при переходе на нулевую обработку почвы также не всегда оправданы. В рамках зернопарового севооборота, средние различия в количестве и массе сорняков между традиционной вспашкой и прямым посевом оказались незначительными – лишь 1 шт./м² и 1 г/м² соответственно.

Выбор системы обработки почвы в зернопаровом севообороте должен основываться не только на общей численности сорняков, но и на их видовом составе, особенностях конкретного поля и агротехнических возможностях хозяйства. Комплексный подход, учитывающий эти факторы, позволит оптимизировать систему защиты растений, предотвратить ухудшение фитосанитарного состояния и обеспечить стабильные урожаи сельскохозяйственных культур.

Conclusions. The results of the studies show that the use of zero tillage did not lead to a significant increase in the number of weed seeds in the cultivated layer. Concerns about a sharp increase in weed infestation of crops when switching to zero tillage are also not always justified. Within the framework of grain-fallow crop rotation, the average differences in the number and weight of weeds between traditional plowing and direct seeding were insignificant – only 1 piece/m² and 1 g/m², respectively.

The choice of soil cultivation system in grain-fallow crop rotation should be based not only on the total number of weeds, but also on their species composition, the characteristics of a particular field and the agrotechnical capabilities of the farm. An integrated approach that takes these factors into account will optimize the plant protection system, prevent deterioration of the phytosanitary condition and ensure stable yields of agricultural crops.

Библиографический список

1. Гурин А. Г., Чадаев И. М. Влияние бобовых предшественников на засоренность посевов озимой пшеницы. Земледелие. 2018. № 4. С. 22-24.
2. Кузина Е. В. Засоренность посевов горчицы в зависимости от способов основной обработки почвы. Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 2 (65). С. 209-212.
3. Шабалкин А. В., Воронцов В. А., Скорочкин Ю. П. Эффективность различных способов основной обработки почвы и средств интенсификации в борьбе с засоренностью посевов ячменя. Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2. С. 139-144.
4. Цховребов В. С., Тетенищев А. Б., Фаизова В. И. и др. Эффективность применения технологии No-Till на черноземах обыкновенных Ставропольского края. Земледелие. 2021. № 3. С. 15-19.
5. Васильева Т. Н., Бакиров Ф. Г. Изменение видового состава сорняков в результате действия минимизации обработки почвы в агроценозах Предуралья. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 47-49.
6. Черкасова Е. А., Рзаева В. В. Влияние элементов технологии возделывания на засоренность посевов ярового рапса в условиях Северного Казахстана. Вестник КрасГАУ. 2022. № 3 (180). С. 38-43.
7. Фейзуллаев Г. М. Влияние основных способов обработки на засоренность площади посевов озимой пшеницы в условиях засушливой богары. Аграрная наука. 2021. № 11-12. С. 118-121.
8. Воронов С. И., Зволинский В. П., Плескачев Ю. Н. и др. Роль приемов основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя. Земледелие. 2020. № 2. С. 24-26.
9. Несмеянова М. А., Коржов С. И., Дедов А. В., Коротких Е. В. Изменение видового и количественного состава сорного компонента агроценоза при нулевой технологии возделывания озимой пшеницы. Земледелие. 2022. № 4. С. 44-48.
10. Солодун В. И., Кунгурова С. А., Горбунова М. С. и др. Особенности и видовой состав сорной растительности при длительном применении ежегодной вспашки и прямого посева по технологии No-till. Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2018. № 3 (52). С. 21-26.
11. Дригидер В. К., Кулинцев В. В., Измаков С. А., Дригидер В. В. Эффективность технологии No-till в засушливой зоне Ставропольского края. Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 1. С. 52-56.
12. Перегудова Н., Дригидер В. Потенциальная засоренность почвы семенами сорных растений при применении технологии no-till. Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 3 (16). С. 18-28.
13. Власенко Н. Г., Власенко А. Н., Кулагин О. В. Влияние технологии возделывания яровой пшеницы на почвенный банк семян сорняков. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 3. С. 5-13.
14. Кузина Е. В. Влияние предшественников, способов основной обработки почвы и удобрений на засоренность посевов и урожайность озимой пшеницы. Международный сельскохозяйственный журнал. 2024. № 1 (67). С. 63-66.

References

1. Gurin A. G., Chadayev I. M. Effect of legume predecessors on weed infestation of winter wheat crops. Agriculture. 2018. No. 4. Pp. 22-24.
2. Kuzina E. V. Weed infestation of mustard crops depending on the methods of primary soil cultivation. International Agricultural Journal. 2022. No. 2 (65). Pp. 209-212.
3. Shabalkin A. V., Vorontsov V. A., Skorochkin Yu. P. Efficiency of various methods of primary soil cultivation and intensification means in the fight against weed infestation of barley crops. Legumes and cereal crops. 2019. No. 2. Pp. 139-144.
4. Tskhovrebov V. S., Tetenishchev A. B., Faizova V. I. et al. Efficiency of using No-Till technology on ordinary chernozems of the Stavropol Territory. Agriculture. 2021. No. 3. Pp. 15-19.
5. Vasileva T. N., Bakirov F. G. Changes in the species composition of weeds as a result of mini-mizing tillage in agroecosystems of the Cis-Ural region. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2019. No. 6 (80). Pp. 47-49.
6. Cherkasova E. A., Rzaeva V. V. Cultivation technology elements influence on the weed infestation of spring rapeseed crops in the Northern Kazakhstan conditions. Bulliten of KrasSAU. 2022. No. 3 (180). Pp. 38-43.
7. Feizullaev G. M. Influence of main cultivation methods on the amount of weed infestation of winter wheat in dry-farming land conditions. Agrarian Science. 2021. No. 11-12. Pp. 118-121.
8. Voronov S. I., Zvolinsky V. P., Pleskachev Yu. N. et al. The role of primary tillage techniques in spring barley cultivation. Agriculture. 2020. No. 2. Pp. 24-26.
9. Nesmeyanova M. A., Korzhov S. I., Dedov A. V., Korotkikh E. V. Changes in the species and quantitative composition of the weed component of agroecosystem with no-till technology of winter wheat. Zemledelie. 2022. No. 4. Pp. 44-48.
10. Solodun V. I., Kungurova S. A., Gorbunovaet M. S. et al. Peculiarities and weed species composition on long-time application of annual ploughing and No-till direct seeding. Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. R. Filippov. 2018. No. 3 (52). Pp. 21-26.

11. Dridiger V. K., Kulintsev V. V., Izmailkov S. A., Dridiger V. V. Efficiency of No-till technology in the arid zone of the Stavropol Territory. Achievements of Science and Technology of AIC. 2021. V. 35. No. 1. Pp. 52-56.
12. Peregudova N., Dridiger V. Potential soil contamination with weed seeds when using no-till technology. Agricultural journal. 2023. No. 3 (16). Pp. 18-28.
13. Vlasenko N. G., Vlasenko A. N., Kulagin O. V. Influence of spring wheat cultivation technology on the soil bank of weed seeds. Siberian Herald of Agricultural Science. 2018. V. 48. No. 3. Pp. 5-13.
14. Kuzina E. V. Influence of predecessors, methods of primary tillage and fertilizers on weed infestation of crops and yield of winter wheat. International Agricultural Journal. 2024. No. 1 (67). Pp. 63-66.

Информация об авторах

Кузина Елена Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н. С. Немцева – филиал федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (Российская Федерация, 433315, Ульяновская область, Ульяновский район, п. Тимирязевский, ул. Институтская, 19), e-mail: elena.kuzina@autorambler.ru

Author's Information

Kuzina Elena Viktorovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department, Ulyanovsk Research Institute of Agriculture named after N. S. Nemtsev – the branch of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 433315, Ulyanovsk region, Ulyanovsk district, Timiryazevsky settlement, Institutskaya str., 19), e-mail: elena.kuzina@autorambler.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-16

THE ANALYSIS OF THE WIND REGIME DURING THE SNOWFALLS IN THE VOLGOGRAD REGION AND THE FOREST BELTS EFFICIENCY

Kulik A. V.

*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and
Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: kulik-a@vfanc.ru

Received 11.05.2025

Submitted 02.06.2025

The research was carried out within the framework of the state assignment of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences № FNFE-2025-005 "Research, regularities of the erosion-hydrological process for the development of a new theory of its formation, providing forecasting, development of technology for its management, design of adaptive-landscape farming systems, complete prevention of agricultural land degradation and reduction of diffuse pollution of water bodies".

Summary

The wind regime during snowfalls was analyzed for the territory of Volgograd region. The main directions of snow transfer were determined. It is recommended to determine their snow-regulating efficiency on the basis of the total range of their wind-breaking influence when planning forest stands on the watershed and selecting their design features.

Abstract

Introduction. The distribution of snow cover over the catchment surface influences the formation of the features of erosion-hydrological process. In the zone of insufficient moistening the loss of an additional source of moisture in the form of melt water is unacceptable. Systems of protective forest plantations have a great influence on the regulation of snow accumulation and re-deposition in agroforest landscapes. Their effectiveness is influenced not only by their design, but also by the characteristic of the wind regime during snowfalls and their location relative to the prevailing winds. **Objects.** Wind regime during snowfalls on the territory of Volgograd region. **Materials and methods.** The wind regime was studied on the basis of meteorological data from 17 meteorological stations located on the territory of the region, covering winter periods from 2005 to 2024. The data of wind directions and velocity during snowfall were analyzed. The materials were processed in 16 directions. **Results and conclusions.** The peculiarities of the location of meteorological stations relative to the mesorelief, characterized by differences in absolute heights, determined the formation of the wind regime of the winter period. The highest average wind speeds at snowfall are characteristic of the right bank of the Volga River and Tsimslyansky reservoir, in the open steppe of the Trans-Volga region. The average wind speed during snowfalls at weather stations along the Volga River (3.2-6.4 m/s) is higher than in the center of the region (2.8-4.3 m/s). The increase in wind speed during snowfalls affects the intensity of snow transfer and snow redistribution over the surface of the catchment area, so the determination of its prevailing direction was crucial. The northern part of the region is characterized by east, east-southeast and southwest winds; on the Medveditsa River watershed – east and west; within the Volga Upland in the north of the region – northeast and east-northeast, and in the area of Volgograd – east and west; in the south of the region – east; in the Volga region – east and southeast. Exposure of slopes of different exposures to erosion processes as a result of blowing snow cover should be determined on the basis of

analysis of winds with a speed of more than 3.0 m/sec. The presence of such a wind rose allows identifying wind-impacted slopes, which are most susceptible to the loss of an additional source of moisture in the form of snow water. Repeatability of snow-bearing winds in the region varies in the range from 32.9 to 86.4 %. According to the risk of snow transport impact its territory is conditionally divided into: low-, medium- and highly exposed areas. The snow-regulating efficiency of forest belts was analyzed in relation to the snow transport winds. When the angle of deviation of the wind flow approach to the forest belt from the perpendicular increases, its efficiency decreases. Before establishing protective forest plantations on the watershed it is necessary to identify the prevailing direction of winds during snowfalls to determine the degree of susceptibility of slopes to snow blowing, to choose methods of its preservation in the agroforest landscape on the basis of available data on the patterns of snow deposition.

Keywords: *wind regimes, snow cover distribution, forest band efficiency, protective forest plantations, snow removal, meltwater runoff.*

Citation. Kulik A. V. The analysis of the wind regime during the snowfalls in the Volgograd region and the forest belts efficiency. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 151-161 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-16.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 551.556:631.6.02

АНАЛИЗ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА ПРИ СНЕГОПАДАХ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕСОПОЛОС

Кулик А. В., кандидат сельскохозяйственных наук

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»
г. Волгоград, Российская Федерация*

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН № FNFE-2025-005 «Исследования, закономерности эрозионно-гидрологического процесса для разработки новой теории его формирования, обеспечивающие прогнозирование, разработку технологии управления им, проектирование систем адаптивно-ландшафтного земледелия, полное предотвращение деградации сельскохозяйственных земель и снижение диффузного загрязнения водных объектов».

Актуальность. Распределение снежного покрова по поверхности водосбора влияет на формирование особенностей эрозионно-гидрологического процесса. В зоне недостаточного увлажнения потеря дополнительного источника увлажнения в виде талых вод недопустима. На регулирование накопления и переотложения снега большое влияние в агролесоландшафте оказывают системы защитных лесных насаждений. На их эффективность влияет не только их конструкция, но и характеристика ветрового режима при снегопадах и их размещения относительно преобладающих ветров. **Объекты.** Ветровой режим при снегопадах на территории Волгоградской области. **Материалы и методы.** Изучение ветрового режима осуществлено на основе метеорологических данных 17 метеостанций, расположенных по территории области, охватывающих зимние периоды с 2005 по 2024 г. Анализировались данные направлений и скорости ветра при выпадении снега. Обработка материалов проводилась по 16 направлениям. **Результаты и выводы.** Особенности расположения метеостанций относительно мезорельефа, характеризующегося различиями в абсолютных высотах, обусловили формирование ветрового режима зимнего периода. Самые высокие средние скорости ветра при выпадении снега характерны для правобережья р. Волги и Цимлянского водохранилища, в открытой степи Заволжья. Средняя скорость ветров при снегопадах на метеостанциях вдоль р. Волги (3,2-6,4 м/с) выше, чем в центре области (2,8-4,3 м/с). Увеличение скорости ветра при снегопадах влияет на интенсивность снеготранспорта и перераспределение снега по поверхности водосборной площади, поэтому определяющим явилось определение преобладающего его направления. Для северной части области характерны ветра восточного, восточно-юго-восточного и юго-западного направлений; на водосборе р. Медведица – восточный и западный; в пределах Приволжской возвышенности на севере области – северо-восточное и восточно-северо-восточное, а в районе г. Волгограда – восточного и западного; на юге области – восточного; в Заволжье – восточное и юго-восточное. Подверженность склонов различных экспозиций процессам эрозии в результате выдувания снежного покрова необходимо определять на основе анализа ветров со скоростью более 3,0 м/с. Наличие такой розы ветров позволяет выявить ветроударные склоны, наиболее подверженные потерям дополнительного источника увлажнения в виде снеговой воды. Повторяемость снеготрансформируемых ветров по области изменяется в диапазоне от 32,9 до 86,4 %. По риску воздействия снежного переноса ее территория условно разделена на: мало-,

средне- и сильноподверженные участки. Проведен анализ снегорегулирующей эффективности лесополос относительно розы снегопереносимых ветров. При увеличении угла отклонения подхода ветрового потока к лесной полосе от перпендикуляра ее эффективность сокращается. Перед созданием защитных лесонасаждений на водосборе необходимо выявлять преобладающее направление ветров при снегопадах, чтобы установить степень подверженности склонов к выдуванию снега, выбрать методы его сохранения в агролесоландшафте на основе имеющихся данных о закономерностях отложения снега.

Ключевые слова: ветровые режимы, распределение снежного покрова, эффективность лесных полос, защитные лесные насаждения, снегоперенос, сток талых вод.

Цитирование. Кулик А. В. Анализ ветрового режима при снегопадах на территории Волгоградской области и эффективность лесополос. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 151-161. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-16.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В степной зоне, особенно при выращивании озимых зерновых культур важным фактором является сохранение влаги, основным источником которого служат осадки в зимний период [1, 2]. Поэтому их сохранение на полях, а также предотвращение потерь в виде поверхностного стока талых вод является важным условием формирования устойчивого урожая сельскохозяйственных культур.

В агролесоландшафтах на характер перераспределения снега по поверхности водосбора влияют следующие основные факторы: направление господствующих метельных ветров, скорость ветра при них, количество и вид выпадающих осадков, морфологические характеристики рельефа, конструкции защитных лесных насаждений и их расположение на местности [3-4]. Рельеф местности и экспозиция склонов определяют формирование снегозаносимых и снегосдуваемых участков, на которых по-разному протекают эрозионно-гидрологические процессы и по-разному складываются условия формирования поверхностного стока талых вод. Климатические особенности местоположения изучаемой территории влияют на качественные характеристики снега. Оттепели способствуют уплотнению снежного покрова. С одной стороны, при повторном понижении температуры они могут способствовать формированию на поверхности почвы ледяной корки, препятствующей в ранневесенний период впитыванию талой воды в почву, с другой (если она сформировалась внутри снежного покрова) – медленному снеготаянию [5]. На характер снегоотложения на водосборе также влияет поверхность агрофона (например, оставление полосами стерни, создание кулис) и системы защитных лесных насаждений [6-9]. В целях управления снегоотложением на разных элементах склона необходимо знать особенности его формирования [10].

Анализ метеорологических данных метельной активности позволяет прогнозировать возможное развитие эрозионных процессов на склонах различных экспозиций. Снег является природным термоизолятором, предупреждающим глубокое промерзание почв. На снегосдуваемых склонах при отсутствии снежного покрова риск глубокого промерзания значительно повышается. Процесс переотложения снега на поверхности водосбора неразрывно связан с переносом снежных частиц в снего-ветровом потоке. Чем выше скорость потока при метелях, тем больше и переносится снега. Происходит осадение в местах снижения скоростей при встрече с каким-либо препятствием. Так, на пересеченной местности при наличии растительности интенсивность сноса снега снижается. Перенос частиц зависит и от их физических свойств, а также структуры снежного покрова и от температуры воздуха окружающей среды [11]. Выпадающий при низких температурах снег долгое время сохраняет подвижность, и его перенос возможен при скорости ветра 3-5 м/с. При повышении температуры воздуха до 0 °С сразу после выпадения частицы снега теряют свою подвижность. Установлено, что для их сноса при плотном сложении скорость должна минимально увеличиться до 10 м/с (Кузьмин П. П., 1960).

Козменко А. С. и Ивановский А. Д. (1952) для районов центральной лесостепи вывели коэффициенты снежности склонов на основе анализа преобладающих направлений метелей. Так, для розы ветров при господстве метельных ветров с юго-востока, востока и юга склоны юго-восточной экспозиции имеют коэффициент 0,5 как снегосдуваемые, а для

северо-западных – 2,0, на которых происходит увеличение снегозапасов за счет переотложения снега (Кузьмин П. П., 1960). Поэтому особенно важно изучение преобладающего направления метелей при скорости потока, соответствующего переносу снежных частиц.

Целью исследований являлось осуществление анализа основных характеристик ветров при снегопадах на территории Волгоградской области и определение снегорегулирующего влияния лесополос.

Материалы и методы. Исследования проведены на территории Волгоградской области на основе анализа метеорологических данных 17 метеостанций. Охваченный временной период составил около 20 лет (с 2005 по 2024 г.). При анализе учитывались такие показатели, как направление ветра и его скорость при выпадении снега. Обработка полученных данных проводилась по общепринятым методикам Кобышева Н. В. и Наровлянского Г. Я. (1978), а также Исаева А. А. (1988). Направление ветра анализировалось на основе построенных по 16 румбам роз. Так как в литературе нет конкретных количественных значений для определения преобладающего направления ветра, то при определении его в работе будем придерживаться следующего допущения. При абсолютно равномерной розе ветров при снегопадах повторяемость по каждому румбу составляет 6,25 % (всего 100 % повторяемость и 16 румбов), поэтому при выделении преобладающего направления значение должно его превышать [12].

Дюнин А. К. (1963) опытным путем установил, что наименьшая скорость, с которой возможен отрыв снежного материала от поверхности, соответствует 3 м/с. Ряд других авторов определил значения незначительно выше [13-14]. В среднем от 4 до 5 м/с иногда и более в зависимости от влажности и температуры воздуха, что влияет на увеличение плотности снежного покрова, а также на повышение скорости ветрового потока для подъема снега от поверхности земли и дальнейший его перенос по поверхности агроландшафта. Согласно изложенному, при изучении снегопереносимых ветров при снегопадах останавливались на значении 3 м/с и взяли ее за основу при определении степени снегосудуемости на склонах различных экспозиций, так как это минимальная скорость потока, при которой начинается перенос снежного материала. Полученные данные статистически обработаны с использованием XLstat.

Результаты и обсуждение. Особенности расположения метеостанций относительно мезорельефа обусловили формирование характерного ветрового режима в зимний период (рисунок 1). Установлено, что самые высокие средние скорости свойственны для территории правобережья р. Волги на Приволжской возвышенности и Цимлянском водохранилища, на левобережье на открытой степи Прикаспийской низменности. Наибольшая средняя скорость соответствует западным румбам. Так, для районов Волгограда и Нижнего Чира это ветра западно-юго-западного направления (7,0 м/с), для Камышина – западно-северо-западного (7,6 м/с), для Эльтона – западного (7,7 м/с). Снегопады при скорости ветрового потока 10 м/с и более составляют на этих станциях 14,8, 10,1, 10,0, и 8,6 % соответственно. В целом на рассматриваемых территориях ветровой режим достаточно интенсивный. В Камышине минимальная средняя скорость по румбу составляет 3,8 м/с (юго-восточный), в Волгограде – 5,0 м/с (северо-северо-восточный), на Эльтоне – 3,9 м/с (северо-северо-восточный), в районе Нижнего Чира – 4,6 м/с (одинаковые значения для северного и северо-западного направлений). В центральной части области метеостанции расположены в окружении Калачской возвышенности, Медведицких яров, Донской и Доно-Медведицкой гряды, которые в целом способствуют снижению скорости ветровых потоков. Максимальные скорости ветра для этой территории при снегопадах характерны в большей степени для западных и южных румбов: для северо-западного до 4,0 м/с, северо-северо-западного до 4,5 м/с, южного до 5 м/с, юго-юго-восточного до 3,4 м/с.

Такое деление метеостанций условное, но при анализе полученных данных установлено, что, несмотря на их расположение в мезорельефе, характеризующееся схожими абсолютными высотами, средняя скорость ветров при снегопадах на станциях вдоль р. Волги выше (3,2-6,4 м/с), чем в центре области (2,8-4,3 м/с), где возвышенности в целом влияют на снижение значений. Данные метеостанции Урюпинска выбиваются из общего тренда. Для нее средняя скорость более высокая (5,8 м/с), чем для других станций, расположенных в схожих условиях.

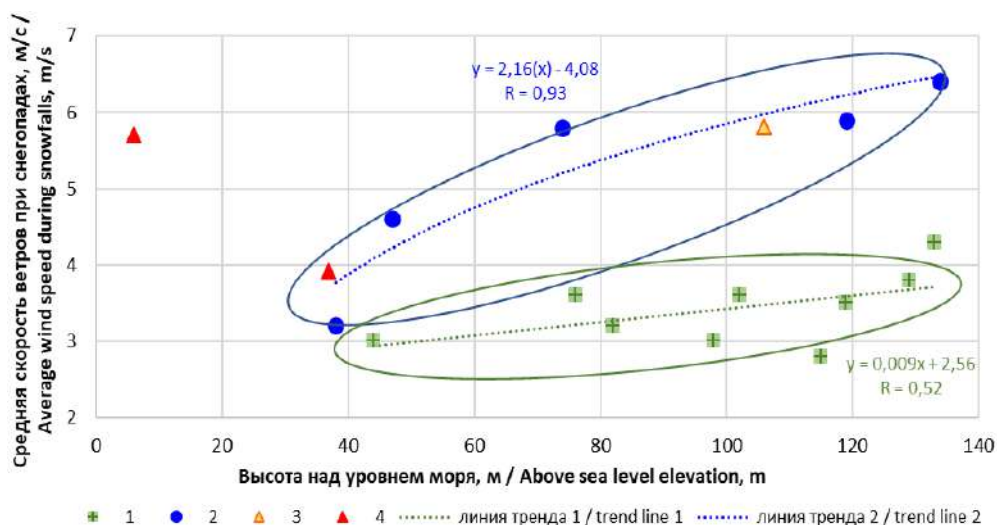


Рисунок 1 – Влияние расположения метеостанций относительно мезорельефа на среднюю скорость ветра при снегопадах

Метеостанции расположены: 1 – в центральной части области в окружении возвышенностей, 2 – на правобережье р. Волга, 4 – в левобережье; 3 – Урюпинск

Figure 1 – Influence of meteorological stations location relative to mesorelief on average wind speed during snowfalls

Meteorological stations located: 1 – in the central part of the region surrounded by uplands, 2 – on the right bank of the Volga River, 4 – in the left bank; 3 – Uryupinsk

При анализе скорости ветра при снегопадах в целом по области установлено, что с увеличением скорости потока от 1 до 3 м/с наблюдается резкое увеличение повторяемости, начиная с 4 м/с – резкое ее сокращение (рисунок 2). В целом изучая скоростной режим ветров при снегопадах за более 20-летний период установлено, что в среднем 24,3 % ветров при выпадении снега обладают скоростью до 3 м/с включительно. Наибольшей средней повторяемостью обладают ветра со скоростью 2 (16,3 %), 3 (18,9 %) и 4 (17,6 %) м/с. На графике по значениям первого и третьего квартилей хорошо заметен разброс значений. Так ветрам со скоростью 2 м/с соответствуют значения квартилей 9 и 23 %, а для 4 м/с – 14 и 21 %, соответственно. Стандартная ошибка среднего для первой градации составила 7,0 %, а для второй – 4,2 %, что говорит в последнем случае о более однородных данных.

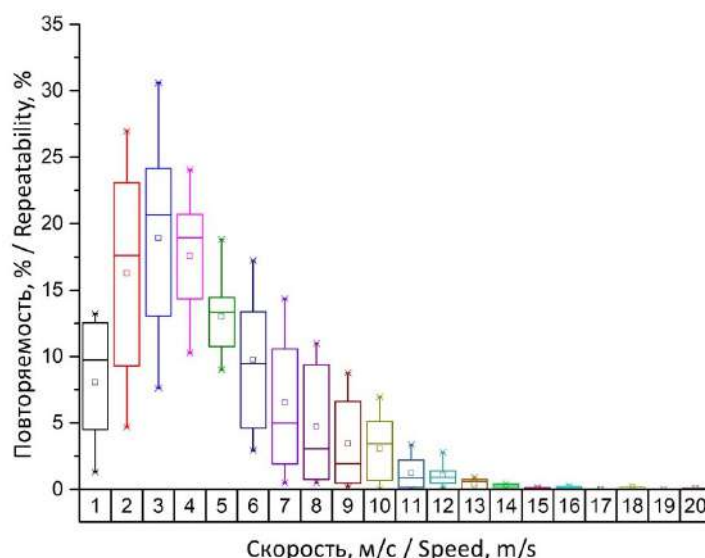


Рисунок 2 – Повторяемость ветров при снегопадах всех направлений по территории Волгоградской области

Figure 2 – Repeatability of winds during snowfalls of all directions in the Volgograd Region

Увеличение скорости ветра при снегопадах влияет на интенсивность снегопереноса и перераспределение снега по поверхности водосборной площади, поэтому определяющим при изучении этого процесса является преобладающее направление (рисунок 3). В северной части Волгоградской области (Урюпинск, Елань) доминируют восточный (10,4 %), восточно-юго-восточный (10,3 %) и юго-западный (11,5 %). В районе водосбора р. Медведица ветра при снегопадах преимущественно восточных и западных направлений. Так, вблизи метеостанции Рудня преобладают юго-восточного (10,4 %), западного (11,9 %), западно-северо-западного (10,8 %); в Даниловском районе – восточно-юго-восточного (9,5 %), юго-восточного (9,4 %), юго-западного (9,1 %), юго-юго-западного (9,0 %); в Михайловском – восточного (11,4 %), восточно-юго-восточного (11,4 %); во Фроловском – восточного (11,8 %) и западного (9,2 %) направлений. На правобережье р. Волга в пределах Приволжской возвышенности на севере области вблизи Камышина наиболее часты снегопады при ветрах северо-восточного (11,7 %) и восточно-северо-восточного (11,1 %) направлений, в районе г. Волгограда – восточного (14,8 %) и западного (10,4 %), на юге области (Суровикино, Котельниково) – восточного (11,3 и 18,9 %, соответственно), в Заволжье по данным метеостанции Эльтон – восточного (9,4 %), а Палласовка – юго-восточного (12,0 %).

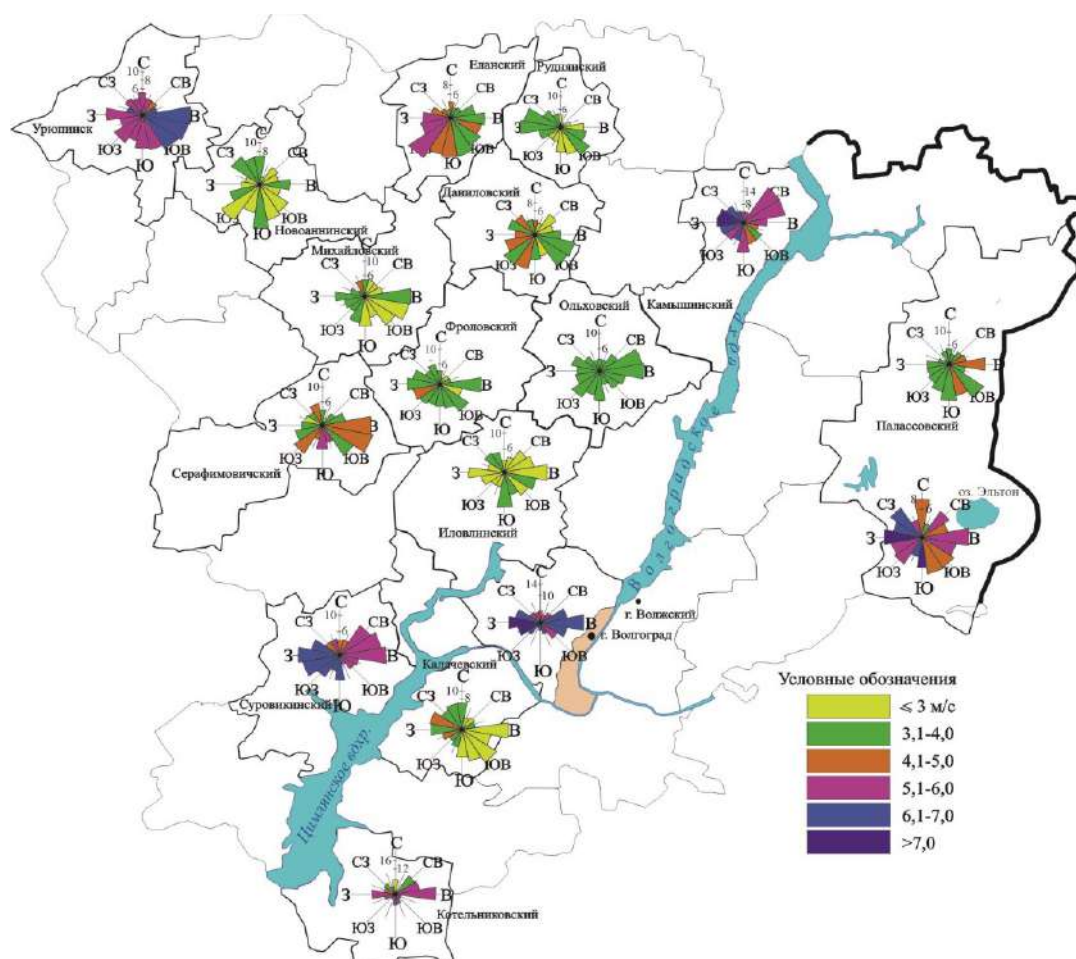


Рисунок 3 – Розы ветров при снегопадах, характеризующие их повторяемость (%) и среднюю скорость по румбам (м/с)

Figure 3 – Wind roses during snowfalls, characterizing their frequency of occurrence (%) and average speed by rhumb (m/s)

Совмещенный анализ направлений и средних скоростей по ним на основе составления векторной диаграммы (розы) позволяет получить более адекватную картину, характеризующую особенности ветрового режима при снегопадах. Для большей части территории Волгоградской области характерен ветровой режим по всем направлениям до 5,0 м/с. Выше отмечалось, что вдоль водохранилищ он наиболее активный. Так, в Камышине роза ветров «пестрая»: по часовой стрелке от северного до южного румба типичны снегопады

при потоках менее 6,0 м/с, для другой половины направлений скорость увеличивается и преобладает 7,0 м/с. Резко выделяются на общем фоне розы ветров Суrowsикино и Волгограда, на которых отмечается не только резкое преобладание западно-восточного и восточно-западного переноса, но и активный скоростной режим (не менее 4,1 м/с). В районе Эльтона роза ветров не имеет явно-выраженного, как на вышеупомянутых метеостанциях, преобладающего направления, но ветровой режим также очень активный. На севере области на общем фоне выделяется роза, построенная по данным метеостанции Урюпинск. Восточный, юго-юго-восточный и юго-восточный ветер при снегопадах отличаются высокими скоростями, превышающими 7,0 м/с. Для других направлений режим также довольно активный (более 4,1 м/с).

В целом установлено, что на скорость ветрового потока во время метели влияет и положение метеостанции относительно рельефа местности. Это обстоятельство отмечается и в монографии Сажина А. Н., Кулика К. Н. и Васильева Ю. И., в которой они установили (по среднемесячным и среднегодовым показателям скорости ветра), что «...формы рельефа подстилающей поверхности оказывают существенное влияние на скорость ветра» [15, с. 138]. Это обстоятельство подтвердили и проведенные исследования.

По анализу общей розы ветров при снегопадах трудно определить подверженность склонов различных экспозиций эрозии в результате выдувания снежного покрова с их поверхности. Необходимо выделить отдельно ветра со скоростью более 3,0 м/с (таблица 1). Наличие такой розы ветров позволяет выявить ветроударные склоны, наиболее подверженные потерям дополнительного источника влаги в виде снеговой воды. В зоне недостаточного увлажнения (к каким относится и территория области) такие траты недопустимы, поэтому особенно на таких склонах требуются мероприятия по снегозадержанию [16-18].

Таблица 1 – Повторяемость снегонепереносимых ветров при снегопадах, %

Table 1 – Repeatability of snow intolerable winds during snowfalls, %

Направление / Direction	Название метеостанции / Weather station name																
	Урюпинск / Uryupinsk	Елань / Yelan	Даниловка / Danilovka	Камышин / Kamyshin	Фролово / Frolovo	Серафимович / Serafimovich	Эльтон / Elton	Нижний Чир / Nizhny Chir	Волгоград / Volgograd	Котельниково / Kotelnikovo	Рудня / Rudnya	Новоаннинский / Novoanninsky	Михайловка / Mikhaylovka	Ольховка / Ol'khovka	Иловля / Iloviya	Палласовка / Pallasovka	Калач на Дону / Kalach-na-Donu
C / N	3,0	2,3	2,5	2,5	1,9	2,2	5,7	2,0	3,5	0,8	1,0	3,8	2,2	1,2	0,7	2,9	4,2
CCB / NNE	2,6	1,1	0,8	2,6	0,6	0,8	1,8	2,7	2,4	0,0	0,0	0,3	0,0	1,3	0,8	1,7	0,7
CB / NE	2,0	1,9	1,3	9,4	0,9	1,3	5,7	7,1	3,1	4,9	0,0	1,5	0,5	3,2	1,7	2,3	0,7
BCB / ENE	2,3	2,6	1,0	7,9	1,7	2,5	3,5	8,8	8,3	8,7	0,6	0,7	0,8	6,5	2,2	4,0	0,9
B / E	8,7	4,8	3,2	3,8	7,3	8,6	7,8	8,8	13,8	14,7	1,2	2,6	4,4	4,7	3,2	8,6	3,1
БЮБ / ESE	8,7	4,9	4,0	2,0	1,9	7,4	5,0	3,3	8,1	2,3	2,5	0,7	3,0	2,2	3,0	2,6	2,0
ЮБ / SE	7,0	3,7	3,5	3,3	3,9	3,9	5,3	2,7	5,7	2,6	3,5	2,5	3,0	2,8	2,3	6,9	2,6
ЮЮБ / SSE	5,9	5,5	2,2	4,7	3,1	3,2	5,3	1,8	3,0	4,2	2,9	2,3	1,1	2,3	3,3	6,6	1,5
Ю / S	5,4	6,0	3,0	6,8	3,5	4,2	5,8	5,4	2,5	5,3	2,0	3,6	2,2	4,2	4,3	5,7	2,4
ЮЮ3 / SSW	4,2	7,0	5,4	4,0	2,9	2,2	3,2	3,2	1,5	0,8	1,5	2,1	4,1	4,0	0,5	3,4	2,6
Ю3 / SW	5,2	8,8	5,4	4,5	2,8	5,6	5,3	5,3	4,5	3,4	0,7	3,6	3,0	4,8	1,5	3,7	1,8
3Ю3 / WSW	3,5	5,8	4,6	5,6	4,7	3,5	4,6	8,2	6,9	3,8	2,6	2,6	2,7	2,8	1,5	2,9	2,7
3 / W	6,4	5,1	3,8	6,7	4,7	1,9	6,6	8,2	9,3	8,7	5,4	1,3	3,3	2,3	2,3	2,6	4,0
3С3 / WNW	2,8	3,4	4,0	6,0	3,2	1,3	4,2	5,9	7,0	3,4	3,9	0,5	1,9	3,5	0,8	1,7	5,1
С3 / NW	3,2	1,2	3,6	5,2	1,5	1,8	6,0	2,7	3,7	2,6	3,3	4,9	0,8	2,8	2,3	0,3	2,4
СС3 / NNW	2,3	1,0	1,8	2,6	3,5	3,6	2,8	3,0	3,2	1,5	1,8	2,6	3,3	1,0	2,3	2,3	2,9
Итого	73,2	65,2	50,1	77,9	48,0	54,0	78,3	79,0	86,4	67,5	33,0	35,7	36,2	49,5	32,9	58,2	39,7

Повторяемость снегопереносимых ветров изменяется в большом диапазоне: от 32,9 до 86,4 %. Всю территорию области по риску воздействия метельного переноса можно условно разделить на три группы: малоподверженная – повторяемость снегопереносимых ветров (более 3 м/с) до 51 %, среднеподверженная – от 51 до 69 %, сильноподверженные более 69 %. Так, к первой категории относятся земли расположенные близ метеостанций Новоаннинский, Рудня, Даниловка, Михайловка, Ольховка, Фролово, Иловля, Калач-на-Дону, ко второй – Елань, Серафимович, Палласовка, Котельниково, к третьей – Урюпинск, Камышин, Волгоград (аэропорт), Эльтон, Нижний Чир.

При сопоставлении общих роз ветров при снегопадах и снегопереносимых ветров установлено, что в целом преобладающие направления на них практически соответствуют друг другу, но существуют и различия по отдельным румбам. Проанализируем полученные данные согласно выделенным группам. Общим для всех является почти полное соответствие по форме общей розы ветров при снегопадах со снегопереносимой. При этом по направлениям существуют различия в изменении значений, но в целом преобладающее сохраняется. Выявлена следующая закономерность: чем ниже средняя скорость ветра, тем менее отличны общая роза ветров и снегопереносимых.

В целом, при выявлении риска потери снежного покрова с водосборной поверхности необходимо понимать, что доминирующее направление розы при снегопадах совпадает с экспозициями склонов наиболее восприимчивых к снеготери, так как в метеорологии румб показывает направление откуда дует ветер, а экспозиция – «куда ориентирован склон». Так, для Фролово, Волгограда, Котельниково снегосдуваемыми являются склоны западной и особенно восточной экспозиций; в районе Даниловки и Елани – юго-западной; близ Камышина – северо-восточной; около Урюпинска и Серафимовича – восточной и восточно-юго-восточной; в Суrowsикине (Нижний Чир) – восточной, восточно-северо-восточной, западной и западно-юго-западной. Для района Эльтона характерна практически равномерная роза снегопереносимых ветров, лишь с небольшим преимуществом к восточному румбу.

Направление снегопереносимых ветров влияет на подверженность эрозионными процессами склонов разных экспозиций. На открытых агроландшафтах снег местами сдувается и переоткладывается в ближайшую гидрографическую сеть. Здесь появляется риск глубокого промерзания почв вследствие минимального или полного отсутствия снежного покрова. Важную роль в его сохранении имеют состояние агрофона поверхности, а также наличие защитных лесонасаждений по территории водосбора, регулирующих характер распределения и накопления снега на водосборе.

Характер отложения снега при его выпадении и направленность снегорегулирующих мероприятий для каждой из выделенных выше групп будут разными. Особенностью первой группы является относительно спокойный ветровой режим, поэтому здесь на первый план выходит задержание его на месте выпадения. Для третьей группы необходимым будет сохранение его в пределах агроландшафта, не допуская его потерь посредством применения лесополос с кустарником, использования кулис, стерни от сельскохозяйственных культур. При этом особое внимание необходимо уделять преобладающему снегопереносу для корректировки конструктивных особенностей защитных лесных полос. Эффективность последних в снегозадержании будет зависеть от их размещения относительно преобладающих направлений ветров при снегопадах.

На основе итоговых значений повторяемости снегопадов при скорости ветрового потока более 3 м/с осуществлен расчет снегорегулирующей эффективности лесополос на основе определения их суммарной эффективности ветроломного влияния при разном размещении относительно преобладающих ветров (Гаршинев Е. А., 2002). Расчет проводился на основе 8 основных направлений размещения лесных полос (таблица 2). Например, обозначение С-Ю обозначает, что лесополоса расположена в направлении с севера на юг. Рассмотрим по одному примеру для каждой из выделенных групп.

Суммарная дальность ветроломного влияния лесополос при снегопереносимых ветрах в районах слабоподверженных снегопереносу составляет до 35 %, в среднеподверженных от 28 до 52 %, в сильноподверженных от 39 до 67 %. Полученные результаты характеризуют степень эффективности лесных полос, размещенных в определенных направлениях. Защитные лесные полосы на склоновых землях обеспечивают снегозадержание и дополнительную аккумуляцию снега, что положительно влияет в том числе и на рост и развитие самого насаждения. Особенно это актуально для районов сухой степи. Размещение лесо-

полос на склонах должно осуществляться поперек склона (стока талых вод) с учетом их снегорегулирующей функции. В местах, где особенно развит снос снежного покрова и суммарная дальность ветроломного влияния достигает значений более 50 %, внимание нужно уделить использованной конструкции насаждения для избежания избыточного снегонакопления в зонах нижнего шлейфа или потери снега на межполосном пространстве в результате его чрезмерного накопления в самой лесополосе.

Таблица 2 – Суммарная эффективность ветроломного влияния лесополос при снегопереносе, %

Table 2 – Cumulative efficiency of windbreak effect of forest belts in snow transport, %

Метеостанция (группа) / Meteostation (group)	Направление размещения лесных полос / Direction of forest belt placement							
	C-Ю / N-S	CCB- ЮЮЗ / NNE- SSW	CB-ЮЗ / NE-SW	BCB- ЗЮЗ / ENE- WSW	B-З / E-W	БЮБ- ЗСЗ / ESE- WNW	ЮБ-СЗ / SE-NW	ЮЮБ- СЗ / SSE- NNW
Фролово (I) / Frolovo (I)	33	34	32	28	25	28	29	31
Иловля (I) / Ilovlya (I)	21	23	23	22	20	19	19	19
Елань (II) / Yelan (II)	42	40	38	38	39	42	45	44
Котельниково (II) / Kotelnikovo (II)	52	50	42	33	28	38	46	50
Урюпинск (III) / Uryupinsk (III)	49	51	50	47	41	41	43	46
Волгоград (III) / Volgograd (III)	67	65	57	45	39	44	54	63

Заключение. Выявлено влияние абсолютной высоты поверхности местности на особенности скоростного режима ветров во время снегопадов. Так, для открытых территорий юга области и Заволжья (Котельниково, Волгоград, Эльтон) резко выражено восточное направление метельных ветров, для которых характерны и наибольшие скорости. На севере и в центре направление меняется в зависимости от влияния Донской гряды, Калачской и Приволжской возвышенностей, Медведицких яров и Доно-Медведицкой гряды.

Построение роз снегопереноса и определение средних скоростей по направлениям позволяет выявить экспозиции склонов наиболее подверженных риску потери зимней влаги. Перед созданием защитных лесонасаждений на водосборе необходимо выявить преобладающее направление снегопереносимых ветров, чтобы установить степень подверженности склонов к выдуванию снежного покрова, выбрать методы его сохранения в агролесоландшафте на основе имеющихся данных о закономерностях отложения снега.

Conclusions. The influence of the absolute height of the terrain surface on the peculiarities of their speed regime was revealed. Thus, the eastern direction of blizzard winds is sharply pronounced for the open areas of the south of the region and the Volga region (Kotelnikovo, Volgograd, Elton), which are characterized by the highest speeds. In the north and in the center, the direction changes depending on the influence of the Don Ridge, Kalachskaya and Privolzhskaya Uplands, Medveditsky Yars and Dono-Medveditsky Ridge.

Construction of snow transfer roses and determination of average velocities by directions allows to identify exposures of slopes most exposed to the risk of winter moisture loss. Before establishing protective plantations on the watershed it is necessary to identify the prevailing direction of snow-bearing winds in order to determine the degree of susceptibility of slopes to blowing snow cover, to choose methods of its preservation in the agroforestry landscape on the basis of available data on the patterns of snow deposition.

Библиографический список

1. Узолин А. И., Воронина В. П., Кулик А. В. Биоэкологический потенциал озимой пшеницы сорта капитан в осенне-зимний период при выращивании на склоновых землях в агролесоландшафтах Среднего Дона. Известия НВ АУК. 2021. № 2 (62). С. 196-208.
2. Сытин Г. О., Беляков А. М. Влияние ползащитных лесных полос на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в зоне каштановых почв Волгоградской области. Известия НВ АУК. 2023. № 2 (70). С. 323-329.
3. Белолубцев А. И., Джандаги Н., Удовиченко С. Н. Микроклиматические различия характеристик снежного покрова в условиях сложного рельефа. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2011. № 4. С. 13-23.
4. Макаров В. С., Зезюлин Д. В., Беляков В. В. Анализ влияния местности на параметры снежного покрова. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 8-1. С. 21-25.

5. Долгов С. В. Водный потенциал Волгоградской области и его современные изменения. Известия РАН. Серия географическая. 2018. № 4. С. 77-88.
6. Vavin V. S., Popov A. V., Syromyatnikov V. Yu. Snow-regulating role of forest belts depending on the field area. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 392. 012062.
7. Dodev Y., Georgiev G., Belilov S., Ivanov V., Georgieva M., Madzhov S., Georgieva L. Creation and management of field protective forest belts in northeastern Bulgaria – history, problems and gained experience. Ecologia Balkanica. 2023. Vol. 15. Issue 2. Pp. 154-161.
8. Tarasov A., Pykhtin A., Podlesnykh I., Tarasov S. Environment-forming and stabilizing role of the soil-protective agroforestry landscape complex on slopes. E3S Web of Conferences. 2024. № 548. 01014.
9. Сарычев А. Н., Резникова О. В. Эффективность полевых защитных лесных полос в зависимости от агрометеорологических условий вегетационного периода. Научно-агрономический журнал. 2023. № 4 (123). С. 74-81.
10. Барабанов А. Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. Волгоград, 2017. 188 с.
11. Бычкова В. И., Курбатова М. М., Зароченцев Г. А., Игнатов Р. Ю. Прогноз метели на основе выходной продукции численной модели атмосферы. Метеорология и гидрология. 2018. № 7. С. 29-35.
12. Кулик А. В. Особенности погоды холодного периода года на территории Волгоградской области. Научно-агрономический журнал. 2023. № 4 (123). С. 30-35.
13. Бычкова В. И., Рубинштейн К. Г. Краткосрочный численный прогноз метелей. Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. 2012. № 347. С. 126-143.
14. Бычкова В. И., Петров В. Л., Рубинштейн К. Г. Численное моделирование возникновения и развития снежной метели при помощи модели WRF-ARW. Труды Гидрометцентра России. 2015. № 353. С. 46-62.
15. Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И. Погода и климат Волгоградской области. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 334 с.
16. Ивонин В. М. Эрозия почв при талом стоке на склонах с лесными полосами. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2021. Т. 11. № 2. С. 126-143.
17. Komissarov M., Golosov V., Zhidkin A., Fomicheva D., Konoplev A. The Cross-Verification of Different Methods for Soil Erosion Assessment of Natural and Agricultural Low Slopes in the Southern Cis-Ural Region of Russia. Land. 2024. № 13. 1767.
18. Rucins A., Kolomiiets L., Shevchenko I., Bulgakov V., Holovach I., Trokhaniak O., Kiernicki Z. Research of the Systems of Environmental and Soil Protection Technologies in Erosion-Hazardous Agrolandscapes. Journal of Ecological Engineering. 2025. № 26 (4). Pp. 15-27.

References

1. Uzun A. I., Voronina V. P., Kulik A. V. Bioecological potential of winter wheat variety «Capitan» during the autumn-winter period when growing on slop lands in agroforest landscapes of the middle Don. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2021. No 2 (62). Pp. 196-208.
2. Sytin G. O., Belyakov A. M. Influence of forest shelter belts on productivity and grain quality of winter wheat in the zone of chestnut soils of Volgograd region. Proc. of the Lower Volga Agro University Comp. 2023. No 2 (70). Pp. 323-329.
3. Belolyubtsev A. I., Djandagi N., Udovichenko S. N. Microclimatic differences in the characteristics of snow bed in conditions of complex relief. Proc. of Timiryazev agricultural academy. 2011. No 4. Pp. 13-23.
4. Makarov V. S., Zezyulin D. V., Belyakov V. V. Analysis of influence of terrain characteristics on snow cover parameters. International journal of applied and fundamental research. 2014. No 8-1. Pp. 21-25.
5. Dolgov S. V. Water potential of Volgograd oblast and its modern changes. Proceedings of Russian Academy of Sciences. 2018. No 4. Pp. 77-88.
6. Vavin V. S., Popov A. V., Syromyatnikov V. Yu. Snow-regulating role of forest belts depending on the field area. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. No 392. 012062.
7. Dodev Y., Georgiev G., Belilov S., Ivanov V., Georgieva M., Madzhov S., Georgieva L. Creation and management of field protective forest belts in northeastern Bulgaria – history, problems and gained experience. Ecologia Balkanica. 2023. Vol. 15. Issue 2. Pp. 154-161.
8. Tarasov A., Pykhtin A., Podlesnykh I., Tarasov S. Environment-forming and stabilizing role of the soil-protective agroforestry landscape complex on slopes. E3S Web of Conferences. 2024. No 548. 01014.
9. Sarychev A. N., Reznikova O. V. The Efficiency of Protective Forest Belts Depending on the Growing Season Agrometeorological Conditions. Scientific Agronomy Journal. 2023. No 4 (123). Pp. 74-81.
10. Barabanov A. T. Erosion-hydrologic assessment of interaction of natural and anthropogenic factors of formation of melt water surface runoff and adaptive landscape farming. Volgograd, 2017. 188 p.
11. Bychkova V. I., Kurbatova M. M., Zarochentsev G. A., Ignatov R.Y. Blowing snow forecast using numerical atmospheric model output data. Russian meteorology and hydrology. 2018. Vol. 43. No 7. Pp. 444-448.
12. Kulik A. V. Features of the Cold Season Weather in the Volgograd Region. Scientific Agronomy Journal. 2023. No 4 (123). Pp. 30-35.
13. Bychkova V. I., Rubinstein K. G. Short-term numerical forecast of snowstorms. Proceedings of the Hydrometeorological Research Center of the Russian Federation. 2012. No 347. Pp. 126-143.
14. Bychkova V. I., Petrov V. L., Rubinstein K. G. Numerical modeling of snowstorm occurrence and development using the WRF-ARW model. Proceedings of the Hydrometeorological Center of Russia. 2015. No 353. Pp. 46-62.
15. Sazhin A. N., Kulik K. N., Vasiliev Y. I. The weather and climate of the Volgograd region. Volgograd: FSC of agroecology of RAS, 2017. 334 p.
16. Ivonin V. M. Soil erosion at snowmelt runoff on slopes with forest belts. Scientific journal of Russian scientific research institute of land improvement problems. 2021. Vol. 11. No 2. Pp. 126-143.
17. Komissarov M., Golosov V., Zhidkin A., Fomicheva D., Konoplev A. The Cross-Verification of Different Methods for Soil Erosion Assessment of Natural and Agricultural Low Slopes in the Southern Cis-Ural Region of Russia. Land. 2024. No 13. 1767.

18. Rucins A., Kolomiets L., Shevchenko I., Bulgakov V., Holovach I., Trokhaniak O., Kiernicki Z. Research of the Systems of Environmental and Soil Protection Technologies in Erosion-Hazardous Agrolandscapes. *Journal of Ecological Engineering*. 2025. No 26 (4). Pp. 15-27.

Информация об авторах

Кулик Анастасия Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8736-5464>, e-mail: kulik-a@vifanc.ru

Author's Information

Kulik Anastasia Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8736-5464>, e-mail: kulik-a@vifanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-17

THE EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE POTENTIAL FOR REGULATING THE TURNOVER OF SOIL ORGANIC CARBON AND NITROGEN AT SOYBEAN CULTIVATION ON RECLAIMED LANDS

Lytov M. N.

The All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture – the branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov" Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Received 04.05.2025

Submitted 04.06.2025

The research was carried out according to the state task plan of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation FNFR-2025-0003 "Monitoring of long-term irrigated agricultural landscapes for predicting their condition, managing environmental sustainability and productivity using digital technologies in adaptive farming systems".

Summary

The study includes quantitative assessments of techniques for increasing bioproductivity and the potential for regulating soil organic carbon and nitrogen turnover during soybean cultivation on reclaimed lands.

Abstract

Introduction. The relevance of the research is determined by the need for scientific substantiation of techniques that contribute to increasing soil fertility and methods of designing technologies that ensure balanced dynamics of organic matter in the system of irrigated agriculture of the Lower Volga region. Today, irrigated agriculture is represented mainly by intensive technologies that require a significant increase in the rate of nutrient cycling and cause anthropogenic stress on agricultural landscapes. The parameters of the farming system that ensure a surplus balance of soil organic carbon in these conditions require precise quantitative justification. **Object.** Irrigated lands in the reclaimed agricultural landscapes of the Lower Volga region. **Materials and methods.** The working hypothesis of the research is based on the assumption that it is possible to normalize the turnover of organic carbon and nitrogen in the soil by introducing soybeans into irrigated crop rotations and developing effective strategies for the use of soybean biomass. The research includes field experience based on a three-factor scheme and includes studying the effect of cultivars (factor A, 3 variants), foliar treatments of crops with a micro-complex (factor B, 2 variants, potassium humate, Siamino, liquid sulfur and molybdenum) and organic fertilizers (factor C, 2 variants) on bio-productivity single-species soybean crops. **Results and conclusions.** Studies have shown that the use of a microcomplex based on a combination of modern agrobiological products such as potassium humate, Siamino (amino acids), sulfur and molybdenum has a stimulating effect, and combined with the selection of intensive varieties and the use of organic fertilizers, provides sustainable production of up to 3.5 t/ha of soybean grain. At the same time, crops form a developed leaf surface with an area of 37.8-38.2 thousand m²/ha and accumulate at least 9.71-9.74 t/ha of dry biomass. Stimulating the accumulation of organic matter by crops increases the importance of soybeans as a crop rotation crop with a high regulatory potential for replenishing soil organic carbon and nitrogen resources. When using only crop and root residues, no more than 0.88 t/ha of organic carbon and up to 12.7-12.9 kg/ha of nitrogen enter the soil. The integrated use of soybean biomass makes it possible to increase the regulatory potential for organic carbon by 2.8-2.9 t/ha and nitrogen by 93.4-101.4 kg/ha. Together with crop and root residues, up to 3.6-3.5 t/ha can be returned to the soil, and taking into account the organic matter of manure at a dose of 20 t/ha, 5.2-5.4 t/ha of organic carbon and 196.2-204.3 kg/ha of nitrogen.

Keywords: irrigated land, soil fertility, soybean cultivation, organic carbon.

Citation. Lytov M. N. The experimental assessment of the potential for regulating the turnover of soil organic carbon and nitrogen at soybean cultivation on reclaimed lands. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 161-170 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-17.

Author's contribution. The author fulfilled all the stages of research – designing and conducting investigations, data analysis and submitting the final version of the article.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

УДК 631.45:57.014

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБОРОТА ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА И АЗОТА ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОИ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ

Лытов М. Н., кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования проведены по плану государственного задания Минобрнауки России FNFR-2025-0003 «Мониторинг длительно орошаемых агроландшафтов для прогнозирования их состояния, управления экологической устойчивостью и продуктивностью с использованием цифровых технологий в адаптивных системах земледелия».

Актуальность. Актуальность исследований определяется необходимостью научного обоснования приемов, способствующих повышению плодородия почвы, и методов проектирования технологий, обеспечивающих сбалансированную динамику органического вещества в системе орошаемого земледелия Нижнего Поволжья. Орошаемое земледелие сегодня представлено преимущественно интенсивными технологиями, требующими существенного увеличения скорости круговорота биогенных элементов и обуславливающими антропогенную нагрузку на агроландшафты. Параметры системы земледелия, обеспечивающие профицит баланса органического углерода почвы в этих условиях, требуют точного количественного обоснования. **Объект.** Орошаемые земли в составе мелиорированных агроландшафтов Нижнего Поволжья. **Материалы и методы.** В основе рабочей гипотезы исследований предположение о возможности нормализации оборота органического углерода и азота почвы за счет введения в орошаемые севообороты зернобобовой культуры сои и разработки эффективных стратегий использования соевой биомассы. Исследования включают полевой опыт, заложенный по трехфакторной схеме и включающий изучение влияния сорта (фактор А, 3 варианта), фоллиарных обработок посевов микрокомплексом (фактор В, 2 варианта, гумат калия, Сиамино, жидкая сера и молибден) и органических удобрений (фактор С, 2 варианта) на биопродуктивность одно-видовых посевов сои. **Результаты и выводы.** Исследованиями установлено, что применение микрокомплекса на основе сочетания современных агробиопрепаратов, таких как гумат калия, Сиамино (аминоксилоты), сера и молибден оказывает стимулирующее действие, а сочетании с подбором интенсивных сортов и применением органических удобрений, обеспечивает устойчивое получение до 3,5 т/га зерна сои. При этом посевы формируют развитую листовую поверхность площадью 37,8-38,2 тыс. м²/га и накапливают не менее 9,71-9,74 т/га сухой биомассы. Стимулирование накопления органической массы посевами повышает значимость сои как севооборотной культуры, с высоким регуляторным потенциалом для восполнения ресурсов органического углерода и азота почвы. При использовании только пожнивно-корневых остатков в почву поступает не более 0,88 т/га органического углерода и до 12,7-12,9 кг/га азота. Комплексное использование биомассы сои позволяет увеличить регуляторный потенциал по органическому углероду на 2,8-2,9 т/га и по азоту на 93,4-101,4 кг/га. Вместе с пожнивно-корневыми остатками при этом в почву можно возратить до 3,6-3,5 т/га, а учитывая органическое вещество навоза в дозе 20 т/га, 5,2-5,4 т/га органического углерода и 196,2-204,3 кг/га азота.

Ключевые слова: орошаемые земли, плодородие почв, возделывание сои, органический углерод.

Цитирование. Лытов М. Н. Экспериментальная оценка потенциала регулирования оборота органического углерода и азота почвы при возделывании сои на мелиорированных землях. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 161-170. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-17.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования планировал, выполнял исследования, анализировал полученные данные и представил окончательный вариант статьи.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Орошаемое земледелие сегодня представлено преимущественно интенсивными технологиями, требующими существенного увеличения скорости круговорота биогенных элементов и обуславливающими антропогенную нагрузку на агроландшафты [1, 2, 3]. До сих пор нет однозначного мнения по поводу влияния орошения на плодородие почвы. Неоднократно учеными [4, 5, 6, 7] в рамках задач собственных исследований, отмечалось ускорение минерализации почвенного органического вещества и потери гумуса, разрушение агрономически ценных агрегатов почвы, слитизация плодородных горизонтов,

увеличение плотности и ухудшение водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя. Орошение увеличивает риски вымывания питательных и структурообразующих минералов и диффузии солей из нижележащих горизонтов почвы, а также грунтовых вод. Наряду с этим убедительные доводы были представлены в пользу орошения как драйвера почвообразовательных процессов и повышения почвенного плодородия [8, 9]. Показано значение водного режима для почвообразовательных процессов, отмечена корреляция радиационного индекса сухости и накопления стабильного гумуса, представлены объективные данные, связывающие оросительные мелиорации, повышение биопродуктивности агроценозов и увеличение источников пополнения органического вещества почвы в единую, неразрывную последовательность.

Обобщая результаты этих исследований, можно сделать вывод о необходимости позиционирования оросительных мелиораций как стратегического ресурса и важного условия повышения плодородия региональных типов почв. Сопутствующими факторами являются риски инициирования и развития негативных процессов, обуславливающих снижение уровня плодородия и деградацию почв. Усиление роли орошения в активизации почвообразовательных процессов и снижение рисков деградации мелиорированных земель, – зависят от технологий, применяемых в системе орошаемого земледелия. Выработка приемов, способствующих повышению плодородия почвы и методов проектирования технологий в системе орошаемого земледелия, является необходимым условием «правильного» использования мелиораций.

Целью исследований являлась экспериментальная оценка приемов повышения биопродуктивности и потенциала регулирования оборота органического углерода и азота почвы при возделывании сои на мелиорированных землях.

Материалы и методы. Создание условий для увеличения КПД использования фотосинтетически активной радиации, связывания и синтеза органических соединений углерода повышает динамику поступления органического вещества в почву [10, 11]. В этом плане важно, насколько эффективно используется тот ресурс, те возможности, которые предоставляют оросительные мелиорации для увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур. За основу рабочей гипотезы наших исследований принято предположение о возможности нормализации оборота органического углерода и азота почвы за счет введения в орошаемые севообороты зернобобовой культуры сои и разработки эффективных стратегий использования соевой биомассы. Увеличение продукции этой самой соевой биомассы является одной из важных задач исследования.

Соя в Нижнем Поволжье не новая культура, и для нее уже определены оптимальные параметры поддержания водного режима почвы, разработаны подходы к определению потребности в минеральном питании, обоснованы элементы сортовой агротехники [12, 13, 14, 15]. Новые возможности увеличения потенциала биопродуктивности соевого агроценоза необходимо искать во взаимодействии факторов и в применении биологизированных приемов, использующих преимущества природоподобных технологий. Учитывая это в рамках исследования был разработан и реализован трёхфакторный полевой эксперимент.

По фактору А к изучению были поставлены три сорта – Нордика, Киото и Волгоградка 2. Сорт Киото канадской селекции сегодня является одним из популярных сортов, используемых в регионе для промышленного производства высокобелкового зерна сои. Это сорт в целом обладает неплохим потенциалом, но одним из важных его конкурентных преимуществ является доступность откалиброванного и обработанного посевного материала. Во ВНИИ орошаемого земледелия (филиал «ФНЦ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова) созданы новые сорта сои местной селекции, имеющие хороший потенциал продуктивности и адаптированные к особенностям климата региона. Сорт Волгоградка-2 является одним из таких сортов, введенных в реестр селекционных достижений.

По фактору В к изучению было поставлено два варианта, это контроль (без применения органических удобрений) и вариант В2, где навоз КРС (безподстилочный) вносили дозой 20 т/га. В рамках фактор С исследования проводили также на двух уровнях, где за контроль был принят вариант без обработок посевов микрокомплексом, а в варианте С2 проводились обработки микрокомплексом по вегетирующим посевам. Состав микрокомплекса, которым проводили обработку посевов, включал использование гумата калия, Сиамин (аминоксилоты), жидкой серы и молибдена. Обработку проводили в фазу активного ветвления сои и начала бутонизации после применения в посевах гербицида Видблоск.

Исследования проводились на опытном участке КФХ «Выборнов В. Д.» (п. Коммунар) Ленинского района Волгоградской области. Участок располагается в области Заволжских пустынных степей, район Заволжской равнины. Зональные почвы района светло-каштановые, в комплексе с солонцами. Гидротермический коэффициент территории меньше 0,5, коэффициент увлажнения по Д. И. Шашко – в пределах 0,10-0,15. Почвы в крестьянско-фермерском хозяйстве типичные для рассматриваемого района.

Результаты и обсуждение. В таблице 1 представлены результаты фенологических и биометрических исследований в опытных посевах сои. Обеспечение равномерных и выравненных всходов является одним из важных условий получения высоких урожаев. На почвах опытного участка, с низким содержанием гумуса и высокой плотностью сложения, что в общем типично для региона, получение дружных всходов, в сжатые сроки, определяет потенциал продуктивности посева (рисунок 1). Приведенные в таблице 1 обобщенные данные показывают изменение продолжительности периода «посев-всходы» по сортам от 13 до 16 суток. Если сравнивать сорта Киото и Волгоградка 2, то продолжительность довсходового периода изменялась в пределах 15-16 суток. В части прохождения фенологических отметок сорта Киото и Волгоградка 2 оказались сопоставимы. Сорт местной селекции, Волгоградка 2 показал более быстрый переход к ветвлению, на несколько дней раньше зацвел, однако у сорта Киото наблюдалось более равномерное и быстрое дозревание семян. Продолжительность вегетационного периода у сорта Киото составила в среднем 105-113 суток, у сорта Волгоградка 2 – 106-114 суток. В регионе это обеспечивает гарантированное созревание семян при посеве в период с 20 апреля по 15 мая.

Максимальная площадь листьев формируется в фазу массового налива бобов. Различия по площади листьев между вариантами опыта становятся заметными уже в фазу бутонизации, а к началу фазы цветения они уже достигают 2,5-2,8 тыс. м²/га. Наибольшая максимальная площадь листьев составила 37,8-38,2 тыс. м²/га и была сформирована на участках, где вносили навоз КРС (20 т/га) и проводили обработки посевов стимулирующим микрокомплексом. Между сортами Киото и Волгоградка 2 статистически достоверной разницы не установлено. Наименьшей максимальной площадью листьев, 32,2 тыс. м²/га, характеризовались посеvy сои в вариантах, где органические удобрения не вносили и обработок посевов не проводили.

Таблица 1 – Фенология и биометрические оценки орошаемых посевов сои в зависимости от сочетания изучаемых факторов (среднее за 2022-2044 гг.) /

Table 1 – Phenology and biometric estimates of irrigated soybean crops depending on the combination of factors studied

Сочетание факторов / A combination of factors			Продолжительность периода / Duration of the period, сут.		Площадь листьев / Leaf area, тыс. м ² /га	Сухая биомасса посева / Dry biomass, т/га	
A	B	C	Посев- всходы / Sowing- shoots, сут.	Вегетации / Vegetation, сут.		Инте- граль- ная / Integral	В фазу уборочной спелости / For har- vesting
Нордика / Nordika	0	-	13	119	30,7	7,89	6,29
Нордика / Nordika	0	+	13	124	35,7	9,37	7,03
Киото / Kioto	0	-	15	105	32,2	7,91	6,19
Киото / Kioto	0	+	15	110	35,3	9,16	7,16
Киото / Kioto	20 т/га	-	15	112	36,5	9,26	7,17
Киото / Kioto	20 т/га	+	15	113	37,8	9,74	7,58
Волгоградка 2 / Volgogradka 2	0	-	16	106	32,2	8,12	6,39
Волгоградка 2 / Volgogradka 2	0	+	16	111	35,1	9,11	7,18
Волгоградка 2 / Volgogradka 2	20 т/га	-	16	112	37,1	9,30	7,39
Волгоградка 2 / Volgogradka 2	20 т/га	+	16	114	38,2	9,71	7,65
HCP ₀₅ SSD ₀₅	Фактор / factor A		0,8	2	1,4	0,36	0,32
	Фактор / factor B		0,8	2	1,4	0,36	0,32
	Фактор / factor C		0,8	2	1,4	0,36	0,32
	ABC		1,6	4	2,8	0,72	0,64



Рисунок 1 – Всходы опытных посевов сои (фото Лытов М. Н., 2023 г.)
Figure 1 – Seedlings of experimental soybean crops (photo by Lytov M. N., 2023)

Накопление сухого вещества посевами сои находилось в сильной зависимости от сочетания регулируемых опытами факторов. В таблице 1 приведены интегральные оценки биопродуктивности сои, где сухая масса накопленного посевами органического вещества приведена на дату уборочной спелости зерна, а также учтенная интегральным порядком, за весь вегетационный период. Эти значения различаются, так как на дату уборочной спелости зерна большая часть листового аппарата сои отмирает, а биомасса, соответственно, сокращается. Биомасса, учтенная по вариантам опыта в фазу уборочной спелости зерна, изменялась в пределах 6,19-7,65 т/га, тогда как интегральная сухая масса составляла в среднем 7,89-9,74 т/га.

Исследованиями установлены статистически значимые прибавки по накоплению сухой биомассы сои в зависимости от проведения обработок микрокомплексом. На участках вариантов, где эти обработки проводили, посевами сои накапливалось на 0,26-0,97 т/га сухой биомассы сои больше, чем на контроле. Наименьшая существенная разность по фактору составляет 0,36 т/га, и только по одному варианту прибавка сухой биомассы, в среднем за годы исследований, не была статистически доказана. Это вариант с обработкой посевов микрокомплексом на участках сорта Волгоградка 2, на участках с внесением навоза КРС.

Необходимо отметить, что на участках с внесением навоза КРС эффект от применения микрокомплекса по вегетирующим посевам оказался меньше, чем на участках, где органические удобрения не применяли. По сорту Волгоградка 2 увеличение сухой биомассы не превышало 0,26 т/га, по сорту Киото – 0,41 т/га. Для сравнения – на участках, где навоз КРС не вносили, увеличение сухой биомассы посева при проведении обработок микрокомплексом, было не ниже 0,74 т/га. Такой эффект, вероятно, объясняется замещающим действием факторов, в том числе в части стимулирования роста растений. Тем не менее наиболее продуктивные посевы сои были получены при сочетании внесения органических удобрений и проведения обработок вегетирующих посевов микрокомплексом. По сорту Нордика на дату уборки сухая биомасса посева при этом составила 7,03 т/га, а по сортам Киото и Волгоградка 2 – 7,58-7,65 т/га. В сравнении с контролем, без внесения навоза и проведения обработок микрокомплексом сухая биомасса посева увеличивалась на 1,26-1,39 т/га при НСР₀₅ для частных средних не более 0,64 т/га.

Наибольшая урожайность, которую удалось достичь в опытах, составила в среднем 3,51-3,54 т/га и была получена в посевах сорта Киото и Волгоградка 2 на участках, где проводили обработки вегетирующих посевов микрокомплексом и применяли органические удобрения (таблица 2). При этом посевы должны были сформировать развитую листовую поверхность площадью 37,8-38,2 тыс. м²/га и накопить не менее 9,71-9,74 т/га сухой биомассы. Без проведения обработок микрокомплексом и применения органических удобрений урожайность зерна сои по сортам Киото и Волгоградка 2 в среднем не превышала 2,81-2,86 т/га. При этом параметры формирования посева оказались существенно более скромными: площадь листьев составляла, в среднем, 32,2 тыс. м²/га, а накопленная за вегетационный период сухая биомасса изменялась в пределах 7,91-8,12 т/га.

Растительная биомасса является основным источником пополнения органического углерода в почве. Напрямую или опосредованно, через животную фазу, но только в растениях синтезируются органические вещества и депонируется органический углерод, часть которого впоследствии поступает в почву. Органический углерод поступает с пожнивно-корневыми остатками растений, однако сегодня все большее значение уделяется использованию и другой побочной продукции, например соломы, в качестве органического удобрения.

Таблица 2 – Урожайность зерна сои в условиях орошения /
Table 2 – Soybean grain yield under irrigation conditions

Сочетание факторов / A combination of factors			Урожайность / Productivity, т/га			
A	B	C	2022 год	2023 год	2024 год	Среднее / Average
Нордика, 2022 / Nordika, 2022	0	-	2,32	-	-	2,32
Нордика, 2022 / Nordika, 2022	0	+	2,84	-	-	2,84
Киото / Kioto	0	-	3,11	2,82	2,65	2,86
Киото / Kioto	0	+	3,76	3,17	2,96	3,30
Киото / Kioto	20 т/га	-	3,42	3,05	2,85	3,11
Киото / Kioto	20 т/га	+	3,91	3,43	3,28	3,54
Волгоградка 2 / Volgogradka 2	0	-	3,14	2,75	2,54	2,81
Волгоградка 2 / Volgogradka 2	0	+	3,56	2,99	2,92	3,16
Волгоградка 2 / Volgogradka 2	20 т/га	-	3,48	3,14	2,95	3,19
Волгоградка 2 / Volgogradka 2	20 т/га	+	3,78	3,39	3,36	3,51
HCP ₀₅ SSD ₀₅	Фактор / factor A		0,25	0,12	0,14	0,11
	Фактор / factor B		0,25	0,12	0,14	0,11
	Фактор / factor C		0,25	0,12	0,14	0,11
	ABC		0,50	0,24	0,28	0,22

В отличие от углерода азот не потребляется растениями напрямую из атмосферы. Основным источником азота растений является корневое питание. При этом часть азота также может вернуться в почву с остатками растений и этому необходимо уделять особое внимание. Ископаемые минералы азота ввиду особой подвижности соединений играют крайне небольшую роль при образовании почвы в естественных условиях. Поэтому основными источниками пополнения почвенного азота в естественной среде является прямой или прошедший животную фазу возврат растительного материала, микробный синтез и поступление с атмосферными осадками. Причем первая компонента играет наибольшую роль в круговороте.

Основные показатели, характеризующие регуляторный потенциал сои, как источника для восполнения азота и органического углерода почвы, приведены в таблице 3. Данные сгруппированы относительно вариантов опыта, что позволяет оценить возможности повышения регуляторного потенциала в зависимости от уровня биопродуктивности посева. Исходными данными для расчета приходных и расходных статей баланса органического углерода и азота почвы, связанных с растением, являются урожайность и влажность семян сои, абсолютно сухая биомасса пожнивно-корневых остатков соевого агроценоза и абсолютно сухая биомасса побочной продукции.

В пересчете на абсолютно сухое вещество урожайность семян сои по вариантам опыта изменялась от 1,95 т/га (сорт Нордика, без применения органических удобрений и проведения обработок микрокомплексом) до 2,95-2,97 т/га (сорты Волгоградка 2 и Киото, +обработка, + навоз). С урожаем зерна на наиболее продуктивных вариантах отчуждается до 181-182 кг/га азота. Формулировка «отчуждаемый» по отношению к содержащемуся в зерне азоту условная, но она постулирует ту неопределенность, с которой этот азот мог бы быть возвращен обратно в почву. Часть отчуждаемого с урожаем зерна азота потребляется растением из почвы. Однако здесь важно отметить способность сои, как бобовой культуры, в симбиозе поглощать атмосферный азот. На низкопродуктивных вариантах количество отчуждаемого с урожаем зерна азота снижается до 119-147 кг/га.

Таблица 3 – Показатели регуляторного потенциала сои как источника азота и органического углерода в составе малого биогеохимического цикла
Table 3 – Indicators of the regulatory potential of soybeans as a source of nitrogen and organic carbon
in the composition of small biogeochemical cycle (по обобщенным данным за 2022-2024 гг.)

Сочетание факторов / A combination of factors			Урожайность t/га / Productivity, t/ha		Азот отчуждаемый, kg/га / Alienated nitrogen, kg/ha	Поживно-корневые остатки / Crop and root residues			Побочная продукция / By-products		
A	B	C	Учтенная Accounted for	В пересчете на абсолютно сухое вещество / Absolutely dry substance		Сухая биомасса, t/га / Dry biomass, t/ha	Депонируе- мый углерод, t/га / Deposited carbon, t/ha	Азот, kg/га / Nitrogen, kg/ha	Сухая биомасса, t/га / Dry biomass, t/ha	Депонируе- мый углерод, t/га / Deposited carbon, t/ha	Азот, kg/га / Nitrogen, kg/ha
Нордика / Nordika	0	-	2,32	1,95	119	1,32	0,66	9,5	4,97	2,49	86,0
Нордика / Nordika	0	+	2,84	2,39	146	1,64	0,82	11,8	5,39	2,70	93,2
Киото / Kioto	0	-	2,86	2,40	147	1,48	0,74	10,7	4,71	2,36	81,5
Киото / Kioto	0	+	3,30	2,77	170	1,7	0,85	12,2	5,46	2,73	94,5
Киото / Kioto	20	-	3,11	2,61	160	1,77	0,89	12,7	5,40	2,70	93,4
Киото / Kioto	20	+	3,54	2,97	182	1,76	0,88	12,7	5,82	2,91	100,7
Волгоградка 2 / Volgogradka 2	0	-	2,81	2,36	145	1,59	0,80	11,4	4,80	2,40	83,0
Волгоградка 2 / Volgogradka 2	0	+	3,16	2,65	163	1,76	0,88	12,7	5,42	2,71	93,8
Волгоградка 2 / Volgogradka 2	20	-	3,19	2,68	164	1,79	0,90	12,9	5,60	2,80	96,9
Волгоградка 2 / Volgogradka 2	20	+	3,51	2,95	181	1,79	0,90	12,9	5,86	2,93	101,4

Пожнивно-корневые остатки – это тот объем биомассы растений, который гарантированно остается на поле и в первую очередь вовлекается в почвообразовательные процессы. Относительно почвы пожнивно-корневые остатки позволяют возмещать 0,66-0,90 т/га органического углерода и порядка 9,5-12,9 кг/га азота, преимущественно, в соединениях белков. Обращает внимание, что в сравнении с отчуждаемыми объемами с пожнивно-корневыми остатками в почву возвращается на порядок меньше азота. Регуляторный потенциал пожнивно-корневых остатков по органическому углероду тоже нельзя считать высоким. И хотя агротехнические мероприятия и интенсификация производства позволяют практически на треть увеличить поступление органического вещества в почву, однако в натуральном выражении это не будет превышать 0,16-0,24 т/га органического углерода. Это убедительно показывает, что интенсификация производства и повышение биопродуктивности посевов не решает проблему восполнения органического вещества почвы, если для этих целей используются только пожнивно-корневые остатки.

Сухая биомасса побочной продукции сои (солома, створки бобов) составляет 4,71-5,86 т/га и характеризуется существенным приростом (до 1,15 т/га) при проведении мероприятий по интенсификации производства. В этой биомассе депонируется до 2,36-2,93 т/га органического углерода. Это количество углерода в 3,2-3,8 раза больше, чем может быть накоплено в пожнивно-корневых остатках. Возможности возврата в почву азота с побочной продукцией сои увеличивается до 81,5-101,4 кг/га, что в 7,2-7,8 раза больше, чем поступает в почву с пожнивно-корневыми остатками. Таким образом, использование побочной продукции сои как инструмента пополнения органического углерода и азота почвыкратно превышает регуляторный потенциал пожнивно-корневых остатков.

Выводы. Таким образом, даже в сложных почвенно-климатических условиях при орошении интенсивные сорта сои Киото и Волгоградка-2 позволяют формировать до 3,54 т/га высококачественной продукции. Применение микрокомплекса на основе сочетания современных агробиопрепаратов, таких как гумат калия, Сиамино (аминокислоты), сера, молибден оказывает стимулирующее действие и обеспечивает быстрое преодоление токсичного действия гербицида. При этом посевы формируют развитую листовую поверхность площадью 37,8-38,2 тыс. м²/га и накапливают не менее 9,71-9,74 т/га сухой биомассы. Без проведения обработок микрокомплексом и применения органических удобрений урожайность зерна сои по сортам Киото и Волгоградка 2, в среднем, не превышала 2,86 т/га. Отмечено замещающее действие агроприемов, то есть на фоне органических удобрений действие микрокомплекса было менее выражено. Стимулирование накопления органической массы посевами, безусловно, повышает значимость сои как севооборотной культуры с высоким регуляторным потенциалом для восполнения ресурсов органического углерода и азота почвы. Вариант использования ресурса органического углерода и азота только пожнивно-корневых остатков сои является самым бедным по мощности регуляторного потенциала и обеспечивает только гарантированный минимум, поступление около 0,88 т/га органического углерода и до 12,7-12,9 кг/га азота в почву. Использование побочной продукции сои – той биомассы, которая остается после уборки зерна, позволяет увеличить регуляторный потенциал сои по органическому углероду на 2,8-2,9 т/га и по азоту на 93,4-101,4 кг/га. Вместе с пожнивно-корневыми остатками в почву можно вернуть до 3,6-3,5 т/га, а учитывая органическое вещество навоза в дозе 20 т/га, – 5,2-5,4 т/га органического углерода и 196,2-204,3 кг/га азота.

Conclusions. Thus, even in difficult soil and climatic conditions, intensive soybean varieties Kyoto and Volgogradka-2 can produce up to 3.54 t/ha of high-quality products. The use of a micro-complex based on a combination of modern agrobiological preparations such as potassium humate, Siamino (amino acids), sulfur, and molybdenum has a stimulating effect and ensures rapid overcoming of the toxic effect of the herbicide. At the same time, crops form a developed leaf surface with an area of 37.8-38.2 thousand m²/ha and accumulate at least 9.71-9.74 t/ha of dry biomass. Without microcomplex treatments and the use of organic fertilizers, soybean grain yields for Kyoto and Volgogradka 2 varieties, on average, did not exceed 2.86 t/ha. The substitutive effect of agricultural fertilizers was noted, that is, against the background of organic fertilizers, the effect of the micro-complex was less pronounced. Stimulating the accumulation of organic matter by crops certainly increases the importance of soybeans as a crop rotation crop with a high regulatory potential for replenishing soil organic carbon and nitrogen resources. The option of using the resource of organic carbon and nitrogen only from crop and root residues of soybeans is the poorest in terms of regulatory potential and provides only a guaranteed minimum – the intake of about 0.88 t/ha of organic carbon and up to 12.7-12.9 kg/ha of nitrogen into the soil. The use of by-products of soybeans, the biomass that remains after grain harvesting, makes it possible to increase the regulatory potential of soybeans for

organic carbon by 2.8-2.9 t/ha and nitrogen by 93.4-101.4 kg/ha. Together with crop and root residues, up to 3.6-3.5 t/ha can be returned to the soil, and taking into account the organic matter of manure at a dose of 20 t/ha, 5.2-5.4 t/ha of organic carbon and 196.2-204.3 kg/ha of nitrogen.

Библиографический список

1. Шадских В. А., Кижяева В. Е., Новикова Ю. А. Агроэкологические аспекты совершенствования структуры посевов в севооборотах на деградированных длительно орошаемых почвах Поволжья. Экология и строительство. 2020. № 4. С. 18-28.
2. Черемисинов А. Ю., Черемисинов А. А. Устойчивость агроландшафтов и их элементов. Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2018. № 1 (6). С. 39-44.
3. Новиков А. Е., Дранников А. В. Прецизионные технологии орошения в повышении устойчивости земледелия к природным изменениям. Орошаемое земледелие. 2024. № 4 (47). С. 45-50.
4. Бабичев А. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Особенности изменения мелиоративного состояния и почвенного плодородия при регулярном орошении и в постмелиоративный период земель юга России. Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 2. С. 168-185.
5. Оруджева Р. Н. К., Мустафаев М. Г. О., Гурбанова З. Р. К. Оценка влияния орошения на экологическое состояние серо-коричневых почв Гянджа-Казахского массива. Природные системы и ресурсы. 2022. Т. 12. № 2. С. 29-35.
6. Щедрин В. Н., Куприянова С. В., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Циклическое орошение - один из факторов стабилизации земледелия в АПК на примере черноземов обыкновенных. Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 3. С. 10-19.
7. Романова Л. Г., Пронько Н. А., Корсак В. В. Агрофизическая деградация орошаемых сыртовых темно-каштановых почв Саратовского Заволжья. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 3 (35). С. 136-147.
8. Бейсенова Г. О., Ибраева М. А. Влияние минеральных и органических удобрений на элементы питания почв Акдалинского массива орошения. Почвоведение и агрохимия. 2017. № 4. С. 16-26.
9. Рамазанова Ф. М. Влияние промежуточных посевов кормовых культур на плодородие орошаемых почв Азербайджана. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. Т. 47. № 4 (257). С. 103-109.
10. Бахтыгалиев Е. С. Влияние водного и питательного режимов почвы на продуктивность различных видов люцерны. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 2 (74). С. 75-84.
11. Щедрин В. Н., Масный Р. С., Манжина С. А., Куприянова С. В. Стратегический подход к развитию мелиорации в условиях меняющегося климата. Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 2. С. 11-17.
12. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Проблемы оптимального водообеспечения сои в условиях орошения. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 39-49.
13. Лытов М. Н. Особенности формирования водного режима почвы при разных уровнях водообеспечения сои в условиях орошения. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 3 (35). С. 31-49.
14. Москвичев А. Ю., Агапова С. А. Реакция растений сои на инокуляцию семян и режимы орошения светло-каштановых почв в условиях Нижнего Поволжья. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 5. С. 13-21.
15. Мелихов В. В., Комарова О. П., Комаров Е. В., Кошкарлова Т. С. Экологическая защита посевов сои в орошаемых агроландшафтах Нижнего Поволжья. Успехи современного естествознания. 2018. № 12. С. 81-86.

References

1. Shadskikh V. A., Kizhaeva V. E., Novikova Y. A. Agroecological aspects of improving the structure of crops in crop rotations on degraded long-term irrigated soils of the Volga region. Ecology and construction. 2020. № 4. Pp. 18-28.
2. Cheremisinov A. Yu., Cheremisinov A. A. Stability of agrolandscapes and their elements. Models and technologies of environmental development (regional aspect). 2018. № 1 (6). Pp. 39-44.
3. Novikov A. E., Drannikov A. V. Precision Irrigation Technologies in Improving the Stability of Agriculture to Natural Changes. Irrigated agriculture. 2024. № 4 (47). Pp. 45-50.
4. Babichev A. N., Dokuchaeva L. M., Yurkova R. E. Features of Changes in the Reclamation State and Soil Fertility in Regular Irrigation and in the Post-Reclamation Period of the Lands of the South of Russia. Land reclamation and hydraulic engineering. 2023. V. 13. № 2. Pp. 168-185.
5. Orudzheva R. N. K., Mustafayev M. G. O., Gurbanova Z. R. K. Assessment of the Impact of Irrigation on the Ecological State of Gray-Brown Soils of the Ganja-Kazakh Massif. Natural systems and resources. 2022. V. 12. № 2. Pp. 29-35.
6. Shchedrin V. N., Kupriyanova S. V., Dokuchaeva L. M., Yurkova R. E. Cyclic irrigation as one of the factors of agriculture stabilization in the agro-industrial complex on the example of common chernozems. Land reclamation and water management. 2021. № 3. Pp. 10-19.
7. Romanova L. G., Pronko N. A., Korsak V. V. Agrophysical degradation of irrigated syrt dark chestnut soils of the Saratov Trans-Volga region. Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2019. № 3 (35). Pp. 136-147.
8. Beisenova G. O., Ibraeva M. A. Effect of mineral and organic fertilizers on soil nutrients of the Akdala irrigation massif. Soil Science and Agrochemistry. 2017. № 4. Pp. 16-26.
9. Ramazanova F. M. Influence of intermediate crops of fodder crops on the fertility of irrigated soils in Azerbaijan. Siberian Bulletin of Agricultural Science. 2017. V. 47. № 4 (257). Pp. 103-109.
10. Bakhtygaliyev E. S. Influence of water and nutrient regimes of soil on the productivity of various species of alfalfa. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. № 2 (74). Pp. 75-84.
11. Shchedrin V. N., Masnyi R. S., Manzhina S. A., Kupriyanova S. V. Strategic Approach to the Development of Land Reclamation in a Changing Climate. Land reclamation and water management. 2022. № 2. Pp. 11-17.

12. Borodychev V. V., Lytov M. N. Problems of optimal water supply of soybeans under irrigation conditions. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2019. № 2 (54). Pp. 39-49.
13. Lytov M. N. Features of soil water regime formation at different levels of soybean water supply under irrigation conditions. Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2019. № 3 (35). Pp. 31-49.
14. Moskvichev A. Yu., Agapova S. A. Reaction of Soybean Plants to Seed Inoculation and Irrigation Regimes of Light Chestnut Soils in the Lower Volga Region. Siberian Bulletin of Agricultural Science. 2023. V. 53. № 5. Pp. 13-21.
15. Melikhov V. V., Komarova O. P., Komarov E. V., Koshkarova T. S. Ecological Protection of Soybean Crops in Irrigated Agricultural Landscapes of the Lower Volga Region. Advances in modern natural science. 2018. № 12. Pp. 81-86.

Информация об авторах

Лытов Михаил Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом, Всероссийский научно-исследовательского института орошаемого земледелия - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Author's Information

Lytov Michail Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Head of the Department, The All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture is a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-18

THE ASSESSMENT OF THE FIELD CROPS PRODUCTIVITY IN GRAIN-FALLOW CROP ROTATION DEPENDING ON SOIL FERTILITY AND SOIL-CLIMATIC CONDITIONS OF THE ORENBURG URALS

Mitrofanov D. V.

*Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences
Orenburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: dvm.80@mail.ru

Received 17.04.2025

Submitted 05.06.2025

The research work was carried out in accordance with the plan for 2024–2030 of the Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, FNWZ-2022-0014.

Summary

The studies were conducted to study the influence of agrometeorological and soil conditions, agro-backgrounds (fertilized, unfertilized) and predecessors (black fallow, crops) on the yield of cultivated plants in grain-fallow (six-field) crop rotations and the fertility of steppe chernozems of the Orenburg Cis-Urals. Changes in soil-climatic factors of the environment, the yield of field crops, and soil fertility were revealed depending on the experimental options and agro-backgrounds of nutrition.

Abstract

Introduction. The influence of productive moisture in August, soil temperature of the vegetation period, agro-backgrounds of nutrition and predecessors on the increase in the yield of field crops in grain-fallow crop rotations on southern chernozems was established. An increase in soil fertility was revealed as a result of a strong relationship between mobile phosphorus, exchangeable potassium, humus and pH of the salt extract. **Object.** Steppe chernozem soil and field cultivated plants. **Materials and methods.** Experiments on grain-fallow crop rotations were conducted from 2022 to 2024 on the basis of a stationary experimental field in the Orenburg region near the village of Nezinka. The following methods were used in the scientific research: contact meteorological observations (precipitation, temperature), experimental field, I. V. Tyurin (humus), preparation of salt extract (pH), thermostatic gravimetric (available moisture), ionometric (nitrogen), B. P. Machigina (phosphorus, potassium), application gravimetric (cellulolytic activity of the soil), yield calculation (green mass, grain), dispersion (HCP₀₅), multiple regression (statistical analysis). **Results and conclusions.** The paper defines the results of average values for the seasons (may...august): average daily air temperature was 19.8 °C; precipitation in the form of rain in the district – 182.3 mm, in the field – 180.7 mm; days (air humidity ≤ 30.0 %) – 45.3; hydrothermal coefficient – 0.8; soil temperature – 21.6-22.9 °C, available moisture in May – 82.6-124.0 mm, in August – 5.9-87.1 mm; moisture loss – 28.7-112.0 mm; soil microbial activity – 6.6-20.6 %; nitrate nitrogen – 21.4-47.6 mg, available phosphorus – 40.2-95.3 mg, exchangeable potassium – 316.4-681.2 mg/100 g of soil; humus – 3.5-5.5 %; pH of salt extract – 6.4-7.7; green mass yield 13.8-14.5 t, grain – 0.6-1.8 t/ha. According to the results of statistical analysis using the multiple regression method of levels (p≤0.05), an increase in the yield of field crops was revealed due to the positive effect of available moisture in August on the fertilized agro-background of nutrition (33.58 %, aver-

age relationship $r=0.58^*$) and soil temperature on the unfertilized one (37.48 %, average relationship $r=0.61^*$). The increase in soil fertility depended on a strong relationship between humus and mobile phosphorus (influence 61.44 %, $r=0.78^*$) on the agro-background with fertilizer. Improvement of soil fertility was due to a strong relationship between the indicator ($pH_{sol.}$) of soil acidity and mobile phosphorus (impact 52.72 %, $r=0.73^*$), humus and exchangeable potassium (impact 70.90 %, $r=0.84^*$) on an agro-background without fertilization.

Keywords: *productive soil moisture, cellulolytic activity of the soil, soil fertility, yield of field crops.*

Citation. Mitrofanov D. V. The assessment of the field crops productivity in grain-fallow crop rotation depending on soil fertility and soil-climatic conditions of the Orenburg Urals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 170-183 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-18.

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Author of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

УДК 631.559:631.582:631.452(470.56)

ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В ЗЕРНОПАРОВОМ СЕВООБОРОТЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ И ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОРЕНБУРГСКОГО ПРИУРАЛЬЯ

Митрофанов Д. В., кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук»
г. Оренбург, Российская Федерация

**Научно-исследовательская работа выполнена в соответствии с планом на 2024-2030 гг.
Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий РАН, № FNWZ-2022-0014.**

Резюме. Исследования проведены по изучению влияния агрометеорологических и почвенных условий, агрофонов (удобренный, неудобренный) и предшественников (чёрный пар, культуры) на урожайность культурных растений в зернопаровых (шестипольных) севооборотах и плодородия степных чернозёмов Оренбургского Приуралья. Выявлены изменения в почвенно-климатических факторах среды, урожайности полевых культур, плодородие почвы в зависимости от опытных вариантов и агрофонов питания.

Актуальность. Установлено влияние продуктивной влаги в августе, температуры почвы вегетационного периода, агрофонов питания и предшественников на увеличение урожайности полевых культур в зернопаровых севооборотах на чернозёмах южных. Выявлено повышение почвенного плодородия в результате сильной взаимосвязи подвижного фосфора, обменного калия, гумуса и pH солевой вытяжки. **Объект.** Степная чернозёмная почва и полевые культурные растения. **Материалы и методы.** Опыты по зернопаровым севооборотам проведены с 2022 по 2024 гг. на базе стационарного экспериментального поля вблизи с. Нежинка Оренбургского района. В научных исследованиях применены методы: контактный метеонаблюдений (осадки, температура), экспериментальный полевой, И. В. Тюрина (гумус), приготовления солевой вытяжки (pH), термостатный весовой (доступная влага), ионометрический (азот), Б. П. Мачигина (фосфор, калий), аппликационный весовой (целлюлозолитическая активность почвы), расчёта урожайности (зелёная масса, зерно), дисперсионный (HC_{P05}), множественной регрессии (статистический анализ). **Результаты и выводы.** В работе определены результаты среднего значения за времена года (май...август): среднесуточная температура воздуха составила 19,8 °С; осадки в виде дождя района – 182,3 мм, поля – 180,7 мм; дни (влажность воздуха $\leq 30,0$ %) – 45,3; гидротермический коэффициент – 0,8; температура почвы – 21,6-22,9 °С, доступная влага в мае – 82,6-124,0 мм, в августе – 5,9-87,1 мм; потери влаги – 28,7-112,0 мм; микробная активность почвы – 6,6-20,6 %; нитратный азот – 21,4-47,6 мг, подвижный фосфор – 40,2-95,3 мг, обменный калий – 316,4-681,2 мг/100 г почвы; гумус – 3,5-5,5 %; pH солевой вытяжки – 6,4-7,7; урожайность зелёной массы 13,8-14,5 т, зерна – 0,6-1,8 т/га. По итогам статистического анализа методом множественной регрессии уровней ($p \leq 0,05$) выявлено возрастание урожайности полевых культур от положительного влияния доступной влаги в августе на удобренном агрофоне питания (33,58 %, средняя связь $r=0,58^*$) и температуры почвы на неудобренном (37,48 %, средняя связь $r=0,61^*$). Увеличение плодородия почвы зависело от сильной взаимосвязи гумуса и подвижного фосфора (влияние 61,44 %, $r=0,78^*$) на агрофоне с удобрением. Улучшение почвенного плодородия происходило от сильной взаимосвязи показателя ($pH_{sol.}$) кислотности почвы и подвижного фосфора (воздействие 52,72 %, $r=0,73^*$), гумуса и обменного калия (влияние 70,90 %, $r=0,84^*$) на агрофоне без удобрения.

Ключевые слова: *почвенная продуктивная влага, целлюлозолитическая активность почвы, почвенное плодородие, урожайность полевых культур.*

Цитирование. Митрофанов Д. В. Оценка урожайности полевых культур в зернопаровом севообороте в зависимости от плодородия почвы и почвенно-климатических условий Оренбургского Приуралья. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 170-183. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-18.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Сохранение и повышение плодородия почвы зависит от влияния севооборота и применения удобрений. Основными показателями плодородия являются органическое вещество (гумус), кислотность почвы, содержание азота, подвижного фосфора и обменного калия. Запасы плодородия почвы изменяются в зависимости от состава, чередования и агротехнологии возделывания культур в севообороте. Содержание гумуса повышается в почве и снижаются его потери в связи с внесением удобрений в севообороте. В результате многолетних наблюдений содержания гумуса в почве за счёт севооборота изменяется на 0,2 % и применения удобрений – на 0,8 % [1]. Воспроизводство и сохранение содержания гумуса в почве возможно при совместном использовании в качестве органических удобрений соломы и пожнивно-корневых остатков с целью оптимизации условий их разложения в севооборотах [2]. Повышение показателей плодородия почвы особенно, на удобренном фоне минерального питания происходит в связи с увеличением доли бобовых культур в структуре севооборотов с 30 до 60 %. Невозможно применение, агротехнических приёмов без соблюдения правильного чередования культур в севообороте, которые направлены на повышение урожайности [3]. В благоприятных метеорологических условиях урожайность мягкой пшеницы получена на удобренных почвах 3,6-4,1 т/га и при недоборе количества выпавших осадков за вегетационный период в отличие от среднемноголетней нормы – снижается выход зерна на 1,8 т/га и более. Внесение минеральных удобрений (NPK) в норме 10-60 кг действующего вещества на 1 га формирует урожайность зерна мягкой пшеницы 2,0-3,0 т/га [4]. Применение минеральных удобрений в севообороте обеспечивает прибавку зерна мягкой пшеницы на 0,5 т/га и урожайность достигает 2,9-3,5 т/га. Без внесения минеральных удобрений в почву снижается урожайность мягкой пшеницы в севообороте [5]. Внесение минеральных удобрений (норма $N_{40}P_{80}K_{40}$ кг д.в./га) повышает урожайность мягкой пшеницы на 0,98 и 1,00 т/га после предшественника проса и гороха в зернопаровых севооборотах. Снижение урожайности мягкой пшеницы отмечено по этим предшественникам на неудобренном фоне питания на 0,90 и 0,93 т/га соответственно. Увеличение биологической активности и содержание макроэлементов питания в почве повышают урожайность мягкой пшеницы на удобренном фоне питания [6]. Применение минеральных удобрений в дозе $N_{24}P_{36}$ кг д.в./га, долю их вклада в повышении урожайности зерна мягкой пшеницы в зернопаровом севообороте увеличивает на 19,0 %, что обеспечивает рост выхода зерна на 1,39-1,90 т/га. Комплексное применение удобрений (норма $N_{60}P_{60}K_{60}$) повышает продуктивность севооборота на 0,35 тыс. т/га зерна [7, 8]. Внесение минеральных удобрений с содержанием калия существенно влияет на прибавку урожайности твёрдой пшеницы в севооборотах на 0,10-0,13 т/га. Урожайность твёрдой пшеницы после предшественника чёрного пара в последствии минеральных удобрений получена 1,27 т в сравнении с неудобренным фоном 1,20 т/га. За годы исследований рекордная урожайность твёрдой пшеницы на фоне с минеральными удобрениями достигает 3,80 т и на неудобренном фоне – 3,50 т/га [9]. Последствие минеральных удобрений повышает целлюлозолитическую активность почвы при выращивании твёрдой пшеницы после черного пара на 0,6 %. Севооборот способен оптимизировать микробиологические процессы в почве и увеличивать устойчивость микробного сообщества [10]. Посевы твёрдой и мягкой пшеницы в последствии чёрного пара в севообороте используют наибольшие запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы 111,0 и 96,3 мм. Агротехнические приёмы в севооборотах позволяют снизить засорённость культур однолетними и многолетними сорняками. Применение средств интенсификации при улучшении условий минерального питания и благоприятных фитосанитарных условиях в агрофитоценозе наблюдается увеличение продуктивности мягкой пшеницы на 2,64 т/га [11, 12]. Урожайность ячменя по-разному зависит от погодных условий. Недостаточное увлажнение в течение вегетационного периода существенно влияет на снижение урожайности зерна. Выпадение наибольшего количества осадков и оптимальная среднесуточная температура воздуха за вегетационный период положительно воздействует на урожайность ячменя. Погодные условия значительно

влияют на образование доступного азота для ячменя. В условиях хорошего увлажнения почвы улучшается обеспеченность посевов ячменя минеральным азотом. В фазах развития ячменя содержание фосфора и калия в почве находится на низком уровне, что недостаточно обеспечивает посевы этими макроэлементами питания [13]. В степной зоне Южного Урала отмечается существенное влияние весенних влагозапасов в слое почвы 0-150 см с колебанием 125-236 мм на формирование урожайности ячменя. Все агротехнические приёмы должны быть направлены на влагосбережение для посева ячменя с осеннего периода до начала полевых работ будущего года, так как урожайность значительно зависит от начальных весенних запасов продуктивной влаги в почве [14]. В засушливых условиях из 10 лет исследований по кукурузе на силос только 4 года наблюдается значительная прибавка зелёной массы от применения минеральных удобрений. Главной причиной снижения урожайности кукурузы и неэффективности удобрений является засуха в вегетационном периоде. Недобор выпавших осадков, низкие запасы влаги весной и резкие перепады температуры воздуха значительно влияют на снижение эффективности минеральных удобрений под посевами кукурузы [15]. В среднем за 29 лет исследований получена наибольшая урожайность зелёной массы кукурузы 15,8 т и достигает в течение длительного опыта 79,8 т/га. Последствие минеральных удобрений способствует устойчивости кукурузы к засушливым условиям, но не всегда. Культура подвержена очень сильной засухе на фоне с минеральными удобрениями 9 лет и на фоне без них – 10 лет [16]. В условиях недостаточного увлажнения наилучшим предшественником проса по урожайности является мягкая пшеница в последствии чёрного пара. Наибольшая урожайность проса на удобренном фоне питания ниже 0,62 т, чем на неудобренном, – 0,71 т/га, так как неэффективно применение минеральных удобрений в связи с засухой, биологическими особенностями культуры и засорённостью посевов [17]. В засушливые годы внесение минеральных удобрений (норма $N_{40}P_{80}K_{40}$) под посевы проса неэффективно, что приводит к снижению урожайности в последствии чёрного пара в севообороте на 0,07 т/га по сравнению с неудобренным фон питания. В засушливом вегетационном периоде формируется урожайность проса в пределах 0,51-0,74 т/га. В незначительно засушливые годы получена прибавка зерна проса от применения удобрений на 0,16-0,29 т/га. Формирование урожайности проса зависит также от предшественника в севообороте, запасов продуктивной влаги и засорённости посевов [18]. Во влажные годы в зернопаровом севообороте получен наибольший сбор урожая зерна гороха на удобренном фоне питания – 2,75 т/га. В среднем за годы наблюдений в зернопаровом севообороте отмечен наибольший выход зерна гороха на минеральном фоне питания 2,37 т/га. В период засухи установлена сильная отрицательная связь между урожайностью гороха и гидротермическим коэффициентом увлажнения. Внесение минеральных удобрений снижает отрицательный эффект от засушливых условий при коэффициенте корреляции – 0,68-0,19 (июнь-август) [19]. В почвенно-климатических условиях длительное применение минеральных удобрений в дозах P_{40} и $N_{30}P_{40}K_{30}$ приводит к максимальной урожайности зерна гороха – 2,18 и 2,17 т/га. Прибавка урожая зерна гороха от фосфорных и комплексных удобрений составляет 0,37 и 0,36 т/га соответственно. Наибольшее количество выпавших осадков в вегетационном периоде с повышенной температурой воздуха способствует образованию большой надземной зелёной массы, почти полному полеганию стеблестоя растений и снижению урожая зерна гороха [20]. Применение биологизированной и интенсивной технологии возделывания способствует получению урожайности гороха почти на одном уровне 2,08-2,17 т/га. Биологизированная технология приводит к более эффективному использованию продуктивной влаги в метровом слое почвы на формирование урожая зерна гороха. К уборке запасы влаги на 3,7 мм больше, чем у интенсивной технологии. Расход влаги за вегетацию гороха составляет по биологизированной технологии 197,0 мм, в том числе из почвенных запасов – 58,0 мм в отличие от интенсивной соответственно 202,7 и 63,3 мм [21]. Прямой посев гороха без механической обработки почвы с внесением минеральных удобрений способствует формированию максимальных значений урожайности зерна и общего количества сорняков. Вспашка с применением минеральных удобрений приводит к снижению урожая гороха и сорной растительности [22].

Исследования по решению проблемы повышения урожайности полевых культур и плодородия почвы не в полной мере проводили в засушливой степи Южного Урала. В связи с этим вели исследования для достижения цели и задачи решения проблемы в условиях Оренбургского Приуралья.

Цель научно-исследовательской работы заключается в выявлении влияния почвенно-климатических условий на возрастание урожайности полевых культур в зернопаровых севооборотах и плодородия степных чернозёмов Оренбургской области. Для выполнения цели исследования поставлены следующие задачи: 1) определить показания метеоусловий, температуры, доступной влаги, питательных макроэлементов, целлюлозолитической активности почвы и установить их связь с урожайностью культурных растений и плодородием; 2) проанализировать влияние агрофонов питания и предшественников севооборотов на урожайность и плодородие почвы, тем самым получить прибавку кормовой и зерновой продукции от внесения нитроаммофоски под основную обработку почвы; 3) оценить влияние почвенно-климатических условий, минеральных удобрений и предшественников на повышение урожайности полевых культур и плодородие почвы, также выявить факторы их ограничивающие к воздействию.

Материалы и методы. На чернозёмах южных Оренбургского Приуралья проведены исследования по изучению влияния почвенно-климатических условий, минеральных удобрений (нитроаммофоска) и предшественников на урожайность полевых культур в зернопаровых севооборотах и на почвенное плодородие. Опытный участок расположен вблизи с. Нежинка Оренбургского района по координатам территории 51°46'30.45"N и 55°18'23.57"E. Климат степной зоны континентальный. По сведениям Оренбургского центра гидрометеорологии, мониторингу окружающей среды и расчётов гидротермического коэффициента увлажнения Г. Т. Селянинова характеризуется вегетационный период полевых культур (май...август) по годам исследований: 2022 г. – незначительно засушливый (ГТК = 0,8), 2023 г. – очень засушливый (ГТК = 0,6), 2024 г. – влажный (ГТК = 1,0).

Объект исследования. Объектом научного исследования являются степная чернозёмная почва и полевые культурные растения в зернопаровых севооборотах. Содержание гумуса чернозёма южного малогумусного карбонатного тяжелосуглинистого опытного участка находится на среднем уровне 3,2-4,0 % и в чёрном пару – 3,3-3,9 %. Реакция почвенной среды опытного поля в слое 0-30 см нейтральная и слабощелочная: pH водной вытяжки – 7,0-8,1, в чёрном пару – 7,4-7,6; содержание N-NO₃ – среднее 19,7-40,9 мг, P₂O₅ – низкое 5-25 мг и K₂O – высокое 300-380 мг/кг почвы.

Исследования (2022-2024 гг.) выполнены в сложившихся почвенно-климатических условиях Оренбургской области. На стационарном экспериментальном полевом опыте (заложенном 35 лет назад) изучали полевые культуры в зернопаровых (шестипольных) севооборотах: пар чёрный...яровая твёрдая пшеница (Оренбургская 10, 21, Целинная)...яровая мягкая пшеница (Оренбургская 13, Саратовская 42, Учитель)...сборное поле «кукуруза на силос – РОСС-144 МВ, РОСС-199 МВ, РОСС-197 АМВ...просо – Оренбургское 9, 20; 24...горох – Усач неосыпающийся, Чишминский 95, 229»...яровая мягкая пшеница...яровой ячмень (Анна, Натали, Миар).

В поле закладывали двухфакторный опыт по схеме: 2A₁×12B₁, где A₁ – агрофон питания с нитроаммофоской и без удобрения (контроль), B₁ – предшественники полевых севооборотов. Делянки полевого опыта расположены в четырёхкратном повторении в пространстве и в трёхкратном - во времени.

Варианты опыта (пары и культуры по предшественникам) размещали в систематической последовательности в шахматном порядке: № 1. Пар чёрный...ячмень; № 2. Твёрдая пшеница...пар чёрный; № 3. Мягкая пшеница...твёрдая пшеница; № 4. Кукуруза на силос...мягкая пшеница; № 5. Просо...мягкая пшеница; № 6. Горох...мягкая пшеница; № 7. Мягкая пшеница...кукуруза на силос; № 8. Мягкая пшеница...просо; № 9. Мягкая пшеница...горох; № 10. Ячмень...мягкая пшеница в последствии кукурузы; № 11. Ячмень...мягкая пшеница в последствии проса; № 12. Ячмень...мягкая пшеница в последствии гороха.

Пары и культуры расположены на 48 делянках прямоугольной формы с размером первого порядка (14,4×90 м) S² = 1296 м² и второго – (3,6×90 м) S² = 324 м². Паровые поля (пар чёрный), твёрдая пшеница, мягкая пшеница, ячмень имеют размер делянок первого и кукуруза, просо, горох – второго порядка. Удобрённый питательный агрофон имеет длину 30 м и контрольный – 60 м. Зернопаровые севообороты на стационарном опытном участке занимают площадь 5,05 га. На основании рекомендаций агрохимиков под вспашку после уборки на делянках длиной тридцать метров вносили зерновой сеялкой комплексные минеральные удобрения (нитроаммофоска NPK доза по 16 % действующего вещества) в норме N₄₀P₄₀K₄₀ кг д.в./га.

В полевых опытах применяли традиционную (отвальную) технологию возделывания полевых культур в зернопаровых севооборотах. Высевали сеялками (VITA СЗП-3,6А, Веста-8, УПС-8) районированные сорта и гибриды с рекомендуемой нормой в данной зоне. В посевах не применяли инсектициды и фунгициды против вредителей и болезней. В фазе кущения зерновых культур и фазе 3-5 листьев гороха обрабатывали посевы гербицидом (Аметил с нормой 0,7-1,5 и 0,5-0,8 л/га) против сорной растительности, кроме 2024 года. На делянках кукурузы на силос в течение вегетации проводили междурядную обработку почвы (КРН-4,2) против засорённости посевов. Для определения в физическом весе урожайности зерновых культур в конце вегетации (август...сентябрь) убирали селекционным комбайном (TERRION-SAMPO SR2010) с измельчителем. В опытах применяли агротехнику и агротехнологию возделывания полевых культур в зернопаровых севооборотах, рекомендуемые для степных чернозёмов Оренбуржья.

В исследованиях применены: метод метеонаблюдений (по данным Оренбургского ЦГМС, полевого осадкомера и термометра), метод полевого опыта (размещение делянок поля по Б. А. Доспехову), метод И. В. Тюрина (гумус почвы по ГОСТу 26213-91), метод приготовления солевой вытяжки из почв (рН почвы по ГОСТу 26483-85), термостатно-весовой метод (содержание продуктивной влаги по С. А. Воробьеву), ионометрический метод (содержание нитратного азота по ГОСТу 26951-86), метод Б. П. Мачигина (содержание подкисляющего фосфора и обменного калия по ГОСТу 26205-91), аппликационно-весовой метод (целлюлозолитическая активность почвы по Е. Н. Мишустину и др.), метод расчётов урожайности, метод дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (программа А. В. Самойлова, Россия, 2004) и множественной регрессии (программа Statistica 12.0, США, 2013).

В исследовании проводили анализ данных метеонаблюдений за осадками в виде дождя, среднесуточной температурой воздуха и количеством дней с влажностью воздуха не более 30,0 % (<https://www.meteorf.gov.ru>). Наблюдения за осадками и температурой почвы вегетационного периода полевых культур (май...август) на опытном поле вели с помощью пластмассового дождемера (Польша) и термометра Checktemp 1 (Германия). Дождемер устанавливали в чёрном пару и измеряли термометром с подкопом температуру на делянках (второго повторения) под стеклами с льняной тканью в горизонте почвы 0-30 см (разложения целлюлозы почвенными микроорганизмами) в течение вегетационного периода. Отобранные почвенные образцы из слоя 0-100 см в мае и августе направляли в лабораторию для определения влажности. С помощью термостатно-весового метода находили содержание доступной (продуктивной) влаги в метровом горизонте почвы. В полевых и лабораторных условиях микробную (целлюлозолитическую) активность почвы устанавливали аппликационно-весовым методом (<https://www.chem21.info/info/1563168/>). Содержание гумуса, рН, питательных макроэлементов ($N-NO_3$, P_2O_5 , K_2O) в горизонте почвы 0-30 см определяли методами в центре коллективного пользования (<http://цкп-бст.рф>). Учёт урожая зерна полевых культур проводили методом расчётов на агрофоне с нитроаммофоской и без удобрения с площади 60 и 120 м². Учёт урожайности кукурузы на силос проводили вручную методом пробных площадок на агрофонах питания с площади 42 и 84 м². Экспериментальные результаты анализировали дисперсионным и статистическим методом исследования. Материалы и методы исследования применены в научно-исследовательской работе по общему принятым методикам и рекомендациям.

Результаты и обсуждение. Метеонаблюдения на экспериментальном опытном участке показывали изменения климатических условий за время парования и вегетационного периода полевых культур зернопаровых севооборотов. Максимальная среднесуточная температура воздуха наблюдалась в засушливом 2023 году и составила 20,8 °С или больше среднегодовой нормы (19,1 °С) на 1,7 °С (таблица 1). Минимальная среднесуточная температура воздуха отмечалась во влажном 2024 году и составила 18,9 °С или меньше среднегодовой нормы на 0,2 °С (1,0 %).

Во влажном 2024 году выпавших осадков в виде дождя составило на районе 212,0 мм и на полевом стационаре 224,0 мм, что на 57,0 мм (36,8 %) и 69,0 мм (44,5 %) больше среднегодовой нормы 155,0 мм. Минимальное количество дней с влажностью воздуха ≤ 30,0 % (число суховейных дней) составило 26,0 или на 30,0 (53,6 %) ниже среднегодового значения (56,0 дней). В засушливом 2023 году осадков в виде дождя выпало на районе 153,0 мм и на полевом стационаре 135,0 мм, что на 2,0 мм (1,3 %) и 20,0 мм (12,9 %) ниже среднегодового показателя. Самое максимальное число суховейных дней с влажностью воздуха не более 30,0 % составило 64,0 или на 8,0 (14,3 %) выше среднегодовой нормы.

Таблица 1 – Метеоусловия вегетационного периода (май...август) полевых культур зернопаровых севооборотов (2022-2024 гг.)

Table 1 – Meteorological conditions of the growing season (may...august) of field crops of grain-fallow crop rotations (2022-2024)

Период времени / Period of time	Показатели метеонаблюдений / Meteorological observation indicators				
	среднесуточная температура воздуха, °C / air temperature, °C	осадки в виде дождя, мм / precipitation in the form of rain, mm	дни с влажностью воздуха ≤ 30,0 % / days with air humidity ≤ 30,0 %	гидротермический коэффициент / hydrothermal coefficient	полевой дождемер, мм / field rain gauge, mm
2022	19,7	182,0	46,0	0,8	183,0
2023	20,8	153,0	64,0	0,6	135,0
2024	18,9	212,0	26,0	1,0	224,0
2022-2024	19,8/19,1**	182,3/155,0	45,3/56,0	0,8/0,7	180,7
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	4,4	55,9	15,6	0,5	66,8

Примечание: * данные метеостанции (ЦГМС) по Оренбургскому району, ** перед чертой – средние данные, после черты – среднемноголетние / data from the weather station (CGMS) for the Orenburg region, before the line – the average data, after the line – the average annual data.

За годы полевых опытов среднесуточная температура воздуха превышала среднемноголетний показатель на 0,7 °C (3,7 %), выпавшие осадки в виде дождя – на 27,3 мм (17,6 %), кроме числа суховейных дней (влажность воздуха не более 30,0 %). Гидротермический коэффициент за период времени исследований вегетационного периода составил 0,8, что на 0,1 (14,3 %) больше среднемноголетней нормы.

В вариантах опытного поля наблюдались различные показания температуры, доступной (продуктивной) влаги и микробной (целлюлозолитической) активности почвы. Наибольшая температура почвы (горизонт 0-30 см) вегетационного периода отмечалась под чёрным паром и посевом кукурузы на силос (вариант № 1 и 4) на питательном агрофоне с нитроаммофоской 22,8; 22,7 °C и без удобрения (контроль) 22,7; 22,9 °C. В других изучаемых вариантах опытного поля температура почвы вегетационного периода полевых культур в зернопаровых севооборотах составила в пределах 21,6-22,6 °C (таблица 2).

Таблица 2 – Почвенные условия за вегетационный период полевых культур зернопаровых севооборотов в зависимости от изучаемого варианта опыта и питательного агрофона чернозёма (2022-2024 гг.)

Table 2 – Soil conditions during the growing season of field crops of grain-fallow crop rotations, depending on the studied experience option and the nutrient agro-background of chernozem (2022-2024)

Изучаемый вариант / The studied option	Температура почвы «0-30 см», °C / Soil temperature "0-30 cm", °C	Доступная влага почвы «0-100 см», мм / Available soil moisture "0-100 cm", mm			Микробная активность почвы «0-30 см», % / Microbial activity of the soil "0-30 cm", %
		в мае / in may	в августе / in august	потери влаги / moisture loss	
№ 1	22,8/22,7	117,4/110,9	87,1/82,2	30,3/28,7	20,6/19,4
№ 2	21,9/21,9	124,0/120,3	12,0/9,9	112,0/110,4	9,2/11,5
№ 3	21,7/22,5	102,8/98,5	14,8/12,6	88,0/85,9	10,2/6,6
№ 4	22,7/22,9	111,1/105,6	33,3/31,8	77,8/73,8	17,1/17,9
№ 5	22,1/22,2	108,7/106,4	24,8/22,5	83,9/83,9	12,4/9,7
№ 6	21,6/21,9	110,7/106,1	27,9/25,2	82,8/80,9	11,7/16,6
№ 7	22,0/22,1	88,1/83,7	7,9/6,8	80,2/76,9	11,5/11,0
№ 8	22,3/22,2	107,7/104,6	16,2/14,6	91,5/90,0	12,0/10,3
№ 9	21,8/22,0	120,6/118,4	22,7/20,8	97,9/97,6	13,7/13,0
№ 10	22,6/22,4	86,1/82,6	13,6/11,8	72,5/70,8	19,9/16,8
№ 11	22,5/22,4	99,6/94,9	10,4/9,0	89,2/85,9	14,0/12,4
№ 12	22,3/22,2	100,6/98,3	6,8/5,9	93,8/92,4	13,8/13,9
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	I	0,46	20,63	11,26	22,22
	II	0,19	8,42	4,60	9,07

Примечание. Здесь и далее: перед чертой – агрофон питания с нитроаммофоской, после черты – агрофон питания без удобрения (контроль); HCP₀₅ фактор I – предшественник зернопаровых севооборотов, HCP₀₅ фактор II – комплексные минеральные удобрения / Here and further: before the line – nutrition agro-background with nitroammophoska, after the line – nutrition agro-background without fertilizers (control); LSD₀₅ factor I – predecessor of grain-fallow crop rotations, LSD₀₅ factor II – complex mineral fertilizers.

Наибольшие запасы доступной влаги в метровом слое почвы по вариантам опытного поля наблюдались в мае под посевом твёрдой пшеницы (вариант № 2) на удобренном агрофоне питания 124,0 мм и на контроле – 120,3 мм. В августе под посевом твёрдой пшеницы по мягкой в последствии чёрного пара снижались запасы почвенной продуктивной влаги на обоих питательных агрофонах чернозёма 12,0 и 9,9 мм, в связи с этим повышались её потери до 112,0 и 110,4 мм. Уменьшение содержания доступной влаги отмечалось в мае под посевом ячменя по кукурузе в последствии чёрного пара (вариант № 10) на агрофоне с удобрением 86,1 мм и на контроле – 82,6 мм, что существенно не воздействовало на снижение урожайности. Увеличение запасов почвенной продуктивной влаги наблюдалось в августе под чёрным паром (вариант № 1) на обоих питательных агрофонах почвы 87,1 и 82,2 мм, что приводило к минимальным её потерям 30,3 и 28,7 мм. Сохранение почвенной продуктивной влаги в чёрном пару являлось основным компонентом накопления весенних запасов под будущий посев твёрдой пшеницы. В остальных вариантах опытного эксперимента отмечались запасы доступной влаги в мае на питательном агрофоне с нитроаммофоской на уровне 88,1-120,6 мм и без удобрения – 83,7-118,4 мм. В августе уровень содержания почвенной продуктивной влаги на питательных агрофонах чернозёма составил 6,8-33,3 и 5,9-31,8 мм соответственно. Потери доступной влаги на питательном агрофоне с удобрением составили на уровне 72,5-97,9 мм и на контроле – 70,8-97,6 мм.

Повышение микробной (целлюлозолитической) активности пахотного горизонта чернозёма (0-30 см) наблюдалось в чёрном пару (вариант № 1), под посевом ячменя (вариант № 10) на питательном агрофоне с нитроаммофоской 20,6; 19,9 % при наибольшей температуре почвы 22,8; 22,6 °С и определённой доступной влаги в мае и августе. В чёрном пару просматривались наибольшие запасы влаги, под посевом ячменя наоборот – наименьшие. Снижение целлюлозолитической активности почвы происходило под посевом твёрдой пшеницы (вариант № 2) на питательном агрофоне с удобрением 9,2 % и мягкой пшеницы (вариант № 3) на контроле 6,6 %. Слабая целлюлозолитическая активность почвы прослеживалась также в других вариантах опытного поля на удобренном агрофоне питания на уровне 10,2-17,1 % и на неудобренном – 9,7-19,4 %.

Повышение запасов нитратного азота в пахотном горизонте (0-30 см) почвы по вариантам опытного поля наблюдалось в мае под посевом мягкой пшеницы по кукурузе (вариант № 7) на агрофоне с нитроаммофоской 47,6 мг и без удобрения 42,0 мг/кг (таблица 3).

Таблица 3 – Почвенное плодородие пахотного горизонта (0-30 см) и урожайность полевых культур в зернопаровых севооборотах в зависимости от изучаемого варианта опыта и питательного агрофона чернозёма (2022-2024 гг.)

Table 3 – Soil fertility of the arable horizon (0-30 cm) and the yield of field crops in grain-fallow crop rotations, depending on the studied experience option and the nutrient agro-background of chernozem (2022-2024)

Изучаемый вариант / The studied option	Питательные макроэлементы в мае, мг/кг / Nutrient macroelements in May, mg/kg			Органическое вещество (гумус), % / Organic matter (humus), %	pH соляной вытяжки / pH of the salt extract	Урожай, т/га / Yield, t/ha
	нитратный азот / nitrate nitrogen	подвижный фосфор / mobile phosphorus	обменный калий / exchangeable potassium			
№ 1	37,9/29,7	86,5/44,0	546,4/439,9	4,2/4,3	7,4/7,4	-
№ 2	34,4/32,1	79,0/54,9	617,9/522,4	4,4/4,1	7,5/7,3	0,7/0,9
№ 3	40,6/35,3	84,2/51,8	316,4/325,5	4,3/3,5	7,3/7,4	1,4/1,3
№ 4	40,9/37,9	72,9/49,8	560,5/477,1	4,1/4,1	7,6/7,5	14,5/13,8
№ 5	39,1/21,4	84,7/54,6	568,8/486,9	4,4/4,3	7,7/7,6	1,3/1,4
№ 6	40,7/35,9	83,3/47,8	614,1/498,2	4,5/4,4	7,7/7,6	0,6/0,6
№ 7	47,6/42,0	78,5/44,1	585,8/441,6	4,4/3,5	6,8/6,7	1,1/0,9
№ 8	43,6/34,1	80,4/40,2	597,5/429,1	4,5/3,5	6,6/6,6	1,1/1,0
№ 9	46,0/35,5	89,1/42,0	622,7/481,4	4,5/3,8	6,5/6,4	1,2/1,1
№ 10	47,3/34,9	90,7/46,8	628,3/585,7	5,0/4,8	7,4/7,3	1,5/1,4
№ 11	38,6/30,4	90,3/46,6	645,8/557,7	5,3/4,7	7,5/7,4	1,8/1,4
№ 12	43,8/41,4	95,3/50,7	681,2/574,6	5,5/4,9	7,6/7,5	1,6/1,6
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	I	0,76	0,88	13,21	0,33	0,09
	II	0,31	0,36	5,39	0,14	0,04

Примечание. HCP₀₅ питательных макроэлементов почвы рассчитан в мг на 100 г / HCP₀₅ of the nutrient macronutrients of the soil is calculated in mg per 100 g.

Снижение запасов нитратного азота в пахотном горизонте почвы отмечалось под посевом твёрдой пшеницы по чёрному пару (вариант № 2) на агрофоне с удобрением 34,4 мг и проса (вариант № 5) на контроле 21,4 мг/кг. Уровень содержания нитратного азота в почве по другим изучаемым вариантам опытного поля составил 29,7-47,3 мг/кг. Максимальное количество подвижного фосфора в почве прослеживалось в вариантах посева ячменя (№ 10, 11, 12) на питательном агрофоне с нитроаммофоской 90,3-95,3 мг и твёрдой пшеницы по чёрному пару (№ 2) на контроле 54,9 мг/кг. Минимальное количество подвижного фосфора в почве просматривалось в вариантах посева кукурузы на силос (№ 4) на удобренном агрофоне 72,9 мг и мягкой пшеницы по просу (№ 8) на контроле 40,2 мг/кг. Уровень содержания подвижного фосфора в почве по остальным вариантам эксперимента составил 42,0-89,1 мг/кг. Наибольшее содержание обменного калия в пахотном горизонте почвы наблюдалось под посевом ячменя (вариант № 10, 11, 12) на питательных агрофонах чернозёма 557,7-681,2 мг/кг. Наименьшее содержание обменного калия в почве фиксировалось в варианте посева мягкой пшеницы по твёрдой (№ 3) на агрофоне с нитроаммофоской 316,4 мг и без удобрения 325,5 мг/кг. Уровень высоких почвенных запасов обменного калия в других изучаемых вариантах опыта составил 429,1-622,7 мг/кг.

Максимальные запасы органического вещества (гумус) в пахотном горизонте чернозёма отмечались под посевом ячменя (вариант № 10, 11, 12) на агрофоне с удобрением 5,0-5,5 % и на контроле 4,7-4,9 %. Минимальные запасы гумуса в почве наблюдались под посевом кукурузы на силос (вариант № 4) на удобренном агрофоне 4,1 % и мягкой пшеницы (вариант № 3, 7, 8, 9) на неудобренном – 3,5-3,8 %. Уровень почвенных запасов гумуса в остальных изучаемых вариантах опыта составил 4,1-4,5 %.

Реакция раствора (почвенный pH солевой вытяжки) в вариантах опытного поля имела как слабокислую, так и слабощелочную среду в основном возле нейтральной. Повышение слабощелочной среды чернозёма отмечалось под посевом проса и гороха (вариант № 5, 6) на агрофоне с нитроаммофоской 7,7 и без удобрения 7,6. Слабокислая среда почвы наблюдалась под посевом мягкой пшеницы (вариант № 7, 8, 9) на агрофоне с удобрением 6,5-6,8 и на контроле 6,4-6,7. Уровень почвенного раствора (pH) в других изучаемых вариантах эксперимента составил 7,3-7,6, что определяло слабощелочную среду чернозёма.

В варианте посева кукурузы на силос (вариант № 4) на агрофоне с нитроаммофоской урожайность зелёной массы составила 14,5 т и без удобрения – 13,8 т/га. Урожайную культуру среди полевых (зерновых) культур представляли собой посевы ячменя по мягкой пшенице (вариант № 10, 11, 12) на удобренном питательном агрофоне 1,5-1,8 т и на контроле – 1,4-1,6 т/га. Урожайность мягкой пшеницы после сборного поля отмечалась почти на одном уровне во всех вариантах посева (№ 7, 8, 9) на агрофоне с удобрением 1,1-1,2 т и без него – 0,9-1,1 т/га. Повышение урожайности мягкой пшеницы наблюдалось в варианте посева по твёрдой (№ 3) на агрофоне с минеральным удобрением 1,4 т и на контроле – 1,3 т/га. Урожайность проса (вариант № 5) составила на удобренном агрофоне 1,3 т и на неудобренном – 1,4 т/га. Снижение урожайности зерна на питательных агрофонах питания отмечалось в вариантах посева гороха (№ 6) 0,6-0,6 т и твёрдой пшеницы (№ 2) – 0,7-0,9 т/га.

Статистический анализ (обработка данных методом множественной регрессии) показал среднюю связь почвенной продуктивной влаги в августе с урожайностью полевых культур в зернопаровом севообороте на питательном агрофоне с нитроаммофоской. Процент положительного влияния доступной влаги на урожайность полевых культур составил 33,58 с коэффициентами статистики: $b=0,23$, $r=0,58$, $r^2=0,33$ при оптимальном уровне значимости $p=0,04$.

Температура почвы вегетационного периода показала среднюю связь с урожайностью полевых культур на контрольном фоне питания (без удобрения). Доля воздействия на урожайность полевых культур составила 37,48 % при коэффициенте корреляции $r=0,61$ и критерием значимости регрессии $p=0,03$.

Запасы доступной (продуктивной) влаги и питательных макроэлементов почвы в мае оказывали как положительное, так и отрицательное влияние на почвенное плодородие. Содержание почвенной продуктивной влаги показало среднюю связь с запасами нитратного азота на агрофоне с удобрением. Процентная отрицательная доля влияния на запасы нитратного азота в почве составила 39,79 при $r=0,63$ и $p=0,03$.

В анализе между почвенными запасами подвижного фосфора и гумуса на удобренном агрофоне выявлена сильная взаимосвязь при коэффициенте корреляции $r=0,78$ с долей влияния (положительная) 61,44 % и уровнем значимости регрессии $p=0,002$. В статистической обработке между показателями содержания подвижного фосфора и почвенного раствора (рН) на удобренном агрофоне установлена сильная взаимосвязь при коэффициенте корреляции $r=0,73$ с долей воздействия (положительная) 52,72 % и критерием значимости регрессии $p=0,007$. В оценке между почвенными запасами обменного калия и гумуса на агрофоне без удобрения (контроль) определена сильная взаимосвязь при коэффициенте корреляции $r=0,84$ с долей влияния (положительная) 70,90 % и уровнем значимости регрессии $p=0,0006$.

Почвенные запасы нитратного азота показывали среднюю связь с реакцией почвенного раствора (рН) на агрофоне с нитроаммофоской. В результате коэффициент корреляции составил 0,57, доля воздействия (отрицательная) – 32,01 % и критерий значимости регрессии – 0,05. Запасы гумуса показывали среднюю связь с кислотностью почвы (рН) на контрольном (без удобрения) агрофоне питания при $r=0,62$ с долей влияния (положительная) 39,08 % и $p=0,03$.

В засушливой центральной зоне выявлена наибольшая урожайность кукурузы на силос – 14,5 т, ячменя – 1,8 т и проса – 1,3 т на удобренной агрофоне (нитроаммофоска) питания в сравнении с другими районами Оренбургской области – 8,0-12,5, 1,0-1,5, 0,5-1,0 т/га, соответственно. В результате исследования происходило снижение урожайности полевых культур в других зернопаровых севооборотах. Создавались плохие метеорологические условия в вегетационном периоде, которые снижали рост и развитие культурных растений. В недостаточном засушливом 2022 году дождевые осадки, превышающие среднесуточную норму, положительно влияли на повышение урожайности и плодородия почвы. В засушливом 2023 году отрицательно влияли недобор осадков в виде дождя, среднесуточная температура воздуха и число суховейных дней на формирование урожайности полевых культур. В засушливых (2022-2023 гг.) вегетационных периодах применение гербицида (Аметил с нормой расхода 0,5-1,5 л/га) понижало количество сорных растений в посевах и урожайность на 0,2-0,3 т/га. Во влажном (2024 г.) вегетационном периоде не обрабатывали посевы зернопаровых севооборотов пестицидами, что усугубило фитосанитарную обстановку опытного поля. Развитие болезней и засорённости посевов сорняками негативно сказалось на росте и развитии полевых культур, и урожайность снижалась на 0,2-1,2 т/га.

Повышенная температура почвы существенно влияла на снижение урожайности кукурузы на силос. Дождевые осадки положительно воздействовали на урожайность кукурузы. Таким образом, выявили зависимость урожайности кукурузы от погодных факторов и температуры почвы.

Несмотря на низкие запасы продуктивной влаги, в мае и августе сформировалась наибольшая урожайность засухоустойчивых сортов ячменя по всем вариантам полевого опыта в связи с наилучшей целлюлозолитической активностью почвы, температурой почвы, содержанием питательных макроэлементов, гумуса и слабощелочной средой. Практически одинаковая урожайность мягкой пшеницы формировалась в связи с весенними запасами доступной влаги и питательных макроэлементов в слабокислой среде почвы. Низкий уровень урожайности гороха и твёрдой пшеницы отмечался в результате проявления неблагоприятных агрометеорологических условий, пониженной температуры почвы при низких запасах доступной влаги в августе, слабой микробной активности почвы, наименьшего количества нитратного азота, среднего содержания гумуса и слабощелочной среды. В сложившихся агрометеорологических и почвенных условиях при низких запасах нитратного азота в почве формировалась средняя урожайность проса. В результате ухудшения водной, питательной, плодородной среды почвы снижалась урожайность полевых культур в зернопаровых севооборотах. Однако осеннее внесение нитроаммофоски в почву под вспашку повышало урожайность во всех опытных вариантах, кроме посева твёрдой пшеницы, проса, гороха и ячменя по гороху в последствии чёрного пара. Применение минерального удобрения под эти посевы на агрофоне питания было неэффективным в связи с биологическими особенностями культур, которые приводили к дисбалансу между минеральными питательными веществами в почве в засушливых условиях вегетационного периода, что снижало урожайность на 0,2 т/га. Наилучшая прибавка зелёной массы и зерна от нитроаммофоски отмечена в посевах кукурузы по твёрдой пшенице на 0,7 т и ячменя по просу на 0,4 т/га.

По итогам двухфакторного дисперсионного анализа по всем изучаемым факторам выявлена наименьшая существенная разность между вариантами опыта и контролем. Применение минерального удобрения значительно влияло на повышение показателей вариантов опытного поля в сравнении с контрольным фоном. Последствие предшественником зернопаровых севооборотов несущественно воздействовали на варианты посевов полевых культур в отличие от применения удобрения.

Таким образом, впервые установлен путь для решения проблемы повышения урожайности и почвенного плодородия в сравнении с другими исследованиями. Применение агротехнологии возделывания полевых культур в зернопаровых (шестипольных) севооборотах (пар чёрный...яровой ячмень) с посевами кукурузы на силос и ячменя на удобренном агрофоне (нитроаммофоска) питания повышало урожайность и плодородия почвы в неблагоприятных почвенно-климатических условиях Оренбургского Приуралья. Будущее изучение урожайности полевых культур в севооборотах и плодородия почвы в засушливых условиях необходимо для развития сельскохозяйственного производства.

Закключение. Метеонаблюдения за периодом времени исследований показали превышение среднесуточной температуры воздуха среднесезонную норму на 3,7 %, осадков в виде дождя – на 17,6 %, кроме дней с влажностью воздуха не более 30,0 %. В связи с этими условиями рассчитывался гидротермический коэффициент увлажнения, который определял вегетационный период как незначительно засушливый. Такие неблагоприятные условия вегетационного периода понижали урожайность полевых культур в зернопаровых севооборотах и почвенное плодородие чернозёма.

В эксперименте определена зависимость урожайности кукурузы на силос на агрофонах питания от воздействия незначительно засушливых агрометеорологических условий и повышенной температуры почвы. Среднесуточная температура воздуха и почвы значительно воздействовали на понижение урожайности кукурузы на силос. Выпавшие осадки в виде дождя благоприятно влияли на урожайность кукурузы на агрофоне с примененным удобрением. В связи с этими условиями кукуруза на силос сформировала наибольшую урожайность на удобренном агрофоне питания.

В полевых опытах независимо от низких почвенных запасов доступной влаги в метровом горизонте была получена наибольшая урожайность ячменя по всем вариантам посева. Благоприятным предшественником ячменя является посев мягкой пшеницы по просу в последствии чёрного пара. Урожайность ячменя была сформирована в зависимости от влияния засухоустойчивости сортов, доступной влаги, целлюлолитической активности, температуры, питательных макроэлементов, гумуса и слабощелочной среды почвы.

Снижение урожайности гороха и твёрдой пшеницы на удобренном и неудобренном агрофонах питания происходило в связи с незасухоустойчивыми сортами и с влиянием сниженной температуры почвы, наименьшего количества доступной влаги в августе, слабой микробной активности почвы, низких запасов нитратного азота, среднего содержания гумуса и слабощелочной среды чернозёма.

В работе установлено возрастание урожайности полевых культур в зернопаровых севооборотах от средней связи доступной влаги в августе на агрофоне с удобрением и температуры почвы на контроле. Выявлено увеличение плодородия степных чернозёмов от сильной взаимосвязи гумуса и подвижного фосфора на удобренном агрофоне питания. Определено улучшение почвенного плодородия от сильной взаимосвязи рН солевой вытяжки и фосфора (P_2O_5), гумуса и калия (K_2O) на неудобренном агрофоне питания. Совместное влияние других изучаемых факторов значительно не повлияло на повышение урожайности и плодородия почвы.

Таким образом, в условиях проявления засухи в Оренбургском Приуралье для совершенствования кормовой, зерновой продукции и почвенного плодородия в сельскохозяйственном производстве рекомендуется выращивать кукурузу на силос и ячмень в зернопаровых севооборотах с применением нитроаммофоски (норма $N_{40}P_{40}K_{40}$ кг д.в. на 1 га) под вспашку после уборки полевых культур.

Conclusions. Meteorological observations for the period of study showed that the average daily air temperature exceeded the average long-term norm by 3.7 %, precipitation in the form of rain - by 17.6 %, except for days with air humidity of no more than 30.0 %. In connection with these conditions, the hydrothermal coefficient of humidification was calculated, which determined the vegetation period as slightly dry. Such unfavorable conditions of the vegetation period reduced the yield of field crops in grain-fallow crop rotations and the soil fertility of chernozem.

In the experiment, the dependence of the yield of corn for silage on agro-backgrounds nutrition on the impact of slightly dry agrometeorological conditions and elevated soil temperature was determined. The average daily air and soil temperature significantly affected the decrease in the yield of

corn for silage. Precipitation in the form of rain favorably affected the yield of corn on the agro-background nutrition with the applied fertilizer. In connection with these conditions, silage corn formed the highest yield on a fertilized agro-background nutrition.

In field experiments, regardless of low soil reserves of available moisture in the meter horizon, the highest yield of barley was obtained for all sowing options. A favorable predecessor of barley is sowing soft wheat after millet in the aftereffect of black fallow. The yield of barley was formed depending on the influence of drought resistance of varieties, available moisture, cellulolytic activity, temperature, nutrient macroelements, humus and slightly alkaline soil environment.

A decrease in the yield of peas and durum wheat on fertilized and unfertilized agro-backgrounds nutrition occurred due to non-drought-resistant varieties and the influence of reduced soil temperature, the least amount of available moisture in August, weak microbial activity of the soil, low reserves of nitrate nitrogen, average humus content and slightly alkaline environment of chernozem.

The work established an increase in the yield of field crops in grain-fallow crop rotations from the average relationship of available moisture in August on the agro-background with fertilizer and soil temperature on the control. An increase in the fertility of steppe chernozems from a strong relationship between humus and mobile phosphorus on a fertilized agro-background of nutrition was revealed. Improvement of soil fertility from a strong relationship between the pH of the salt extract and phosphorus (P_2O_5), humus and potassium (K_2O) on an unfertilized agro-background nutrition was determined. The combined effect of other studied factors did not significantly affect the increase in yield and soil fertility.

Thus, in the conditions of drought in the Orenburg Urals, in order to improve fodder, grain products and soil fertility in agricultural production, it is recommended to grow corn for silage and barley in grain-fallow crop rotations using nitroammophoska (the rate of $N_{40}P_{40}K_{40}$ kg of active substance per 1 ha) under plowing after harvesting field crops.

Библиографический список

1. Шаталина Л. П., Анисимов Ю. Б., Мошкина Ю. С. Влияние севооборотов на плодородие выщелоченных черноземов Южного Урала. Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24. № 1. С. 32-45.
2. Куликова А. Х., Яшин Е. А., Черкасов Е. А., Волкова Е. С. Роль органических удобрений (соломы, сидератов, пожнивно-корневых остатков) в воспроизводстве и сохранении гумуса в почве. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4 (60). С. 53-58.
3. Семешкина П. С., Бородин Е. С. Влияние бобовых культур и удобрений на продуктивность севооборотов и плодородие почвы. Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23. № 12. С. 12-21.
4. Дзюин А. Г. Влияние минеральных удобрений и погодных условий на урожайность яровой пшеницы и окупаемость удобрений в длительном стационарном опыте. Агрохимия. 2021. № 7. С. 36-46.
5. Дьяченко Е. Н., Шевелев А. Т. Влияние последствий минеральных и известковых удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Прибайкалья. Агрохимический вестник. 2020. № 3. С. 45-48.
6. Скороходов В. Ю. Продуктивность яровой мягкой пшеницы в сопряжении с содержанием макроэлементов и биоактивностью почвы на чернозёмах южных степной зоны Южного Урала. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2 (54). С. 46-53.
7. Юшкевич Л. В., Ющенко Д. Н., Щитов А. Г., Кашинская С. П. Повышение продуктивности и качества зерна яровой пшеницы в Южной лесостепи Западной Сибири. Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2023. № 11 (200). С. 73-79.
8. Воронцов В. А., Скорочкин Ю. П. Продуктивность и экономическая эффективность зернопарового севооборота в зависимости от агротехнологий. Зернобобовые и крупяные культуры. 2024. № 1 (49). С. 97-104.
9. Скороходов В. Ю. Последствие предшественников яровой твердой пшеницы на урожайность и содержание калия в почве при долготлетних исследованиях на черноземе южном степной зоны Южного Урала. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2021. Т. 16, № 4. С. 313-325.
10. Альсаед Н., Селицкая О. В., Поздняков Л. А., Заверткин И. А., Шубина Е. А. Оценка длительного воздействия бессменного выращивания различных сельскохозяйственных культур на микробные сообщества почвы. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2024. № 2. С. 5-24.
11. Скороходов В. Ю., Зоров А. А. Особенности влияния парового поля на формирование агроценоза и продуктивность яровой пшеницы в полевых севооборотах региона с неустойчивым увлажнением. Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 5. С. 3-8.
12. Юшкевич Л. В., Чибис В. В. Последствие повторного и бессменного посева яровой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири. Аграрный научный журнал. 2021. № 11. С. 54-58.
13. Неверов А. А., Верещагина А. С. Влияние регуляторов роста и погодных условий на минеральное питание и продуктивность ячменя. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 2 (66). С. 27-35.
14. Неверов А. А., Верещагина А. С., Бельков Г. И. Влияние погодных условий и внекорневой подкормки на водопотребление и продуктивность ячменя в степной зоне Оренбуржья. Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 3. С. 225-238.
15. Максютлов Н. А. Эффективность внесения минеральных удобрений под кормовые культуры на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья в условиях засухи. Известия Оренбургского аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 96-98.

16. Максютов Н. А., Зенкова Н. А. Устойчивость кормовых культур к засухе в зависимости от фона питания в степном Предуралье Оренбуржья. Известия Оренбургского аграрного университета. 2020. № 5 (85). С. 70-74.

17. Жижин В. Н., Скороходов В. Ю., Зоров А. А., Глинушкин А. П. Адаптация технологии защиты проса для получения высоких урожаев. Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2012. № 1 (34). С. 35-37.

18. Скороходов В. Ю. Формирование урожайности проса в зависимости от предшественника и гидро-термического стресса в условиях Южного Урала. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2023. № 2 (70). С. 230-238.

19. Постников П. А. Метеорологические условия и урожайность гороха в севооборотах. Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 10. С. 57-60.

20. Целуйко О. А., Парамонов А. В. Влияние длительного применения удобрений на урожайность гороха. Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 4 (32). С. 46-51.

21. Куликова А. Х., Сайдышева Г. В., Лашченков А. Н. Сравнительная эффективность интенсивной и биологизированной технологий возделывания в формировании запасов продуктивной влаги под посевами и урожайности гороха. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4 (60). С. 45-52.

22. Морозов А. Н., Дубовик Д. В., Дубовик Е. В., Шумаков А. В. Влияние технологий возделывания на засорённость посевов и продуктивность гороха посевного. Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16. № 2. С. 98-105.

References

1. Shatalina L. P., Anisimov Yu. P., Moshkina Yu. S. The influence of crop rotations on the fertility of leached chernozems of the Southern Urals. Agrarian Bulletin of the Urals. 2024. Vol. 24. No 1. Pp. 32-45.

2. Kulikova A. Kh., Yashin E. A., Cherkasov E. A., Volkova E. S. The role of organic fertilizers (straw, green manure, crop-root remains) in humus reproduction and preservation in the soil. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2022. No 4 (60). Pp. 53-58.

3. Semeshkina P. S., Borodina E. S. The influence of legumes and fertilizers on crop rotation productivity and soil fertility. Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. Vol. 23. No 12. Pp. 12-21.

4. Dzyuin A. G. Influence of mineral fertilizers and weather conditions on the yield of spring wheat and the payback of fertilizers in a long-term stationary experiment. Agrochemistry. 2021. No 7. Pp. 36-46.

5. Dijachenko E. N., Shevelev A. T. Influence of mineral and liming fertilizers aftereffect on yield and quality of spring wheat grain under conditions of Pre-Baikal area. Agrochemical herald. 2020. No 3. Pp. 45-48.

6. Skorokhodov V. Yu. Productivity of spring soft wheat in conjunction with the content of macroelements and bioactivity of soil on the black soils of the southern steppe zone of the Southern Urals. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021. No 2 (54). Pp. 46-53.

7. Yushkevich L. V., Yushchenko D. N., Shchitov A. G., Kashinskaya S. P. Increasing productivity and grain quality of spring wheat in the Southern forest-steppe of Western Siberia. Bulliten of Krasnoyarsk State Agrarian University. 2023. No 11 (200). Pp. 73-79.

8. Vorontsov V. A., Skorochkin Yu. P. Productivity and economic efficiency of grain and fallow crop rotation depending on agrotechnologies. Legumes and Groat Crops. 2024. No 1 (49). Pp. 97-104.

9. Skorokhodov V. Yu. Effect of forecrop on yield of spring durum wheat and soil potassium in chernozems of southern steppe zone in Southern Urals during long-term research. RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2021. Vol. 16. No 4. Pp. 313-325.

10. Alsayed N., Selitskaya O. V., Pozdnyakov L. A., Zavertkin I. A., Shubina E. A. Evaluation of the long-term effects of the permanent cropping on soil microbial communities. Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2024. No 2. Pp. 5-24.

11. Skorokhodov V. Yu., Zorov A. A. Features of the influence of the steam field on the formation of agrocenosis and the productivity of spring wheat in the field crop rotations of the region with unstable humidity. Russian Agricultural Science. 2021. No 5. Pp. 3-8.

12. Yushkevich L. V., Chibis V. V. Impact of repeated and unchangeable sowing of spring wheat in the forest steppe of Western Siberia. Agrarian Scientific Journal. 2021. No 11. Pp. 54-58.

13. Neverov A. A., Vereshchagina A. S. The influence of growth regulators and weather conditions on mineral nutrition and productivity of barley. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2024. No 2 (66). Pp. 27-35.

14. Neverov A. A., Vereshchagina A. S., Belkov G. I. Influence of weather conditions and foliar feeding on water consumption and productivity of barley in the steppe zone of Orenburg region. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023. Vol. 106. No 3. Pp. 225-238.

15. Maksyutov N. A. Effect of applying mineral fertilizers under forage crops on south chernozem soils under drought conditions of Orenburg Preduralye. Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2019. No 6 (80). Pp. 96-98.

16. Maksyutov N. A., Zenkova N. A. Resistance of forage crops to drought depending on the fertilization background in the steppe Preduralye of Orenburg region. Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2020. No 5 (85). Pp. 70-74.

17. Zhizhin V. N., Skorokhodov V. Yu., Zorov A. A., Glinushkin A. P. Adaptation of millet protection technology to obtain high yields. Bulletin of the Oryol State Agrarian University. 2012. No 1 (34). Pp. 35-37.

18. Skorokhodov V. Yu. Formation of millet yield depending on the predecessor and hydrothermal stress in the conditions of the Southern Urals. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex. 2023. No 2 (70). Pp. 230-238.

19. Postnikov P. A. Meteorological conditions and pea productivity in crop rotations. Achievements of science and technology in agro-industrial complex. 2018. Vol. 32. No 10. Pp. 57-60.

20. Tseliuko O. A., Paramonov A. V. Effect of long-term use fertilizers on pea yield. Legumes and Groat Crops. 2019. No 4 (32). Pp. 46-51.

21. Kulikova A. Kh., Saidyasheva G. V., Lashchenkov A. N. Comparative efficiency of intensive and biologized cultivation technologies in formation of productive moisture reserves under crops and pea yield. Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2022. No 4 (60). Pp. 45-52.

22. Morozov A. N., Dubovik D. V., Dubovik E. V., Shumakov A. V. The effect of cultivation technologies on weed infestation and productivity of peas. Grain Economy of Russia. 2024. Vol. 16. No 2. Pp. 98-105.

Информация об авторах

Митрофанов Дмитрий Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29), ORCID: 0000-0002-7172-6904, e-mail: dvm.80@mail.ru

Author's Information

Mitrofanov Dmitry Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, 9 January str., 29), ORCID: 0000-0002-7172-6904, e-mail: dvm.80@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-19

FEATURES OF LUPINE AND PROSPECTS OF ITS USE IN THE FOOD INDUSTRY**Rutskaya V. I., Timoshenko E. S.**

*The All-Russian Research Institute of Lupine – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology
Michurinsky, Bryansk Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: lupin_mail@mail.ru

Received 06.03.2025

Submitted 04.06.2025

Abstract

Introduction. One of the actual tasks of science and production is to increase the biological value of food products by enriching them with functional components. The most promising source of plant biologically valuable protein that can be an alternative to soy is lupine. In the Russian Federation, three types of lupines are currently used in agricultural production: narrow-leaved, white and yellow. **An object.** White, yellow and narrow-leaved lupine. **Materials and methods.** In the work, the methods of systematization, analysis and generalization were used. For the main search of scientific sources, we used the bibliographic databases: eLIBRARY, Scopus and Web of Science, the Google Scholar search engine. Search queries were performed using the following keywords (in Russian and English): lupine grain, lupine types, processed products. **Results and conclusions.** Narrow-leaved lupine also compares favorably in terms of protein content in grain, exceeding peas and vetch by more than 10 %. White lupine is characterized by the highest productivity potential and is close to soybean in terms of seed quality. The advantage of yellow lupine is its high protein content (up to 46 %) and undemanding cultivation conditions. In terms of amino acid composition, yellow lupine protein is almost equal to soy protein. Lupine grain occupies a leading position among legumes in terms of the content of the most valuable amino acids, macro- and microelements, it is rich in fiber, vitamins, minerals and biologically active compounds such as phenols, β -carotene, lutein, zeaxanthin, tocopherols. Lupine protein isolate, whole grain flour and flour from lupine grain shells are universal raw materials for improving the nutritional value of food products. Due to its beneficial properties, lupine plays a certain role in the control of metabolic disorders, is a raw material for the creation of gluten-free food products with therapeutic, prophylactic and dietary properties. An analysis of the quality of lupine flour from the grain of narrow-leaved and white lupine (with and without the shell) was conducted. The studied parameters of all four experimental samples were within the permissible norms. The maximum score for the organoleptic assessment of bread and its appearance was given to the variant with the addition of 10 % flour from the grain of narrow-leaved lupine with the shell.

Keywords: lupine species, protein, alkaloids, lupine flour, functional products, therapeutic and prophylactic nutrition.

Citation. Rutskaya V. I., Timoshenko E. S. Features of lupine and prospects for its use in the food industry. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 183-191 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-19.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.367:664

**ОСОБЕННОСТИ ЛЮПИНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Руцкая В. И., кандидат биологических наук
Тимошенко Е. С., кандидат сельскохозяйственных наук

*ВНИИ люпина – филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»
пос. Мичуринский, Брянский район, Брянская область, Российская Федерация*

Актуальность. Одной из актуальных задач науки и производства является повышение биологической ценности продуктов питания путем обогащения ее функциональными компонентами. Наиболее перспективным источником растительного биологически ценного белка, способного быть

альтернативой сое, является люпин. В РФ в настоящее время в сельскохозяйственном производстве используются три вида люпина: узколистный, белый и желтый. **Объект.** Белый, желтый и узколистный люпин. **Материалы и методы.** При выполнении работы применяли методы систематизации, анализа и обобщения. Для основного поиска научных источников использовали библиографические базы данных: eLIBRARY, Scopus и Web of Science, поисковую систему Google Scholar. Поисковые запросы выполняли по следующим ключевым словам (на русском и английском языках): зерно люпина, виды люпина, продукты переработки. **Результаты и выводы.** Узколистный люпин выгодно отличается и по содержанию белка в зерне, превышая горох и вику более чем на 10 %. Белый люпин характеризуется наиболее высоким потенциалом продуктивности и по качеству семян близок к сое. Достоинством желтого люпина является высокое содержание белка (до 46 %) и нетребовательность к условиям возделывания. По аминокислотному составу белок люпина желтого практически равен белку сои. Зерно люпина по содержанию самых ценных аминокислот, макро- и микроэлементов занимает лидирующее положение среди бобовых культур, оно богато клетчаткой, витаминами, минералами и биологически активными соединениями, такими как фенолы, β -каротин, лютеин, зеаксантин, токоферолы. Люпиновый белковый изолят, мука из цельного зерна и мука из оболочек зерна люпина являются универсальным сырьем для улучшения питательной ценности пищевых продуктов. Благодаря полезным свойствам, люпин играет определенную роль в контроле метаболических нарушений, является сырьем для создания безглютеновых продуктов питания, обладающих лечебно-профилактическими и диетическими свойствами. Был проведен анализ качества люпиновой муки из зерна люпина узколистного и белого (с оболочкой и без нее). Изучаемые показатели всех четырех опытных образцов были в пределах допустимых норм. Максимальный балл по органолептической оценке хлеба и его внешнего вида был выставлен варианту с добавлением 10 % муки из зерна узколистного люпина с оболочкой.

Ключевые слова: виды люпина, белок, алкалоиды, люпиновая мука, функциональные продукты, лечебно-профилактическое питание.

Цитирование. Руцкая В. И., Тимошенко Е. С. Особенности люпина и перспективы его использования в пищевой промышленности. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 183-191. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-19.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Получение белков из растительного сырья становится все более востребованным на российском рынке. Одной из актуальных задач науки и производства является повышение биологической ценности продуктов питания путем обогащения ее функциональными компонентами. Большой интерес, как ученых, так и производителей вызывают выращиваемые местные высокобелковые зернобобовые культуры. В настоящее время для получения белковых продуктов чаще всего используется соя. Однако отношение потребителей к данной культуре в последнее время резко ухудшилось по причине широкого распространения генетически модифицированного сырья.

Люпин имеет большой биологический и экономический потенциал как перспективное растительное сырье, которое обладает уникальным химическим составом с широким спектром лечебно-профилактического действия. Зерно люпина характеризуется высокой биологической ценностью, что способствует его использованию в качестве белкового компонента для многих видов продуктов питания.

Люпин имеет большое разнообразие видов и сортов и возделывается во многих странах мира в таких странах, как Польша, Чили, Россия, Марокко, Испания, Южная Африка, но крупнейшим производителем люпина является Западная Австралия. В Российской Федерации в настоящее время в сельскохозяйственном производстве используются три вида люпина: узколистный (*L. angustifolius* L.), белый (*L. albus* L.) и желтый (*L. luteus* L.). Каждый из них имеет свою экологическую нишу. Адаптационные свойства разных видов и сортов люпина позволяют возделывать его практически на всей Европейской части России. На основании экспериментальных наблюдений и расчетов разработано и предложено географическое районирование возделываемых видов с учетом среднесуточной суммы эффективных температур и суммы осадков за вегетационный период. Так, узколистный люпин, отличающийся скороспелостью и высокой адаптивностью, можно возделывать до самых северных границ земледелия страны. Его зерновая продуктивность в ряде областей Европейской территории Российской Федерации, а также в Тюменской области варьирует от 2,5 до 4,0 т/га [1, 2, 3]. Урожайность зеленой массы достигает 40 и более т/га.

Люпин узколистый по содержанию белка в зерне превышает горох и вику более чем на 10 % [4], в зерне накапливается 35-38 % белка, в сухом веществе зеленой массы – 18-20 % [2, 5], что является ценным показателем к использованию его в качестве белковых добавок для приготовления кормов для животных и в производстве продуктов питания. Люпин узколистый – ценная зернобобовая культура, адаптированная к широкому спектру климатических условий (может вызревать на семена в центральных и северных районах европейской части РФ) и имеющая очень непродолжительную историю доместикиции.

Люпин белый отличается наиболее высоким потенциалом продуктивности, а по качеству семян близок к сое. Данный вид люпина имеет более длительный срок созревания – вегетационный период до 120 суток в зависимости от сорта, поэтому рекомендуется для возделывания в хозяйствах Центрально-Черноземного, Северо-Кавказского и Средне-Волжского регионов. Выведены сорта белого люпина с повышенной засухоустойчивостью (сорт Мичуринский), что является очень важным признаком при возделывании в данных регионах. По данным исследований за 3 года средняя урожайность зерна составила 4,3-5,2 т/га, зеленой массы – 58-64 т/га. Содержание белка в зерне люпина белого составляет 39,0-44,7 %, алкалоидов – 0,03-0,07 %. Наиболее масличным видом является белый люпин – до 12 % [1, 6].

Зерно белого люпина, в отличие от других бобовых культур (гороха, сои и фасоли), характеризуется низким или очень низким содержанием ингибиторов трипсина, олигосахаридов, фитиновой кислоты, сапонинов и лектинов [7].

Люпин желтый отличается от возделываемых видов люпина наибольшим содержанием белка в зерне – до 46 %, наибольшей адаптацией к произрастанию на бедных дерново-подзолистых, песчаных, супесчаных почвах, может возделываться как минимум в 14 субъектах РФ [1]. По биохимическим показателям зерно данного вида люпина может широко использоваться в пищевой промышленности, так как содержит минимальное количество липидов и ингибиторов пищеварительных ферментов, в частности трипсина [8]. В зерне люпина желтого содержание жира 3,5-5 %, что делает его пригодным для изготовления пищевых концентратов длительного хранения [9]. Скрининг генофонда образцов данного вида люпина по аминокислотному составу показал, что в разных образцах наблюдается разное количественное содержание по каждой из аминокислот и позволил выделить образцы с повышенным содержанием метионина в 2,2 раза, лизина в 1,4 раза по сравнению со стандартом [10].

Следует отметить, что площади возможного возделывания люпина в РФ обширны и распространяются от южной части Урала и Сибири до юга Центрального района Нечерноземья и Центрально-Черноземного региона, Среднего Поволжья, северного предгорья Кавказа. Многолетние наблюдения показали способность люпина восстанавливать бедные и загрязненные почвы.

По данным исследователей ВНИИ жиров содержание сырого жира в семенах разных видов зависит от видовой принадлежности семян [11]. Так, для масла семян сортов белого люпина характерно преобладание олеиновой кислоты, для масла же семян узколистого и желтого видов люпина характерно явное преобладание линолевой кислоты.

Возделываемые виды люпина по содержанию белка сопоставимы с соей, а по урожайности превосходят ее: 2,5-4,0 т/га у люпина и 1,5-2,5 т/га у сои [12]. Люпин также превосходит сою по пищевой ценности, нетребовательности и себестоимости возделывания. Так, себестоимость производства зерна люпина вдвое ниже в сравнении с зерном сои: 4-6 тыс. руб./т для люпина и 8-12 тыс. руб./т для сои [12].

Количественное содержание незаменимых аминокислот в люпине находится на уровне или выше уровня рекомендуемого ФАО/ВОЗ. Среди дефицитных аминокислот лимитирующими аминокислотами в люпине являются метионин+цистин, также как и в сое. При обрушении зерна белого люпина увеличивает содержание сырого белка и большинства аминокислот (кроме аланина), что повышает его биологическую ценность, как для питания человека, так и для кормления животных [9].

Зерно люпина является хорошим источником микроэлементов, среди которых преобладает марганец, железо, цинк и медь. Макроэлементы – калий, фосфор, кальций и др., содержащиеся в люпине, необходимы для широкого спектра физиологических и метаболических процессов в организме человека [13]. Хромато-масс-спектрометрический анализ

фракции, выделенной хлороформом из семян, показал присутствие веществ класса терпенов (фарнезен, неофитадиен, γ -токоферол (98 % от общего количества токоферолов)) и стероидных спиртов (кампестерол, β -ситостерол) [14].

Анализ жирнокислотного состава масел из семян люпина показал высокую степень их ненасыщенности с большим содержанием олеиновой (омега-9) и линолевой (омега-6) кислот, которые оказывают существенное положительное влияние на здоровье человека [15]. Масло люпина считается новым функциональным ингредиентом и ценным пищевым источником жира, содержащим жирорастворимые витамины. Более того, оно обладает противогрибковыми свойствами, поэтому люпиновое масло рекомендуют использовать в качестве носителя активных противогрибковых соединений в пищевых продуктах [16].

Зерно люпина содержит многочисленные биологически активными соединения с антиоксидантной способностью, такие как токолы (172,1-249,8 мг/кг), каротиноиды (0,69-2,89 мг/кг) и фенольные соединения, которые стабилизируют свободные радикалы, защищая клеточные мембраны, белки, липиды и ДНК от окислительного повреждения [17].

Основным антипитательным фактором, сдерживающим широкое использование люпина в производстве пищевых продуктов, являются хинолизидиновые алкалоиды – вторичные метаболиты абициклической, трициклической и тетрациклической структуры [18]. Для определения их количественного содержания во ВНИИ люпина разработана и аттестована методика измерения массовой доли хинолизидиновых алкалоидов в зерне люпина (свидетельство об аттестации № 0333/РОСС RU.0001.310430/2023).

Органы по безопасности пищевых продуктов и охране здоровья человека в ряде стран, таких как Франция, Великобритания, Австралия и др., установили максимальный предел содержания алкалоидов в люпиновой муке – ПДК (предельно допустимая концентрация) на уровне 200 мг/кг – 0,02 % к массе семян [19, 20, 21]. В Австралии содержание алкалоидов в пищевых сортах люпина допускается до 0,035 % к массе семян [22]. В Российской Федерации на основании протоколов исследований и по результатам экспериментальных данных на белых мышах (Пятигорский медико-фармацевтический институт) и на макак-резусах (ФГБНУ «НИИ медицинской приматологии»), а также по органолептическим показателям было решено установить норму ПДК алкалоидов люпина при использовании в пищевом направлении до 0,04 % к массе семян [23, 24]. Новые низкоалкалоидные сорта белого и узколистного видов люпина (Алый парус, Мичуринский, Пилигрим, Белорозовый 144 и др.), которые богаты белком и незаменимыми аминокислотами, расширяют возможности использования данной культуры в пищевом направлении [1, 25].

Хинолизидиновые алкалоиды – группа азотсодержащих органических соединений основного характера и относятся к числу наиболее токсичных растительных ингредиентов. Традиционным способом удаления горечи является тонкое измельчение и последующее многократное промывание водой. Однако данный способ снижает питательную ценность зерна люпина из-за удаления растворимых белков, свободных аминокислот, углеводов и минералов. В настоящее время люпин с повышенным содержанием алкалоидов можно обезгорчить биологическими или химическими методами. Кроме того, выделенные из люпина алкалоиды могут использоваться в медицине как потенциальный источник ценных активных молекул для фармацевтической промышленности, поскольку они обладают антимутагенными, антибактериальными, противогрибковыми, противоопухолевыми и противовоспалительными свойствами [26].

Люпин относится к категории аллергенных продуктов питания. Было замечено, что некоторые люди, страдающие аллергией на арахис, также страдают аллергией на люпин, так как содержат белки α -, β -, γ - и δ -конглютины. В Австралии, которая является крупнейшим производителем люпина, количество людей, страдающих данной аллергией, всего 1 % от всех жителей страны [27].

Включение люпиновой муки, полученной при переработке современных низкоалкалоидных сортов люпина, в хлебобулочные, кондитерские, мучные и мясные изделия приводит к повышению пищевой ценности данных продуктов питания [28]. Мука из цельного и обрубленного зерна является универсальной добавкой, так как легко диспергируется в жидких, пастообразных и сыпучих средах.

В Российской Федерации во ВНИИ люпина разработаны и утверждены ТУ на «Люпин пищевой», 2021 г. [23]. В России в Липецкой области работает СПССПК «Виола». Кооператив выпускает муку под брендом ViLupin из сортов белого и узколистного видов люпина селекции ВНИИ люпина. Люпиновая мука по органолептическим и химическим пока-

зателям обладает высоким качеством и соответствует требованиям для использования на пищевые цели. Разработаны и зарегистрированы технические условия на получаемую по данной технологии люпиновую муку. Компания экспортирует люпиновую муку в страны Евразийского экономического союза. Российские производители используют продукцию комбината в изготовлении хлебобулочных и кондитерских изделий. По характеристике мука российского производства практически не отличается от люпиновой муки, которая раньше импортировалась из Австрии (только по содержанию белка, так как произведена из разных видов люпина). В настоящее время разрабатывается проект национального стандарта ГОСТ Р «Мука люпиновая продовольственная. Технические условия».

Был проведен анализ качества люпиновой муки из зерна люпина узколистного и белого (с оболочкой и без нее), а также испеченного из нее хлеба по органолептическим и физико-химическим показателям. Изучаемые показатели всех четырех опытных образцов были в пределах допустимых норм. Максимальный балл по органолептической оценке хлеба и его внешнего вида был выставлен варианту с добавлением 10 % муки из зерна узколистного люпина с оболочкой. Даже при замене 10 % пшеничной муки на люпиновую, происходит увеличение содержания таких незаменимых аминокислот, как треонин, валин, фенилаланин, изолейцин, лейцин, лизин, а люпиновая клетчатка может использоваться в качестве источника пищевых волокон. Насыщенный желтый цвет люпиновой муки имеет большое значение для приготовления макарон или лапши. При добавлении люпиновой муки до 10 % увеличивается водосвязывающая способность, срок годности и аромат хлеба, хотя время замешивания и стабильность теста уменьшаются по мере увеличения доли муки из люпина.

Исследования показали, что люпиновая мука, белковый изолят и мука из оболочек люпина узколистного являются полноценным, функционально-технологичным и перспективным сырьем для использования в качестве белковых пищевых добавок, в том числе при производстве безглютеновых изделий (Труфанова Ю. Н. и др., 2014), которые подходят для вегетарианцев и людей, которые не переносят глютен. Отличительной чертой люпиновой муки является полное отсутствие в ее составе глютена и глиаина, что особенно важно для людей с нарушениями пищеварения.

Люпин может являться сырьем для создания безглютеновых пищевых продуктов, обладающих диетическими и лечебно-профилактическими свойствами. Так, проведена научно-исследовательская работа по изучению безглютеновой продукции за счет выпуска специализированных хлебобулочных изделий с усилением их диетической (лечебной) и профилактической направленности за счет высокого содержания омега-3 ПНЖК и пищевых волокон [29, 30]. Отмечается, что важным условием является оптимальное содержание вносимых в изделия ингредиентов, при котором повышается их пищевая и биологическая ценность, а на органолептические и структурно-механические показатели не оказывается отрицательного воздействия. Для повышения содержания белка в безглютеновом хлебобулочном изделии используется люпиновая мука в количестве до 20 %, обладающая антиоксидантными свойствами благодаря наличию каротиноидов, токоферолов. Содержание белка в безглютеновом хлебе с добавлением люпиновой муки повышается до 5,2-6,7 г/100 г.

В лабораторных условиях была получена мука из семян узколистного люпина белорусской селекции, обработанных разными способами (гидротермическая обработка – ГТО, обжаривание, экструдирование) [31]. Отмечено, что количество химических веществ в люпиновой муке изменяется значительно и зависит от способа ее получения. Несмотря на то, что содержание белка в люпиновой муке в 3,5-4 раза выше, из нее, в отличие от пшеничной муки, не отмывается клейковина. Люпиновая мука обладает повышенной щелочеустойчивой способностью и более низким значением седиментационного осадка.

Люпин можно использовать для обогащения белком макаронных изделий, хлеба, печенья, салатов, гамбургеров, сосисок, а также для замены молока и соевых бобов. Белковые концентраты и изоляты из зерна люпина обладают свойствами, которые представляют интерес для промышленности: растворимость белка (>90 %), способность поглощать воду (4,5 г/г сухого веса) и масло (3,98 г/г), эмульгирующая (2000 мл масла/г) и пенообразующая способность (2083 %), стабильность пенообразования (78,8 %, 36 часов) [19].

Зерно люпина является ценным источником пищевых волокон. Обрушенное зерно и оболочка содержат различные типы некрахмалистых углеводов [32]. В семенной оболочке, помимо небольшого количества белков и жиров, преобладают структурные полисахариды.

риды: целлюлоза, гемицеллюлоза и пектины [33], в обрубленном зерне – неструктурные полисахариды. Пребиотики (клетчатка, гемицеллюлоза, пектин, лигнин) необходимы человеку для улучшения работы ЖКТ, а также для повышения защитных функций организма [7]. Это позволяет значительно расширить возможности использования семенной оболочки в пищевом направлении.

Так, были проведены исследования по изучению возможности уменьшения энергетической ценности полукопченых колбасных изделий путем введения клетчатки, полученной из люпина белого без снижения биологической ценности, выхода готовой продукции и органолептических показателей качества [34]. Определяли физико-химические и функционально-технологические свойства клетчатки белого люпина в сравнении с аналогичными показателями соевой клетчатки, влияние пищевых волокон люпина на структурно-механические характеристики колбасных фаршей и готовой продукции. В состав фарша вводили 1 и 2 % пищевой клетчатки из люпина белого вместо полужирной свинины. Выход колбас, изготовленных с использованием такого сырья, увеличивался на 2,6 % благодаря повышению массовой доли влаги на 5,74 %, их энергетическая ценность снижалась на 150 ккал, или 68,2 кДж. Изменения физико-химического состава колбасных изделий не повлияли на сбалансированность аминокислотного состава и органолептические показатели качества готовой продукции.

Учеными Новосибирска было научно обосновано целесообразность использования пастообразных концентратов из зерна люпина в производстве полукопченых колбас, разработана рецептура и технологический процесс их производства (Морозов И. А., 2012). Установлено, что оптимальная дозировка внесения растительного концентрата составляет 15 % от массы сырья. По органолептическим показателям разработанные образцы соответствуют требованиям для полукопченых колбас.

Продукты переработки зерна люпина могут использоваться не только в качестве корма и пищевого сырья, а также в медицине и косметологии [35]. Белок люпина обладает рядом терапевтических эффектов. За последних 20 лет были обнаружены совершенно новые свойства люпина для применения в производстве различных видов функциональных продуктов питания. В экспериментах на крысах было установлено, что при введении в их рацион белка из зерна узколистного и белого видов люпина наблюдалось снижение содержания в плазме крови холестерина и триглицеридов по сравнению с контрольной группой [22]. Флавоноиды люпина способны сдерживать развитие некоторых видов рака, например прямой кишки [36]. С одной стороны, высокое содержание белка и клетчатки помогают контролировать ожирение и диабет, а с другой стороны, антиоксидантная и противовоспалительная активность фитохимических веществ люпина защищает от различных хронических заболеваний.

Люпин – один из лучших естественных источников аминокислоты аргинин, которая улучшает работу кровеносных сосудов. Волокна люпина являются хорошим пребиотиком и улучшают работу кишечника. Продукты переработки из зерна люпина улучшают деятельность пищеварительной системы и снижают содержание холестерина и токсинов в крови. Диета с люпином обеспечивает стимуляцию обновления клеток, регулирование уровня глюкозы в крови, снижение уровня мочевой кислоты, а также стимуляцию кишечного транзита благодаря содержанию клетчатки и микроэлементов [37].

Продукты переработки из зерна люпина (мука и белковые изоляты и концентраты) используются в пищевой промышленности по всему миру. Каждый год на европейский рынок поступают новые продукты, содержащие люпин (Mintel GNPD, <http://www.mintel.com/global-new-products-database>). Учитывая высокое содержание белка, многие страны мира (Австралия (сосредоточено 80 % мирового производства люпина), Германия, Испания, Франция, США, Италия, Эквадор, Бразилия, Чили, Перу и др.) считают продукты переработки из люпина отличным сырьем для добавления в различные пищевые продукты и используют в качестве заменителя яиц в тортах, блинах, печенье, макаронах и хлебе [11].

Заключение. Использование растительного отечественного белка как в животноводстве, так и в пищевой промышленности значительно повысит продовольственную безопасность в Российской Федерации. С учетом климатических условий и ареала возможного возделывания люпина (более 30 млн. гектаров) Россия может выйти в лидеры по экспорту растительного белка в мире, а также укрепить свои позиции на рынке сельскохозяйственной продукции. Сейчас люпин в РФ выращивается и используется в основном как кормовая культура. В настоящее

время ВНИИ люпина – филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» разрабатывает нормативные документы для использования люпина на пищевые цели. А пока перед отечественными селекционерами стоит задача создания низкоалкалоидных сортов люпина для массового производства и использования в пищевой промышленности. Химический состав и свойства люпина могут служить катализатором для дополнительных глубоких научных отечественных исследований в этой области, а также для продвижения новых технологий получения продуктов переработки из зерна люпина в пищевом направлении. С учетом экономической и экологической целесообразности производство люпина может способствовать повышению устойчивости развития всей агропродовольственной системы России, достижению целевых критериев продовольственной безопасности и экономической независимости страны.

Conclusions. The use of domestic plant protein in both animal husbandry and food industry will significantly increase food security in the Russian Federation. Taking into climatic conditions and area of possible lupine cultivation (more than 30 million hectares), Russia can become a leader in the export of plant protein in the world, and also strengthen its position in the agricultural market. Currently, lupine is grown and used in the Russian Federation mainly as a forage crop. Currently, the All-Russian Research Institute of Lupine – a branch of the V.R. Williams Federal Scientific Center for Crops and Animal Husbandry is developing regulatory documents for the use of lupine for food purposes. In the meantime, domestic breeders are faced with the task of creating low-alkaloid varieties of lupine for mass production and use in the food industry. The chemical composition and properties of lupine can serve as a catalyst for additional in-depth scientific domestic research in this area, as well as for the promotion of new technologies for obtaining processed products from lupine grain for the food industry. Taking into account economic and environmental feasibility, lupine production can contribute to increasing the sustainability of the development of the entire agro-food system of Russia, achieving target criteria for food security and economic independence of the country.

Библиографический список

1. Артюхов А. И., Лукашевич М. И., Агеева П. А., Новик Н. В. Люпин – селекция и адаптация в агроландшафты России. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (59). С. 51-60.
2. Тимошенко Е. С., Лукашевич М. И., Яговенко Г. Л., Агеева П. А., Зайцева Н. М. Характеристика перспективных сортов люпина Мичуринский и Белорозовый 144 для пищевого использования. Хранение и переработка сельхозсырья. 2022. № 2. С. 188-200.
3. Агеева П. А., Почутина Н. А., Громова О. М., Зайцева Н. М. Люпин узколистый - результаты изучения сортов и сортообразцов по адаптивности и комплексу хозяйственно-биологических признаков. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23. № 2. С. 211-220.
4. Вишнякова М. А., Кушнарева А. В., Шеленга Т. В., Егорова, Г. П. Алкалоиды люпина узколистного как фактор, определяющий альтернативные пути использования и селекции культуры. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. № 24 (6). С. 625-635.
5. Вардамацкая К. В., Савин М. И. Образование азотфиксирующих клубеньковых бактерий у узколистного люпина. Тенденции развития науки и образования. 2025. № 117-2. С. 91-94.
6. Блинник А. С., Демидова А. Г., Лукашевич М. И., Артёмова О. Ю., Наумкин В. Н., Наумкина Л. А. Оценка коллекции сортов и образцов люпина белого по адаптивности, урожайности и качеству семян. Кормопроизводство. 2022. № 6. С. 27-33.
7. Prusinski J. White lupin (*Lupinus albus* L.) – Nutritional and health values in human nutrition – a review. Czech J. Food Sci. 2017. № 35. Pp. 95-105.
8. Новик Н. В. Люпин желтый: перспективы использования и задачи селекции. Новые сорта люпина, технология их выращивания и переработки, адаптация в системы земледелия и животноводство. 2017. С. 66-75.
9. Агафонова С. В., Рыков А. И., Мезенова О. Я. Оценка биологической ценности белков люпина и перспектива его использования в пищевой промышленности. Вестник международной академии холода. 2019. № 2. С. 79-85.
10. Новик Н. В., Лебедев А. А., Анишко М. Ю., Якуб И. А. Результаты скрининга коллекционного материала люпина желтого по аминокислотному составу белка семян. Вестник Курской гос. с.-х. академии. 2024. № 8. С. 28-31.
11. Доморощенкова М. Л., Демьяненко Т. Ф., Камышева И. М., Крылова И. В. Исследование белкового и жирнокислотного состава семян люпина разной видовой принадлежности. Известия вузов. Пищевая технология. 2021. № 5-6. С. 15-20.
12. Кублин И. М., Прущак О. В., Санинский С. А. Люпин: переворот в производстве белковых кормов для сельскохозяйственной отрасли. Аграрный научный журнал. 2024. № 6. С. 32-39.
13. Bartkiene E., et al. Chemical composition and nutritional value of seeds of *L. luteus* L., *L. angustifolius* L. and new hybrid lines of *L. angustifolius* L. Zemdirbyste-Agriculture. 2016. № 103. Pp. 107-114.
14. Агафонова С. В., Рыков А. И. Химический состав семян растения *Lupinus angustifolius* L. и *Lupinus albus* L. Калининградской области. Химия растительного сырья. 2021. № 3. С. 135-142.
15. Van de Noort M. Lupin: an important protein and nutrient source. Sustainable Protein Sources. 2017. Pp 165-183.
16. Eman F., et al. A comprehensive study of lupin seed oils and the roasting effect on their chemical and biological activity. Plants. 2022. № 11 (17). 2301 p.
17. Czubinski J. Insight into thermally induced structural changes of lupin seed γ -conglutin. Food Chemistry. 2021. V. 354. 129480.

18. Pereira A., Ramos F., Silva A. S. Lupin (*Lupinus albus* L.) Seeds: Balancing the Good and the Bad and Addressing Future Challenges. *Molecules*. 2022. № 27 (23). 8557 p.
19. Carvajal-Larenas F. E., Linnemann A. R., Nout M. J. R., Koziol M., van Boekel M. A. J. S. *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debitting. 2015. V. 3. No 56 (9). Pp. 1454-87.
20. Food Standards Australia New Zealand. Australia New Zealand Food Standards Code. Incorporating amendments up to and including amendment 107. Standard 1.4.1: Contaminants and natural toxicants. Canberra: FSANZ, 2009. <http://www.foodstandards.gov.au/thecode/foodstandardscode>
21. Resta D., Boschini G., D'Agostina A., Arnoldi A. Quantification of quinolizidine alkaloids in lupin seeds, lupin-based ingredients and foods. *Proceedings of the 12th International Lupin Conference*. Fremantle, 2008. Pp. 533-535.
22. Arnoldi A., Greco S. Nutritional and nutraceutical characteristics of lupin protein. *Nutra Foods*. 2011. No 10 (4). Pp. 23-29.
23. Люпин пищевой: ТУ 01.11.49-005-22531666-2021. Брянск, 2021. С. 1-16.
24. Косолапов В. М., Яговенко Г. Л., Лукашевич М. И., Агеева П. А. Люпин: селекция, возделывание, использование. Брянск, 2020. 304 с.
25. Лукашевич М. И., Агеева П. А., Захарова М. В. Характеристика районированных сортов белого и узколистного люпина селекции Всероссийского НИИ люпина. Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции в Беларуси: материалы науч.-практ. конф. Жодино, 2021. С. 218-222.
26. Magalhães S. C. Q., et al. Alkaloids in the valorization of European *Lupinus* spp. seeds crop. *Ind. Crops Prod*. 2017. № 95. Pp. 286-295.
27. Bryant L., Rangan A., Grafenauer S. Lupins and health outcomes: a systematic literature review. *Nutrients*. 2022. No 14 (2). MDPI.
28. Bijlwan M., Naik B., Sharma D., Singh A., Kumar V. Recent developments in dough-based bakery products. *The Pharma Innovation Journal*. 2019. No 8 (5). Pp. 654-658.
29. Зайцева Л. В., Юдина Т. А., Рубан Н. В., Бессонов В. В., Мехтиев В. С. Современные подходы к разработке рецептур безглютеновых хлебобулочных изделий. *Вопросы питания*. 2020. Т. 89. № 1. С. 77-85.
30. Сапожников А. Н., Копылова А. В., Наседкин М. А. Актуальные способы повышения пищевой и биологической ценности хлебобулочных изделий. *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2023. № 3. С. 123-134.
31. Рукшан Л. В., Новожилова Е. С. Исследование технологических свойств муки, полученной из обработанных разными способами семян люпина. *Пищевая промышленность*. 2023. № 6. С. 30-32.
32. Khan M., Karpanit W., Nasar-Abbas S., Huma Z., Jayasena V. Phytochemical composition and bioactivities of lupin: a review. *International Journal of Food Science and Technology*. 2015. V. 50. Pp. 2004-2012.
33. Артюхов А. И., Сорокин А. Е., Афонина Е. В. Люпин в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. *Комбикорма*. 2017. № 12. С. 43-46.
34. Грикшас С. А., Муромцева Д. В., Кузьмина М. О. Технологические особенности использования клетчатки белого люпина в производстве полукопченых колбас. *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 4. С. 76-80.
35. Зубова Е. В., Залетова Т. В., Капитанова Г. И., Терехова О. Б., Родыгина Н. В. Пищевая ценность белого люпина и перспективы его использования в производстве продуктов питания из растительного сырья. *Аграрная наука*. 2023. № 369 (4). С. 137-144.
36. Lima A. I., Mota J., Monteiro S. A., Ferreira R. M. Legume seeds and colorectal cancer revisited: Protease inhibitors reduce MMP-9 activity and colon cancer cell migration. *Food Chem*. 2016. No 197 (Pt.A). Pp. 30-38.
37. Ariyaratna I. R., Karunaratne D. N. Use of chickpea protein for encapsulation of folate to enhance nutritional potency and stability. *Food Bioprod. Proc*. 2015. № 95. Pp. 76-82.

References

1. Artyukhov A. I., Lukashevich M. I., Ageeva P. A., Novik N. V. Lupin – Breeding and Adaptation to Agricultural Landscapes of Russia. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2016. № 2 (59). Pp. 51-60.
2. Timoshenko E. S., Lukashevich M. I., Yagovenko G. L., Ageeva P. A., Zaitseva N. M. Characteristics of Promising Lupin Varieties Michurinsky and Belorozovy 144 for Food Use. Storage and processing of agricultural raw materials. 2022. № 2. Pp. 188-200.
3. Ageeva P. A., Pochutina N. A., Gromova O. M., Zaitseva N. M. Narrow-leaved Lupine – Results of Studying Varieties and Variety Accessions by Adaptability and Complex of Economic and Biological Characteristics. *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2022. V. 23. № 2. Pp. 211-220.
4. Vishnyakova M. A., Kushnareva A. V., Shelenga T. V., Egorova G. P. Alkaloids of narrow-leaved lupine as a factor determining alternative ways of use and selection of culture. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020. № 24 (6). Pp. 625-635.
5. Vardamatska K. V., Savin M. I. Formation of nitrogen-fixing nodule bacteria in narrow-leaved lupine. *Trends in the development of science and education*. 2025. № 117-2. Pp. 91-94.
6. Blinnik A. S., Demidova A. G., Lukashevich M. I., Artemova O. Yu., Naumkin V. N., Naumkina L. A. Evaluation of the Collection of White Lupine Varieties and Accessions by Adaptability, Yield and Seed Quality. *Fodder production*. 2022. № 6. Pp. 27-33.
7. Prusinski J. White lupin (*Lupinus albus* L.) – Nutritional and health values in human nutrition – a review. *Czech J. Food Sci*. 2017. № 35. Pp. 95-105.
8. Novik N. V. Yellow Lupin: Prospects for Use and Breeding Tasks. *New varieties of lupine, technology for their cultivation and processing, adaptation to farming systems and animal husbandry*. 2017. P. 66-75.
9. Agafonova S. V., Rykov A. I., Mezenova O. Y. Assessment of the biological value of lupine proteins and the prospect of its use in the food industry. *Bulletin of the International Academy of Refrigeration*. 2019. № 2. Pp. 79-85.
10. Novik N. V., Lebedev A. A., Anishko M. Yu., Yakub I. A. Results of Screening of Yellow Lupine Collection Material by Amino Acid Composition of Seed Protein. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2024. № 8. Pp. 28-31.
11. Domoroshchenkova M. L., Demyanenko T. F., Kamysheva I. M., Krylova I. V. Study of the protein and fatty acid composition of lupine seeds of different species. *Proceedings of Higher Educational Institutions. Food technology*. 2021. № 5-6. P. 15-20.

12. Kublin I. M., Prushchak O. V., Saninsky S. A. Lupin: Revolution in the Production of Protein Fodder for the Agricultural Industry. *Agrarian Scientific Journal*. 2024. № 6. Pp. 32-39.
13. Bartkiene E., et al. Chemical composition and nutritional value of seeds of *L. luteus* L., *L. angustifolius* L. and new hybrid lines of *L. angustifolius* L. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2016. № 103. Pp. 107-114.
14. Agafonova S. V., Rykov A. I. Chemical composition of seeds of the plant *Lupinus angustifolius* L. and *Lupinus albus* L. of the Kaliningrad region. *Chemistry of plant raw materials*. 2021. № 3. Pp. 135-142.
15. Van de Noort M. Lupin: an important protein and nutrient source. *Sustainable Protein Sources*. 2017. Pp. 165-183.
16. Eman F., et al. A comprehensive study of lupin seed oils and the roasting effect on their chemical and biological activity. *Plants*. 2022. № 11 (17). 2301 p.
17. Czubinski J. Insight into thermally induced structural changes of lupin seed γ -conglutinin. *Food Chemistry*. 2021. V. 354. 129480.
18. Pereira A., Ramos F., Silva A. S. Lupin (*Lupinus albus* L.) Seeds: Balancing the Good and the Bad and Addressing Future Challenges. *Molecules*. 2022. № 27 (23). 8557 p.
19. Carvajal-Larenas F. E., Linnemann A. R., Nout M. J. R., Koziol M., van Boekel M. A. J. S. *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debitting. 2015. V. 3. No 56 (9). Pp. 1454-87.
20. Food Standards Australia New Zealand. Australia New Zealand Food Standards Code. Incorporating amendments up to and including amendment 107. Standard 1.4.1: Contaminants and natural toxicants. Canberra: FSANZ, 2009. <http://www.foodstandards.gov.au/thecode/foodstandardscode>
21. Resta D., Boschini G., D'Agostina A., Arnoldi A. Quantification of quinolizidine alkaloids in lupin seeds, lupin-based ingredients and foods. *Proceedings of the 12th International Lupin Conference*. Fremantle, 2008. Pp. 533-535.
22. Arnoldi A., Greco S. Nutritional and nutraceutical characteristics of lupin protein. *Nutra Foods*. 2011. No 10 (4). Pp. 23-29.
23. Food lupine: TU 01.11.49-005-22531666-2021. Bryansk, 2021. Pp. 1-16.
24. Kosolapov V. M., Yagovenko G. L., Lukashevich M. I., Ageeva P. A. Lupin: Breeding, Cultivation, Use. Bryansk, 2020. 304 p.
25. Lukashevich M. I., Ageeva P. A., Zakharova M. V. Characteristics of zoned varieties of white and narrow-leaved lupine bred by the All-Russian Research Institute of Lupine. Strategy and priorities for the development of agriculture and breeding in Belarus: materials of scientific practice Conference. Zhodino, 2021. Pp. 218-222.
26. Magalhães S. C. Q., et al. Alkaloids in the valorization of European *Lupinus* spp. seeds crop. *Ind. Crops Prod*. 2017. № 95. Pp. 286-295.
27. Bryant L., Rangan A., Grafenauer S. Lupins and health outcomes: a systematic literature review. *Nutrients*. 2022. No 14 (2). MDPI.
28. Bijlwan M., Naik B., Sharma D., Singh A., Kumar V. Recent developments in dough-based bakery products. *The Pharma Innovation Journal*. 2019. No 8 (5). Pp. 654-658.
29. Zaitseva L. V., Yudina T. A., Ruban N. V., Bessonov V. V., Mehdiyev V. S. Modern approaches to the development of gluten-free bakery products formulations. *Nutrition issues*. 2020. V. 89. № 1. Pp. 77-85.
30. Sapozhnikov A. N., Kopylova A. V., Nasedkin M. A. Actual Ways to Improve the Food and Biological Value of Bakery Products. *Bulletin of the Bashkir State Agrarian University*. 2023. № 3. Pp. 123-134.
31. Rukshan L. V., Novozhilova E. S. Study of Technological Properties of Flour Obtained from Lupine Seeds Treated by Different Methods. *Food industry*. 2023. № 6. Pp. 30-32.
32. Khan M., Karpanit W., Nasar-Abbas S., Huma Z., Jayasena V. Phytochemical composition and bioactivities of lupin: a review. *International Journal of Food Science and Technology*. 2015. V. 50. Pp. 2004-2012.
33. Artyukhov A. I., Sorokin A. E., Afonina E. V. Lupin in Feeding of Agricultural Animals and Poultry. *Feed*. 2017. № 12. Pp. 43-46.
34. Grikshas S. A., Muromtseva D. V., Kuzmina M. O. Technological Features of the Use of White Lupine Fiber in the Production of Semi-Smoked Sausages. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2020. V. 34. № 4. Pp. 76-80.
35. Zubova E. V., Zaletova T. V., Kapitanova G. I., Terekhova O. B., Rodygina N. V. Nutritional Value of White Lupine and Prospects for Its Use in the Production of Food Products from Plant Raw Materials. *Agrarian science*. 2023. № 369 (4). Pp. 137-144.
36. Lima A. I., Mota J., Monteiro S. A., Ferreira R. M. Legume seeds and colorectal cancer revisited: Protease inhibitors reduce MMP-9 activity and colon cancer cell migration. *Food Chem*. 2016. No 197 (Pt.A). Pp. 30-38.
37. Ariyaratna I. R., Karunaratne D. N. Use of chickpea protein for encapsulation of folate to enhance nutritional potency and stability. *Food Bioprod. Proc*. 2015. № 95. Pp. 76-82.

Информация об авторах

Рущая Валентина Ивановна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ВНИИ люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» (Российский Федерация, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2), ORCID: <https://orcid.org/org/0000-0003-3934-206X>, e-mail: rvi15@mail.ru

Тимошенко Елена Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, руководитель группы, ВНИИ люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» (Российская Федерация, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2), ORCID: <https://orcid.org/org/0000-0002-0283-8785>, e-mail: el.timo32@mail.ru

Authors' Information

Rutskaya Valentina Ivanovna, Candidate of Biological Science, Senior Scientific Researcher, All-Russian Research Institute of Lupine – the branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology (Russian Federation, 241524, Bryansk region, Bryansk district, Michurinskiy, Berezovaya str., 2), ORCID: <https://orcid.org/org/0000-0003-3934-206X>, e-mail: rvi15@mail.ru

Timoshenko Elena Sergeevna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Scientific Researcher, Head of the department, All-Russian Research Institute of Lupine – the branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology (Russian Federation, 241524, Bryansk region, Bryansk district, Michurinskiy, Berezovaya str., 2), ORCID: <https://orcid.org/org/0000-0002-0283-8785>, e-mail: el.timo32@mail.ru

THE EFFECT OF CHEMICALS ON THE PHYTOSANITARY CONDITION OF SPRING RAPESEED CROPS IN THE ALTAI REGION

Saenko G. M., Serdyuk O. A.

*Federal Scientific Center V. S. Pustovoyt All-Russian Research Institute of Oil crops
Krasnodar, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: saenkogm@mail.ru

Received 28.03.2025

Submitted 02.06.2025

Summary

The article presents the results of a survey of spring rapeseed crops in Altai during chemical treatments against diseases and pests.

Abstract

Introduction. The article presents the results of phytosanitary monitoring of spring rapeseed crops in three districts of the Altai Territory. Data on the prevalence and development of diseases, as well as the intensity of damage to crops by insect pests, are shown. In all regions, there were differences in the incidence of diseases and insect damage to plants between areas of spring rapeseed where chemical preparations were treated and areas without it. **Object.** A variety of spring rapeseed of domestic breeding Outpost KL (FSBI FNC VNIIMK) and hybrids of foreign breeding: Bilder (BAYER) and INV 140 CL (BASF) in the Altai Territory. Diseases and insect pests of spring rapeseed were taken into account. **Materials and methods.** The survey of spring rapeseed crops was carried out in 2023-2024 in the Altai Territory. Diseases and pests were accounted for in the green pod phase. The prevalence of diseases and pest infestation of plants were determined according to generally accepted methods during route surveys of crops. **Results and conclusions.** During the examination of spring rapeseed crops, diseases and insect pests were detected in the fields without treatment and with the use of chemical plant protection products. The biological effectiveness of the use of fungicides and insecticides has been shown. The use of plant protection chemicals approved for use on spring rapeseed makes it possible to improve the phytosanitary situation in crops and preserve the future seed harvest.

Keywords: phytosanitary monitoring of crops, spring rapeseed, rapeseed diseases, insect pests, fungicides, insecticides, biological effectiveness of insecticides.

Citation. Saenko G. M., Serdyuk O. A. The effect of chemicals on the phytosanitary condition of spring rapeseed crops in the Altai region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 192-201 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-20.

Authors' contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

УДК 632.3:632.4:632.7

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ РАПСА ЯРОВОГО В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Саенко Г. М., кандидат биологических наук
Сердюк О. А., кандидат сельскохозяйственных наук

*Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт
масличных культур имени В. С. Пустовойта»
г. Краснодар, Российская Федерация*

Актуальность. В статье приведены результаты фитосанитарного мониторинга посевов рапса ярового в трех районах условиях Алтайского края. Показаны данные о распространенности и развитии болезней, а также интенсивности повреждения посевов насекомыми-вредителями. Во всех районах отмечены различия в пораженности болезнями и поврежденности растений насекомыми между участками рапса ярового, где проводилась обработка химическими препаратами, и участками без нее. **Объект.** Сорт ярового рапса отечественной селекции Форпост КЛ (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК) и гибриды зарубежной селекции: Билдер (BAYER) и ИНВ 140 КЛ (BASF) в условиях Алтайского края. Учитывали болезни и насекомых-вредителей рапса ярового. **Материалы и методы.** Обследование посевов рапса ярового проводили в 2023-2024 гг. в Алтайском крае. Учет болезней и вредителей проводили в фазе зеленого стручка. Распространенность болезней и заселенность растений вредителями определяли согласно общепринятым методикам при маршрутных обследованиях посевов. **Результаты и выводы.** При обследовании посевов рапса ярового были выявлены болезни и насекомые-вредители

на полях без обработки и с применением химических средств защиты растений. Показана биологическая эффективность применения фунгицидов и инсектицидов. Использование разрешенных к применению на рапсе яровом химических средств защиты растений позволяет улучшить фитосанитарную обстановку в посевах культуры и сохранить будущий урожай семян.

Ключевые слова: фитосанитарный мониторинг посевов, рапс яровой, болезни рапса, насекомые-вредители, фунгициды, инсектициды, биологическая эффективность инсектицидов.

Цитирование. Саенко Г. М., Сердюк О. А. Влияние химических препаратов на фитосанитарное состояние посевов рапса ярового в Алтайском крае. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 192-201. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-20.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Рапс яровой (*Brassica napus* L.) является одной из основных масличных культур. Масло, полученное из семян рапса, обладает уникальным биохимическим составом и используется не только в пищевых целях, но и в качестве биологического топлива, шрот используют в качестве источника корма для сельскохозяйственных животных, т.к. в нем содержится большое количество белка. Кроме этого, рапс используют в качестве сидеральной культуры [1, 2, 3].

Поражение растений рапса ярового в течение всей вегетации комплексом разных болезней, а также повреждение посевов насекомыми-вредителями является проблемой возделывания этой культуры в разных странах мира. Видовой состав возбудителей болезней, вредителей и их вредоносность могут отличаться в зависимости от агроэкологической зоны возделывания рапса [4, 5, 6]. Однако существуют болезни и вредители, которые значительно снижают качественные и количественные показатели урожая во всех регионах возделывания этой культуры. Из болезней в наибольшей степени снижают урожайность рапса ярового альтернариоз (возбудители – грибы рода *Alternaria* Nees.) и фузариозное увядание (возбудители – грибы рода *Fusarium* Link.). Поражение растений рапса этими болезнями снижает всхожесть семян на 30,0-60 %, масличность семян – на 4,0-7,0 %. Урожаю зеленой массы рапса наносит вред поражение растений пероноспорозом (возбудитель – грибоподобный организм *Hyaloperonospora brassicae* Gäum. Göker, Voglmayr, Riethm., Weiss & Oberw) [7, 8, 9].

К наиболее распространенным насекомым-вредителям рапса ярового относятся блоха крестоцветная черная (*Phyllotreta atra* L.), цветоед рапсовый (*Meligethes aeneus* F.), моль капустная (*Brevicoryne brassicae* L.). Поврежденность растений зависит от плотности вредителя и фазы вегетации рапса. Так, например, при плотности имаго цветоеда рапсового в фазе бутонизации культуры 4-5 экз./м² поврежденность бутонов может составлять 8,0-9,5 %, а в фазе цветения при увеличении плотности вредителя до 22-25 экз./м² значительно повышается и поврежденность растений – до 28,0-32,0 %, что приводит к значительным потерям урожая семян рапса [9].

Снижению вредоносности болезней и вредителей способствует своевременная обработка посевов рапса ярового химическими препаратами, что, тем не менее, не должно исключать мониторинга фитосанитарного состояния посевов рапса до обработки фунгицидами и инсектицидами и после нее.

Целью исследований являлась оценка фитосанитарного состояния рапса ярового в различных районах Алтайского края после проведения обработок посевов химическими препаратами.

Материалы и методы. Оценку фитосанитарного состояния посевов рапса осуществляли в 2023-2024 гг. в трех районах Алтайского края: Целинном, Ребрихинском и Троицком. В качестве объекта фитомониторинга служили сорт Форпост КЛ (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК) и гибриды Билдер (BAYER) и ИНВ 140 КЛ (BASF), выращиваемые для получения урожая семян.

Предшественниками рапса ярового в Целинном и Троицком районах был ячмень озимый, в Ребрихинском – разнотравье.

Обработка посевов сортов и гибридов рапса против болезней являлась профилактической с целью ограничить распространенность и развитие инфекционного начала патогенов. Посевы обрабатывали однократно фунгицидом с действующими веществами (д.в.): азоксистробин + тебуконазол (120+200 г/л) в фазе цветения.

Для снижения численности насекомых-вредителей применяли инсектициды: первая обработка – препарат с д.в. пиметрозин (500 г/кг), вторая обработка – с д.в. лямбда-цигалотрин (50 г/л) при появлении насекомых-вредителей в количестве, превышающем порог их вредоносности [9].

Учет пораженности болезнями и поврежденности насекомыми-вредителями посевов рапса проводили в фазе зеленого стручка через 21 сутки после обработки посевов фунгицидами и через 14 суток после второй обработки инсектицидами.

Распространенность болезней в посевах определяли по общепринятой формуле в изложении Г. М. Саенко [10]:

$$P = \frac{n}{N} 100 \%,$$

где P – распространенность болезни, %; n – количество больных растений в образце, шт.; N – общее количество учетных растений в образце, шт.

Распространенность болезней подразделяли на низкую, среднюю и высокую:

- низкая – поражено до 10 % растений в образце;
- средняя – поражено 11-50 % растений в образце;
- высокая – поражено 51 % растений в образце и более.

Степень поражения листьев рапса болезнями определяли с использованием шкалы:

- 0 – здоровые листья;
- 1 балл – поражено (покрыто пятнами) до 5 % поверхности листа;
- 2 балла – поражено от 5 до 25 %;
- 3 балла – поражено от 26 до 50 %;
- 4 балла – поражено от 51 до 75 %;
- 5 баллов – поражено свыше 75 %.

Интенсивность поражения стручков рапса альтернариозом осуществляли с помощью шкалы:

- 0 – здоровый стручок;
- 1 балл – некрозы занимают до 25 % поверхности стручка;
- 2 балла – некрозы занимают 26-50 % поверхности стручка;
- 3 балла – некрозы занимают 51-75 % поверхности стручка;
- 4 балла – некрозы занимают 76-100 % поверхности стручка.

Развитие болезней вычисляли по общепринятой формуле в изложении Г. М. Саенко [10]:

$$R = \frac{\sum(ab)}{N \cdot k} 100 \%,$$

где R – развитие болезни, %; $\sum(a \cdot b)$ – сумма произведений числа пораженных растений (a) на соответствующий им балл поражения (b); N – общее количество учетных растений (здоровых и больных) в образце; k – высший балл поражения.

Развитие болезни подразделяли на:

- низкое – до 10 %;
- слабое – 11-30 %;
- среднее – 31-60 %;
- сильное – 61 % и выше.

Определение интенсивности повреждения (поврежденности) посевов рапса насекомыми-вредителями проводили по шкале [9].

- 0 – поврежденность отсутствует,
- 1 балл – слабая поврежденность (повреждено до 5 % растений),
- 2 балла – заметная поврежденность (повреждено от 6 до 25 % растений),
- 3 балла – средняя поврежденность (повреждено от 26 до 50 % растений),
- 4 балла – сильная поврежденность (повреждено от 51 до 75 % растений),
- 5 баллов – очень сильная поврежденность (повреждено от 76 до 100 % растений).

Обработку посевов сортов и гибридов рапса ярового проводили по схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта по применению химических препаратов, Алтайский край, 2023-2024 гг.
Table 1 – Scheme of experience in the use of chemicals, Altai region, 2023-2024

Район / District	Сорт/гибрид / Variety/hybrid	Группа препаратов / Group of drugs	Препарат (д.в.) / Active substance	Норма расхода препарата / The rate of drug con- sumption л/га, г/га / l/ha, g/ha	Кратность обработок / The multiplicity of treat- ments
Целинный / Celinniy	ИНВ-140 КЛ / INV-140 KL	Фунгициды / Fungicides	Азоксистробин + тебуконазол / Azoxytobine + tebuconazole (120+200 г/л)	1,0	1
		Инсектициды / Insecticides	Пиметрозин / Pimetrozine (500 г/кг)	0,15	1
			Лямбда-цигалотрин / Lambda cyhalothrin (50 г/л)	0,15	1
Ребрихинский / Rebrihinsky	Форпост КЛ / Forpost KL	Фунгициды / Fungicides	Азоксистробин + тебуконазол / Azoxytobine + tebuconazole (120+200 г/л)	1,0	1
		Инсектициды / Insecticides	Пиметрозин / Pimetrozine (500 г/кг)	0,15	1
			Лямбда-цигалотрин / Lambda cyhalothrin (50 г/л)	0,15	1
	Билдер / Bilder	Фунгициды / Fungicides	Азоксистробин + тебуконазол (120+200 г/л)	1,0	1
		Инсектициды / Insecticides	Пиметрозин / Pimetrozine (500 г/кг)	0,15	1
			Лямбда-цигалотрин / Lambda cyhalothrin (50 г/л)	0,15	1
Троицкий / Troitskiy	Форпост КЛ / Forpost KL	Фунгициды / Fungicides	Азоксистробин + тебуконазол (120+200 г/л)	1,0	1
		Инсектициды / Insecticides	Пиметрозин / Pimetrozine (500 г/кг)	0,15	1
			Лямбда-цигалотрин / Lambda cyhalothrin (50 г/л)	0,15	1

Биологическую эффективность фунгицидов рассчитывали по показателям развития болезней, с использованием формулы [11]:

$$C = \frac{K - O}{K} \cdot 100 \%$$

где: С – биологическая эффективность фунгицида, %; К – развитие болезни в контроле (без обработки), %;
О – развитие болезни в варианте после обработки, %.

Оценку биологической эффективности инсектицидов проводили по общепринятой формуле [12]:

$$\mathcal{E} = \frac{a - b}{a} \cdot 100 \%,$$

где: $\mathcal{E}$ – биологическая эффективность, %; a – поврежденность растений в контроле, %; b – поврежденность растений в варианте, %.

Биологическую эффективность (БЭ) фунгицидов и инсектицидов подразделяли на высокую, среднюю и низкую:

- низкая биологическая эффективность – до 50 %;
- средняя биологическая эффективность – 51-75 %;
- высокая биологическая эффективность – 76 % и выше.

Результаты. При обследовании фитосанитарного состояния посевов рапса ярового в 2023-2024 гг. во всех районах обследования выявлено поражение стручков растений альтернариозом, нижних и средних листьев – пероноспорозом.

Пероноспороз в годы исследований не являлся вредоносной болезнью, т.к. интенсивное развитие болезни и увеличение некрозов на листьях произошло в фазе зеленого стручка, когда будущий урожай семян рапса был уже сформирован (рисунок 1). Симптомы болезни не выявлялись на стеблях и стручках рапса ярового.



Рисунок 1 – Некрозы на листе рапса ярового, вызванные возбудителем пероноспороза (грибоподобный организм *Hyaloperonospora brassicae* Gäum. Göker, Voglmayr, Riethm., Weiss & Oberw) (оригинал)

Figure 1 – Necrosis on a leaf of spring rapeseed caused by the causative agent of peronosporosis (the mushroom-like organism *Hyaloperonospora brassicae* Gäum. Göker, Voglmayr, Riethm., Weiss & Oberw) (original)

Симптомы альтернариоза отмечены на стручках растений рапса ярового в разной степени, от 1 до 4 баллов (рисунок 2).



Рисунок 2 – Некрозы на стручках рапса ярового, вызванные возбудителями альтернариоза (грибы рода *Alternaria* Nees.) (оригинал)

Figure 2 – Necrosis on spring rapeseed pods caused by alternariasis pathogens (Fungi of the genus *Alternaria* Nees.) (original)

Установлено, что распространенность альтернариоза на всех участках была средней, составив в контрольных вариантах 28,0-35,0 %, на участках, обработанных фунгицидом с д.в. азоксистробин + тебуконазол (120 + 200 г/л), 10,0-15,0 % (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние фунгицида с действующими веществами азоксистробин + тебуконазол (120 + 200 г/л) на распространенность (P, %) и развитие (R, %) альтернариоза в посевах рапса ярового, Алтайский край, 2023-2024 гг.

Table 2 – Effect of the fungicide with active ingredients azoxystrobin + tebuconazole (120 + 200 g/l) on the prevalence (P, %) and development (R, %) of alternariasis in spring rapeseed crops, Altai region, 2023-2024

Район / District	Сорт/гибрид / Variety/hybrid	Вариант / Option	Альтерналириоз / Alternariosis	
			P, %	R, %
Целинный / Celinniy	ИНВ-140 КЛ / INV-140 KL	Контроль (б/о) / Control (no processing)	35,0	24,5
		Препарат / chemical preparation	15,0	3,5
Ребрихинский / Rebrikhinsky	Форпост КЛ / Forpost KL	Контроль (б/о) / Control (no processing)	28,0	16,5
		Препарат / chemical preparation	12,0	2,6
	Билдер / Bilder	Контроль (б/о) / Control (no processing)	32,0	18,4
		Препарат / chemical preparation	15,0	3,2
Троицкий / Troitskiy	Форпост КЛ / Forpost KL	Контроль (б/о) / Control (no processing)	30,0	19,4
		Препарат / chemical preparation	10,0	2,5

Однако разница в развитии болезни между контролем и вариантом с обработкой посева препаратом была значительной на всех обследованных сортах и гибридах: в контрольных вариантах оно было слабым и варьировало от 16,5 до 24,5 %, а на участках с фунгицидом – низким и не превысило 3,5 %.

Некрозы, вызванные возбудителями болезни, на большинстве пораженных стручках растений, где проводили обработку посевов, занимали от 25 % поверхности стручков, что соответствует 1 баллу шкалы пораженности. На участках рапса без обработки фунгицидом отмечены стручки с разной степенью пораженности, в том числе и 4 балла, т.е. полностью сгнившие, с черным налетом, состоящим из спор и мицелия патогенов на поверхности больных стручков.

На основании данных по развитию альтернариоза рассчитана биологическая эффективность фунгицида с д.в. азоксистробин + тебуконазол (120 + 200 г/л), которая была высокой во всех районах на сортах и гибридах, составив 82,6-87,1 % (рисунок 3).

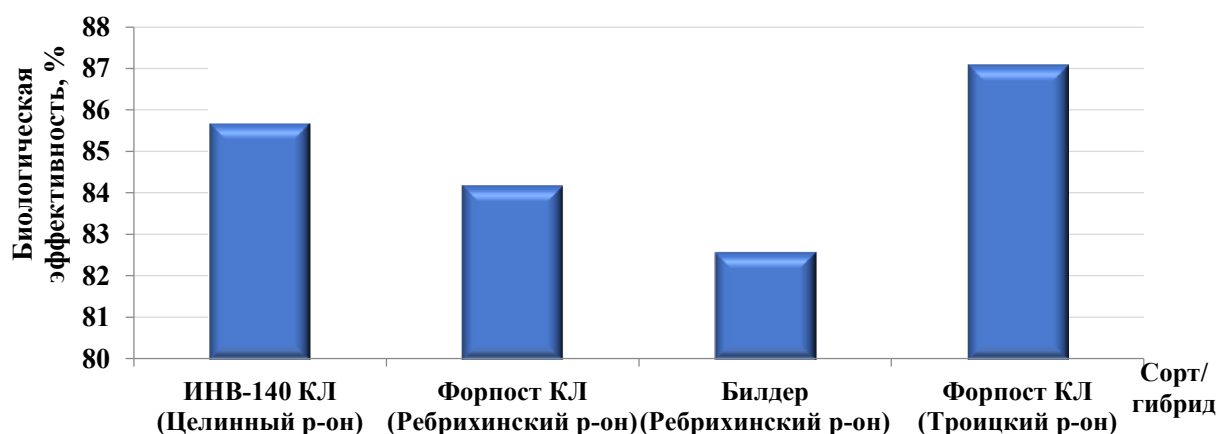


Рисунок 3 – Биологическая эффективность фунгицида с действующими веществами азоксистробин + тебуконазол (120 + 200 г/л) против альтернариоза в посевах рапса ярового, Алтайский край, 2023-2024 гг.

Figure 3 – Biological efficacy of a fungicide with active ingredients azoxystrobin + tebuconazole (120 + 200 g/l) against alternariasis in spring rapeseed crops, Altai region, 2023-2024

Результатом профилактической обработки посевов сортов и гибридов рапса фунгицидом являлось отсутствие признаков поражения болезнями растений (рисунок 4).



а



б

Рисунок 4 – Здоровые растения рапса ярового при своевременной обработке посева фунгицидом (оригинал): а) стручки; б) листья

Figure 4 – Healthy spring rapeseed plants with timely treatment of sowing with a fungicide (original): a) pods; b) leaves

При проведении учета численности насекомых-вредителей, а также поврежденности ими посевов рапса в фазе зеленого стручка на участках, обработанными инсектицидами, отмечены цветоножки без стручков, что является следствием питания цветоеда рапсового и моли капустной в фазе бутонизации и цветения. Однако живые имаго и личинки этих насекомых в фазе зеленого стручка не выявлены за исключением посева гибрида ИНВ-140 КЛ в Целинном районе, где обнаружены единичные экземпляры жуков цветоеда рапсового (рисунок 5, таблица 3).

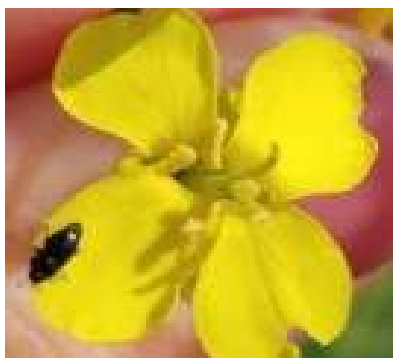


Рисунок 5 – Цветоед рапсовый (*Meligethes aeneus* F.) на растении рапса ярового (оригинал)

Figure 5 – Rapeseed flower eater (*Meligethes aeneus* F.) on a spring rapeseed plant (original)

В Троицком районе в посевах рапса ярового сорта Форпост КЛ в единичных случаях на нижней стороне листьев зафиксированы погибшие куколки моли капустной (рисунок 6).



Рисунок 6 – Погибшая куколка моли капустной (*Brevicoryne brassicae* L.) на нижней стороне листа рапса ярового (оригинал)

Figure 6 – Dead pupa of the cabbage moth (*Brevicoryne brassicae* L.) on the underside of a leaf of spring rape (original)

В сравнении с участками, где применяли комплекс инсектицидов, в контрольных вариантах численность имаго цветоеда рапсового составила 2-4 экз./раст., моли капустной – 5-10 экз./раст. (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние двукратной обработки инсектицидами на численность насекомых-вредителей и поврежденность ими посевов рапса ярового, Алтайский край, 2023-2024 гг.

Table 3 – The effect of double insecticide treatment on the number of insect pests and their damage to spring rape crops, Altai region, 2023-2024

Район / District	Сорт/гибрид / Variety/hybrid	Вариант / Option	Численность / Number		Поврежденность посева / Crop damage, %
			Цветоед рапсовый / Rapeseed flower eater	Моль капустная / Cabbage moth	
Целинный / Celinn	ИНВ-140 КЛ / INV-140 KL	Контроль (б/о) / Control (no processing)	4	10	85,0
		Пиметрозин / Pimetrozine (500 г/кг)	0,02	0	10,0
		Лямбда-цигалотрин / (Lambdacyhalothrin (50 г/л)			
Ребрихинский / Rebrihinsky	Форпост КЛ / Forpost KL	Контроль (б/о) / Control (no processing)	2	5	76,0
		Пиметрозин / Pimetrozine (500 г/кг)	0	0	8,0
		Лямбда-цигалотрин / Lambda cyhalothrin (50 г/л)			
	Билдер / Bilder	Контроль (б/о) / Control (no processing)	3	7	80,0
		Пиметрозин / Pimetrozine (500 г/кг)	0	0	12,0
		Лямбда-цигалотрин / Lambda cyhalothrin (50 г/л)			
Троицкий / Troitskiy	Форпост КЛ / Forpost KL	Контроль (б/о) / Control (no processing)	3	8	82,0
		Пиметрозин / Pimetrozine (500 г/кг)	0	0	14,0
		Лямбда-цигалотрин / Lambda cyhalothrin (50 г/л)			

Установлено, что поврежденность посевов рапса ярового, не обработанных инсектицидными препаратами, во всех районах обследования составила 4-5 баллов, а количество поврежденных комплексом вредителей растений варьировало от 74 до 85 %.

В вариантах с двукратной обработкой рапса инсектицидами поврежденность посевов составила 8,0-14,0 %, что соответствует 2 баллам шкалы интенсивности повреждения посевов насекомыми-вредителями.

Биологическая эффективность комплекса использованных инсектицидов была высокой, составив 83,0-89,4 % (рисунок 7).

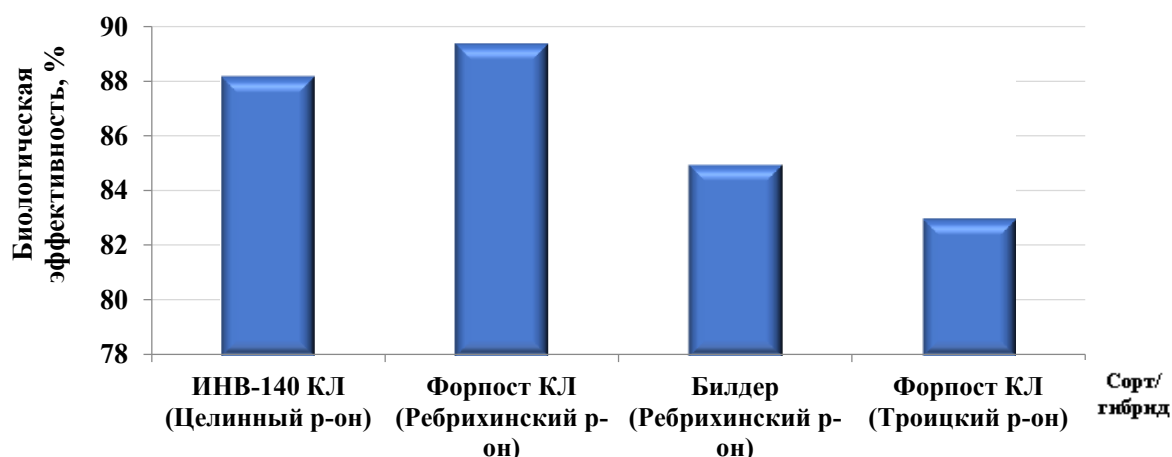


Рисунок 7 – Биологическая эффективность двукратного применения инсектицидов с действующими веществами пиметрозин (500 г/кг) и лямбда-цигалотрин (50 г/л) против комплекса насекомых-вредителей в посевах рапса ярового, Алтайский край, 2023-2024 гг.

Figure 7 – Biological efficacy of double application of insecticides with active ingredients pimethrosine (500 g/kg) and lambda-cyhalothrin (50 g/l) against a complex of insect pests in spring rapeseed crops, Altai region, 2023-2024.

Выводы. В 2023-2024 гг. в Алтайском крае выявлено поражение сортов и гибридов рапса ярового отечественной и зарубежной селекции альтернариозом и пероноспорозом, а также повреждение растений цветоедом рапсовым и молью капустной.

Пероноспороз не наносил вреда семенам рапса, некрозы отмечались только на листьях культуры. Возбудители альтернариоза, попадая на стручки рапса, проникали внутрь, тем самым вызвали гниение и гибель семян.

Обработка рапса ярового фунгицидом и комплексом инсектицидов способствовала эффективному снижению пораженности болезнями и поврежденности насекомыми-вредителями посевов культуры. Биологическая эффективность фунгицида с д.в. азоксистробин + тебуконазол (120 + 200 г/л) и комплекса инсектицидов с д.в. пиметрозин (500 г/кг) и лямбда-цигалотрин (50 г/л) была высокой, составив 82,6-87,1 и 83,0-89,4 % соответственно.

Conclusions. In 2023-2024, the Altai region revealed the defeat of spring rapeseed varieties and hybrids of domestic and foreign breeding by alternariasis and peronosporosis, as well as damage to plants by the rapeseed beetle and cabbage moth. Peronosporosis did not harm rapeseed seeds, necrosis was noted only on the leaves of the crop. The causative agents of alternariasis, getting on rapeseed pods, penetrated inside, thereby causing rotting and death of seeds. The treatment of spring rapeseed with a fungicide and a complex of insecticides contributed to an effective reduction in the incidence of diseases and insect damage to crops. The biological efficacy of the fungicide with D.V. azoxystrobin + tebuconazole (120 + 200 g/l) and the complex of insecticides with D.V. pimethrosine (500 g/kg) and lambda-cyhalothrin (50 g/l) was high, amounting to 82.6-87.1 and 83.0-89.4 %, respectively.

Библиографический список

1. Woźniak E., et al. The Rapeseed Potential in Poland and Germany in the Context of Production, Legislation, and Intellectual Property Rights. *Front Plant Sci.* 2019. № 10.
2. Forleo M. B., et al. The eco-efficiency of rapeseed and sunflower cultivation in Italy. Joining environmental and economic assessment. *Journal of Cleaner Production.* 2018. V. 172 (20). Pp. 3138-3153.
3. Malça J., Coelho A., Freire F. Environmental life-cycle assessment of rapeseed-based biodiesel: Alternative cultivation systems and locations. *Applied Energy.* 2014. V. 114 (20). Pp. 837-844.
4. Бакина Е. П. Группы экологических эквивалентов возбудителей болезней рапса ярового в Курганской области. Наука в исследованиях молодежи – 2022: сборник статей по материалам студенческой научной конференции. Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева, 2022. Т. 2. С. 11-15.
5. Михина Н. Г., Бухонова Ю. В. Мониторинг вредителей и болезней рапса и горчицы. Защита и карантин растений. 2022. № 8. С. 17-23.
6. Лукомец В. М. и др. Защита посевов рапса от болезней, вредителей и сорняков. Краснодар, 2012. 204 с.
7. Serdyuk O. A., Trubina V. S., Gorlova L. A. Effect of Fusarium blight, Phoma rot, and Sclerotinia blight on rapeseed and mustard plant productivity. *Inter. Scien. and Pract. Conf. "Innovative Technologies in Agriculture" (ITIA 2022).* 2022. V. 47. 05003.
8. Serdyuk O. A., Trubina V. S., Gorlova L. A. The breeding of spring rapeseed and brown mustard for resistance to Fusarium blight. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2021. 012027.

9. Лукомец В. М. и др. Вредные организмы в посевах рапса и меры борьбы с ними. Краснодар, Просвещение-Юг, 2020. 215 с.

10. Саенко Г. М. Фитосанитарный мониторинг сои на Дальнем Востоке. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, 2022. № 4 (68). С. 128-140.

11. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, феромонов, моллюскоцидов и родентицидов в растениеводстве. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 508 с.

12. Лукомец В. М. и др. Насекомые – вредители масличных культур. Краснодар, 2020. 248 с.

References

1. Woźniak E., et al. The Rapeseed Potential in Poland and Germany in the Context of Production, Legislation, and Intellectual Property Rights. *Front Plant Sci.* 2019. № 10.

2. Forleo M. B., et al. The eco-efficiency of rapeseed and sunflower cultivation in Italy. Joining environmental and economic assessment. *Journal of Cleaner Production.* 2018. V. 172 (20). Pp. 3138-3153.

3. Malça J., Coelho A., Freire F. Environmental life-cycle assessment of rapeseed-based biodiesel: Alternative cultivation systems and locations. *Applied Energy.* 2014. V. 114 (20). Pp. 837-844.

4. Bakina E. P. Groups of Ecological Equivalents of Spring Rapeseed Pathogens in the Kurgan Region. *Science in Youth Studies – 2022: Collection of Articles on the Materials of the Student Scientific Conference.* Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy named after T. S. Maltsev, 2022. V. 2. Pp. 11-15.

5. Mikhina N. G., Bukhonova Y. V. Monitoring of pests and diseases of rapeseed and mustard. *Plant protection and quarantine.* 2022. № 8. Pp. 17-23.

6. Lukomets V. M. et al. Protection of rapeseed crops from diseases, pests and weeds. *Krasnodar, 2012.* 204 p.

7. Serdyuk O.A., Trubina V. S., Gorlova L. A. Effect of Fusarium blight, Phoma rot, and Sclerotinia blight on rapeseed and mustard plant productivity. *Inter. Scien. and Pract. Conf. "Innovative Technologies in Agriculture" (ITIA 2022).* 2022. V. 47. 05003.

8. Serdyuk O. A., Trubina V. S., Gorlova L. A. The breeding of spring rapeseed and brown mustard for resistance to Fusarium blight. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2021. 012027.

9. Lukomets V. M. et al. Harmful organisms in rapeseed crops and measures to control them. *Krasnodar, Prosveshchenie-Yug, 2020.* 215 p.

10. Saenko G. M. Phytosanitary monitoring of soybeans in the Far East. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education, 2022.* № 4 (68). Pp. 128-140.

11. Guidelines for registration tests of insecticides, acaricides, pheromones, molluscicides and rodenticides in crop production. *Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2022.* 508 p.

12. Lukomets V. M. et al. Insects – pests of oilseeds. *Krasnodar, 2020.* 248 p.

Информация об авторах

Саенко Галина Михайловна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (Российская Федерация, 350038, г. Краснодар, ул. Филатова, 17), e-mail: saenkogm@mail.ru

Сердюк Оксана Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (Российская Федерация, 350038, г. Краснодар, ул. Филатова, 17), e-mail: oserduk@mail.ru

Authors' Information

Saenko Galina Mikhailovna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Federal Scientific Center V. S. Pustovoyt All-Russian Research Institute of Oilseeds (Russian Federation, 350038, Krasnodar, Filatov Str., 17), e-mail: saenkogm@mail.ru

Serdyuk Oksana Anatolyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Scientific Center V. S. Pustovoyt All-Russian Research Institute of Oilseeds (Russian Federation, 350038, Krasnodar, Filatov Str., 17), e-mail: oserduk@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-21

THE DEPENDENCE OF THE PREVALENCE AND THE DEVELOPMENT OF ALTERNARIA BLIGHT ON BROWN MUSTARD ON METEOROLOGICAL FACTORS

Serdyuk O. A.

*V. S. Pustovoyt All-Russian Research Institute of Oil Crops
Krasnodar, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: oserduk@mail.ru

Received 24.02.2025

Submitted 30.05.2025

Summary

The article presents the results of studying the dependence of the prevalence and development of Alternaria blight on brown mustard on weather factors using simple and multiple correlation methods. The results of the studies showed that this dependence is positive (direct) and has a linear character. The variation of prevalence and development of Alternaria blight on mustard is related to the effect of average daily temperature and relative humidity by 90.0 % and to other factors by 10.0 %.

Abstract

Introduction. The environment, i.e. weather factors such as humidity, air temperature, wind speed, etc., plays a decisive role in plant infection, incubation period, spore dispersal of pathogens and plant susceptibility. Air temperature and humidity have the strongest influence on the prevalence and development of diseases. The aim of our study was to determine the relationship between the prevalence and development of Alternaria blight on brown mustard plants and meteorological factors: average daily temperature and rela-

tive humidity in the steppe zone of the Western Ciscaucasia. **Object.** Brown mustard variety Nika (bred at V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops). **Materials and methods.** The research was conducted in 2018-2020 at the second branch of V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (Oktjabrsky village, Krasnodar). Recordings of brown mustard plants affected by *Alternaria* blight were made every 7-9 days. The prevalence and development of the disease were calculated. The close relationship between the prevalence and development of *Alternaria* blight on brown mustard and meteorological factors (average daily temperature and relative humidity) was determined using simple and multiple correlation methods. **Results and conclusions.** A strong dependence of the prevalence and development of *Alternaria* blight on brown mustard on the complex of meteorological factors: average daily temperature and relative humidity was established. This dependence is positive (direct) and linear. The multiple correlation coefficient R between the prevalence and a set of studied weather factors, as well as between the development of the disease and these weather factors amounted to 0.95. Indicators of the multiple coefficients of determination R^2 indicate that the variation of prevalence and development of *Alternaria* blight on mustard is related to the effect of average daily temperature and relative humidity by 90.0 % and to other factors by 10.0 %.

Keywords: *Brassica juncea* L., *Sarepta* mustard, *Alternaria*, mustard diseases, mustard varieties, mustard cultivation conditions.

Citation. Serdyuk O. A. The dependence of the prevalence and the development of *Alternaria* blight on brown mustard on meteorological factors. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 201-209 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-21.

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Author of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

УДК 632.92: 632.911.4

ЗАВИСИМОСТЬ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ И РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАРИОЗА НА ГОРЧИЦЕ САРЕПТСКОЙ ОТ ПОГОДНЫХ ФАКТОРОВ

Сердюк О. А., кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта»
г. Краснодар, Российская Федерация

Актуальность. Определяющую роль в заражении растений, продолжительности инкубационного периода, рассеивании спор возбудителей болезней и восприимчивости растений играет окружающая среда, а именно погодные факторы: влажность, температура воздуха, скорость ветра и др. Наиболее сильное влияние на распространенность и развитие болезней оказывают температура и влажность воздуха. Целью нашего исследования являлось определение зависимости между распространенностью и развитием альтернариоза на растениях горчицы сарептской и погодными факторами: среднесуточной температурой и относительной влажностью воздуха в условиях степной зоны Западного Предкавказья. **Объект.** Сорт горчицы сарептской Ника (селекция ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК). **Материалы и методы.** Исследования проводили в 2018-2020 гг. на втором отделении ВНИИМК (х. Октябрьский г. Краснодар). Учеты поражения растений горчицы сарептской альтернариозом проводили 1 раз в 7-9 суток. Рассчитывали распространенность и развитие болезни Тесноту связи между распространенностью, развитием альтернариоза на горчице сарептской и метеорологическими факторами (среднесуточной температурой и относительной влажностью воздуха) определяли с использованием методов простой и множественной корреляции. **Результаты и выводы.** Установлена сильная зависимость распространенности и развития альтернариоза на горчице сарептской от комплекса погодных факторов: среднесуточной температуры и относительной влажности воздуха. Эта зависимость является положительной (прямой) и носит линейный характер. Множественный коэффициент корреляции R между распространенностью и совокупностью изученных погодных факторов, а также между развитием болезни и этими погодными факторами составил 0,95. Показатели множественного коэффициента детерминации R^2 свидетельствуют о том, что вариация распространенности и развития альтернариоза на горчице на 90,0 % связана с действием среднесуточной температуры и относительной влажности воздуха и на 10,0 % – других факторов.

Ключевые слова: горчица сарептская, альтернариоз, болезни горчицы, сорта горчицы, условия возделывания горчицы.

Цитирование. Сердюк О. А. Зависимость распространенности и развития альтернариоза на горчице сарептской от погодных факторов. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 201-209. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-21.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Интенсивность распространенности и развития болезней растений зависит от трех составляющих: восприимчивого растения, вирулентного патогена и условий окружающей среды. Определяющую роль в заражении растений, продолжительности инкубационного периода, рассеивании спор возбудителей болезней и восприимчивости растений играет окружающая среда, а именно погодные факторы: влажность, температура воздуха, скорость ветра и др. (Gadre U. A., Joshi M. S., Mandokhot A. M. Effect of weather factors on the incidence of *Alternaria* leaf blight, white rust and powdery mildew of mustard. *Annals of Plant Protection Sciences*. 2002. V 10. I. 2. pp. 337-339; Hill S. N., Hausbeck M. K. Factors Influencing Airborne Conidial Concentrations of *Alternaria panax* in Cultivated American Ginseng Gardens. *Plant Disease*. 2009. V. 93 (12). pp. 1311-1316).

Наиболее сильное влияние на распространенность и развитие болезней оказывают температура и влажность воздуха. Повышение уровня влажности облегчает процесс заражения растений патогенами, температура воздуха ускоряет или замедляет его. Если температура отклоняется от оптимальной для жизнедеятельности возбудителя, то распространенность и развитие болезни могут приостановиться, если же она неблагоприятная для роста растений, то интенсивность их поражения возрастает. Остальные абиотические факторы (свет, ветер, атмосферное давление) часто только корректируют влияние тепла и влаги [1-3].

Исследования по изучению зависимости распространенности и развития патогенов от погодных условий проводятся в отношении разных вредоносных болезней, например, альтернариоза, который вызывают грибы рода *Alternaria* Nees (Gaetan S. A., Madia de Chaluat M. S. La mancha negra de la hoja (*Alternaria brassicicola* (Schw.) Wilt.) en cultivos de colza conola de Buenos Aires y Santa Fe, Argentina. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*. 1998. V. 24. No 3. pp. 573-580).

Альтернариоз поражает большинство сельскохозяйственных культур во всем мире, в том числе и горчицу сарептскую (*Brassica juncea* L.) [4-6]. В результате жизнедеятельности возбудителей болезни, грибов рода *Alternaria* Nees, на всех надземных органах растений образуются сухие некрозы, покрывающиеся во влажную погоду спороношением патогенов. Некрозы на стеблях горчицы сарептской не наносят вреда, т.к. мицелий не проникает внутрь тканей. Вместе с тем при поражении альтернариозом листьев уменьшаться их ассимиляционная поверхность, что приводит к снижению фотосинтетической активности растений. При попадании инфекции на стручки поражаются семена горчицы, что ведет к снижению их качества, а часто и гибели [7-10]. Так, при поражении растений культуры грибом *Alternaria brassicae* (Berk.) Sacc потери урожая семян могут составлять до 70 % [11]. При поражении стручков мицелий может глубоко проникать в зародыш семян, в результате чего они недоразвиты и всхожесть их снижается на 30,0-46,0 %, а масличность – на 0,9-2,0 % соответственно в зависимости от фазы вегетации, в которую были поражены растения [6].

Индийскими учеными установлена положительная корреляция между развитием альтернариоза на листьях горчицы сарептской и следующими показателями: максимальной и минимальной температурой, скоростью ветра, испарением; отрицательная – с утренней и вечерней относительной влажностью воздуха и количеством выпавших осадков [12].

Целью нашего исследования являлось определение зависимости между распространенностью и развитием альтернариоза на растениях горчицы сарептской и погодными факторами: среднесуточной температурой и относительной влажностью воздуха в условиях степной зоны Западного Предкавказья.

Материалы и методы. Исследования проводили на горчице сарептской сорт Ника селекции ВНИИМК в 2018-2020 гг. на втором отделении ВНИИМК (х. Октябрьский г. Краснодар). В посевах отбирали 10 учетных площадок в шахматном порядке и осматривали на них по 10 растений. Учеты поражения растений горчицы сарептской альтернариозом проводили 1 раз в 7-9 суток, начиная с фазы 2-4 пары настоящих листьев.

Определяли распространенность болезни, которая является количественным показателем болезни (Драховская М. Д. Прогноз в защите растений. М.: Сельхозлитература, 1962. С. 168-173.):

$$P = \frac{n}{N} 100 \% , \quad (1)$$

где P – распространенность болезни, %; n – количество пораженных органов растений на площадке, шт.; N – общее количество учитываемых органов растений на площадке, шт.

При проведении учетов использовали визуальную шкалу степени поражения стручков горчицы сарептской альтернариозом:

- 0 – стручок без некрозов;
- 1 балл – до 25 % поверхности органа растения покрыто некрозами;
- 2 балла – от 26 до 50 % поверхности органа растения покрыто некрозами;
- 3 балла – от 51 до 75 % поверхности органа растения покрыто некрозами;
- 4 балла – свыше 75 % поверхности органа растения покрыто некрозами.

Используя данные приведенной шкалы, рассчитывали качественный показатель – развитие болезни (Драховская М. Д. Прогноз в защите растений. М.: Сельхозлитература, 1962. С. 168-173.):

$$R = \frac{\Sigma(a \cdot b)}{N \cdot k} 100 \%, \quad (2)$$

где R – развитие болезни, %; $\Sigma(a \cdot b)$ – сумма произведений числа пораженных растений (a) на соответствующий им балл поражения (b); N – общее количество учетных растений или органов растений; k – высший балл поражения растений.

Тесноту связи между распространенностью, развитием альтернариоза на горчице сарептской и метеорологическими факторами (среднесуточной температурой и относительной влажностью воздуха) определяли с использованием методов простой и множественной корреляции.

При анализировании связи признаков с применением метода простой корреляции рассматривались следующие пары признаков (выборка n составляла 10 учетов по каждой паре признаков):

- распространенность болезни и среднесуточная температура воздуха (r_1);
- распространенность болезни и относительная влажность воздуха (r_2);
- развитие болезни и среднесуточная температура воздуха (r_3);
- развитие болезни и относительная влажность воздуха (r_4);
- среднесуточная температура воздуха и относительная влажность воздуха (r_5).

В ходе анализа находили коэффициенты простой корреляции r, которые указывают на тесноту связи двух признаков. При $r < 0,3$ корреляционная зависимость между признаками слабая, $r = 0,3-0,7$ – средняя, а при $r > 0,7$ – сильная. Для доказательства достоверности данных вычисляли стандартную ошибку s_r и критерий существенности коэффициентов корреляции t_r (коэффициент Стьюдента). Также определяли критическое значение коэффициентов простой корреляции при данных степенях свободы – коэффициент корреляции r -Пирсона, который указывает на силу линейной взаимосвязи между двумя признаками.

Метод множественной корреляции применяли при изучении совместного влияния погодных факторов на распространенность и развитие альтернариоза на горчице сарептской. В ходе анализа находили:

- множественный коэффициент корреляции R ($R_{y1 \cdot xz}$ и $R_{y2 \cdot xz}$) – показывает тесноту линейной связи между одним из признаков (буква индекса перед точкой) и совокупностью двух других признаков (буквы индекса после точки);

- множественный коэффициент детерминации R^2 ($R^2_{y1 \cdot xz}$ и $R^2_{y2 \cdot xz}$) – указывает на долю вариации зависимой переменной под воздействием других факторов.

В качестве функции y_1 рассматривали распространенность, в качестве функции y_2 – развитие альтернариоза. В качестве аргумента x рассматривали среднесуточную температуру, аргумента z – относительную влажность воздуха. Достоверность полученных показателей оценивали с использованием критерия Фишера F, который применяют для проверки равенства дисперсий двух выборок. Критерий Фишера при использовании дисперсионного анализа позволяет оценивать значимость факторов и их взаимодействия (Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки). М.: Агропромиздат, 1988. 352 с.).

Выделение патогенов в чистую культуру из пораженных болезнью тканей растений проводили в лабораторных условиях по общепринятым методикам (Методы фитопатологии / З. Кирай, З. Клемент, Ф. Шоймоши, Й. Вереш. Перевод С. В. Васильевой, Ю. Т. Дьякова, С. Н. Лекомцевой. М.: Колос, 1974. С. 178-191). Выделенные изоляты патогенов идентифицировали по определителю Simmons E. G. (2007) с использованием микроскопа Motic BA300 при увеличении 400x (Simmons, E. G. *Alternaria*. An Identification Manual. The Netherlands, Utrecht: CBS., 2007. 775 pp.).

Результаты и обсуждение. Первые симптомы поражения растений горчицы сарептской альтернариозом отмечены в фазе стеблевания в виде темно-коричневых, почти черных округлых зональных пятен (некрозов) диаметром от 1 до 30 мм на листьях. Вокруг пятен наблюдался желтый или светло-зеленый ореол (рисунок 1).



Рисунок 1 – Симптомы альтернариоза (возбудители *Alternaria* spp.) на листе горчицы сарептской (оригинал)
Figure 1 – Symptoms of Alternaria leaf spot (caused by *Alternaria* spp.) on a leaf of brown mustard (original)

Эти некрозы являлись источником вторичной инфекции для генеративных органов культуры, и в фазе физиологической спелости признаки проявления болезни отмечались на стручках с разной распространенностью и степенью поражения (рисунок 2).



Рисунок 2 – Некрозы, вызванные возбудителями альтернариоза грибами *Alternaria* spp., на стручках горчицы сарептской со степенью поражения 1-4 балла (оригинал)
Figure 2 – Necrosis caused by the *Alternaria* spp. fungi on mustard pods with a damage level of 1-4 points (original)

В дни проведения учетов распространенности и развития альтернариоза на горчице во все годы исследований фиксировали среднесуточную температуру и относительную влажность воздуха (таблица 1).

Установлено, что относительная влажность воздуха в начале вегетации культуры в годы исследований была невысокой, составив 52-58 %. В этот период распространенность альтернариоза не превысила 20 %, а развитие болезни – 14 %.

При дальнейшем устойчивом повышении среднесуточной температуры (в среднем до 24,4-24,6 °C) и относительной влажности воздуха, превышающей 60 % (63-71 %) в течение вегетации горчицы сарептской распространенность и развитие альтернариоза увеличивались до высоких показателей (в среднем по годам исследования 80 и 38 % соответственно). Резкое увеличение элементов учета болезни отмечено при проведении третьего учета, когда относительная влажность воздуха увеличилась от 58 до 70 %. Среднесуточная температура воздуха за этот период увеличилась незначительно (на 3,7 °C).

Таблица 1 – Погодные факторы, распространенность (P, %) и развитие (R, %) альтернариоза на горчице сарептской, 2018-2020 гг.

Table 1 – Weather factors, prevalence (P, %) and development (R, %) of Alternaria blight on brown mustard, 2018-2020

n*	Погодный фактор / Weather factor		Элемент учета болезни / Disease Record Element	
	Среднесуточная температура воздуха, °C / Average daily air temperature, °C	Относительная влажность воздуха, % / Relative humidity, %	P, %	R, %
1	13,7	52	0	0
2	15,8	58	20	14
3	17,4	70	50	25
4	16,8	64	50	25
5	19,2	65	50	25
6	23,5	68	60	30
7	22,2	67	60	30
8	24,6	71	80	38
9	24,4	67	80	38
10	22,8	63	80	38

*n – выборка составляла 10 учетов по каждой паре признаков

*n – the sample consisted of 10 counts for each pair of characteristics

Статистическая обработка данных показала, что коэффициент простой корреляции между распространенностью болезни (y_1) и среднесуточной температурой воздуха (x) r_1 составил в среднем по трем годам 0,91 (корреляционная зависимость сильная), между распространенностью болезни (y_1) и относительной влажностью воздуха (z) r_2 – 0,81 (корреляционная зависимость так же сильная) (таблица 2).

Таблица 2 – Коэффициент простой корреляции и критическое значение коэффициента корреляции (r-Пирсона) между распространенностью, развитием альтернариоза горчице сарептской и погодными факторами, 2018-2020 гг.

Table 2 – Simple correlation coefficient and critical value of the correlation coefficient (Pearson r) between the prevalence, development of Alternaria blight on brown mustard and weather factors, 2018-2020

Показатель / Index	Коэффициент корреляции, r / Correlation coefficient, r		Критическое значение коэффициента корреляции, r -Пирсона* (1 % уровень) / Critical value of correlation coefficient, r -Pearson* (1 % level)
	Среднесуточная температура воздуха (x) / Average daily temperature Air (x)	Относительная влажность воздуха (z) / Relative humidity (z)	
Распространенность болезни (y_1) / Prevalence Disease (y_1)	0,91	0,81	0,765
Развитие болезни (y_2) / Development of the disease (y_2)	0,91	0,82	
Среднесуточная температура воздуха (x) / Average daily air temperature (x)	–	0,72	–
*число степеней свободы $n-2=8$ *number of degrees of freedom $n-2=8$			

Коэффициент простой корреляции между развитием болезни (y_2) и среднесуточной температурой воздуха (x) r_3 составил 0,91 (корреляционная зависимость сильная), между развитием болезни (y_2) и относительной влажностью воздуха (z) r_4 – 0,82 (корреляционная зависимость сильная).

Величина коэффициента корреляции между среднесуточной температурой (x) и относительной влажностью воздуха (z) r_5 составила 0,72.

Подтверждением существенности связи между изучаемыми признаками является тот факт, что полученные коэффициенты простой корреляции превышают критическое значение коэффициента корреляции (r -Пирсона), равного при данных степенях свободы 0,765 на 1-% уровне.

Кроме этого, для оценки надежности рассчитанных коэффициентов простой корреляции вычисляли их ошибку и критерий существенности. Если фактический критерий существенности t_r превышает теоретический на 1 % уровне ($t_r \geq t_{0,1}$), то связь между признаками существенна. В наших исследованиях фактический критерий существенности t_r коэффициентов корреляции r_1 - r_4 составил от 3,86 до 6,50, что превысило теоретическое значение t_r , которое составляет 3,36 (таблица 3).

Таблица 3 – Стандартная ошибка s_r и критерий существенности t_r коэффициентов корреляции r_1 - r_4 , 2018-2020 гг.

Table 3 – Standard error s_r and significance criterion t_r of correlation coefficients r_1 - r_4 , 2018-2020

Table 6. Standard error s_r and significance criterion t_r of correlation coefficients r_1, r_2, r_3, r_4 , 2010-2020			
Коэффициент корреляции / Correlation coefficient	s_r^*	t_r фактический / t_r factual	t_r теоретический (1 % уровень) / t_r theoretical (1 % level)
r_1 (распространенность болезни и средне- суточная температура воздуха / prevalence of the disease and average daily air temperature)	0,14	6,50	3,36
r_2 (распространенность болезни и относи- тельная влажность воздуха / prevalence of the disease and relative humidity)	0,21	3,86	
r_3 (развитие болезни и среднесуточная температура воздуха / disease develop- ment and average daily air temperature)	0,14	6,50	
r_4 (развитие болезни и относительная влажность воздуха / disease development and relative humidity)	0,20	4,10	
*число степеней свободы $n-2=8$ *number of degrees of freedom $n-2=8$			

Вместе с тем погодные факторы оказывают влияние на поражение горчицы альтернариозом не обособленно, а комплексно и связь между ними необходимо рассматривать с применением метода множественной корреляции. Поэтому следующим этапом анализа являлось нахождение множественного коэффициента корреляции R ($R_{y_1 \cdot xz}$ и $R_{y_2 \cdot xz}$) трех переменных, который показывает тесноту линейной связи между одним из признаков и совокупностью двух других признаков. В расчетах мы использовали полученные коэффициенты простой корреляции: r_1 - r_5 .

Установлено, что связь между распространенностью болезни (y_1) и совокупностью признаков: среднесуточной температуры и относительной влажности воздуха, а также между развитием болезни (y_2) и совокупностью этих признаков является сильной: множественный коэффициент корреляции R равен 0,95 (таблица 4).

Таблица 4 – Множественный коэффициент корреляции R и множественный коэффициент детерминации R^2 между распространенностью (y_1), развитием альтернариоза (y_2) на горчице сарептской и совокупностью среднесуточной температуры и относительной влажности воздуха, 2018-2020 гг.

Table 4 – Multiple correlation coefficient R and multiple determination coefficient R^2 between prevalence (y_1), development of Alternaria blight (y_2) on brown mustard and the set of average daily temperature and relative air humidity, 2018-2020

Элемент учета болезни / Disease Record Element	Показатель множественной корреляции / Multiple correlation indicator	
	R	R^2
Распространенность болезни (y_1) / Prevalence of the disease (y_1)	0,95	0,90
Развитие болезни (y_2) / Development of the disease (y_2)	0,95	0,90

Множественный коэффициент детерминации R^2 влияния среднесуточной температуры и относительной влажности воздуха на распространенность (y_1) и развитие (y_2) альтернариоза на горчице равен 0,90. Этот показатель говорит о том, что величины распространенности и развития болезни на растениях культуры на 90,0 % зависят от изученных факторов погоды и на 10,0 % – от других факторов.

Значимость показателей множественной корреляции оценена с использованием F-критерия (критерия Фишера): взаимосвязь между признаками будет значима, если фактический критерий Фишера больше по значению теоретического критерия ($F_{\text{ф}} \geq F_{05}$ или $F_{\text{ф}} \geq F_{01}$). Фактический критерий Фишера $F_{\text{ф}}$ в обоих случаях равен 12,5. Теоретический критерий Фишера F_{05} при данных степенях свободы равен 4,74; F_{01} – 9,55 (таблица 5).

Таблица 5 – Значения критерия Фишера F, 2018-2020 гг.

Table 5 – Fisher's F test values, 2018-2020

Элемент учета болезни / Disease Record Element	Критерий Фишера фактический $F_{\text{ф}}$ / Fisher's criterion factual $F_{\text{ф}}$	Критерий Фишера теоретический / Fisher's criterion theoretical	
		F_{05}	F_{01}
Распространенность болезни (y_1) / Prevalence of the disease (y_1)	12,5	4,74	9,55
Развитие болезни (y_2) / Development of the disease (y_2)	12,5		

Выводы. Установлена сильная зависимость распространенности и развития альтернариоза на горчице сарептской от комплекса погодных факторов: среднесуточной температуры и относительной влажности воздуха. Статистический анализ данных показал, что эта зависимость является положительной (прямой) и носит линейный характер. Доказательством существенности связи между изучаемыми признаками является превышение полученных коэффициентов простой корреляции критического значения коэффициента корреляции (r-Пирсона), равного при данных степенях свободы 0,765 на 1-% уровне.

Множественный коэффициент корреляции R между распространенностью и совокупностью изученных погодных факторов, а также между развитием болезни и этими погодными факторами составил 0,95.

Показатели множественного коэффициента детерминации R^2 свидетельствуют о том, что вариация распространенности альтернариоза на горчице на 90,0 % связана с действием среднесуточной температуры и относительной влажности воздуха и на 10,0 % – других факторов. Вариация развития болезни также на 90,0 % зависит от комплекса этих погодных и на 10,0 % – других факторов.

Превышение фактического критерия Фишера теоретического значения критерия ($F_{\text{ф}} > F_{05}$ и $F_{\text{ф}} > F_{01}$) показывает значимость связи между распространенностью и развитием альтернариоза и совокупностью действия среднесуточной температуры и относительной влажности воздуха на 5 % и 1 % уровне.

Conclusions. A strong dependence of the prevalence and development of Alternaria blight on brown mustard on the complex of meteorological factors: average daily temperature and relative humidity was established. Statistical analysis of the data showed that this dependence is positive (direct) and linear. Proof of the significance of the relationship between the studied characteristics is the fact that the obtained simple correlation coefficients exceed the critical value of the correlation coefficient (r-Pearson), which is equal to 0.765 with the given degrees of freedom at the 1 % level.

The multiple correlation coefficient R between the prevalence and the set of studied meteorological factors, as well as between the development of the disease and these meteorological factors was 0.95.

The indices of the multiple coefficients of determination R^2 indicate that the variation of the prevalence of Alternaria blight on mustard is 90.0 % related to the effect of the average daily temperature and relative humidity, and 10.0 % to other factors. The variation of the development of the disease is also 90.0 % dependent on the complex of these meteorological factors and 10.0 % on other factors.

The excess of the actual Fisher's criterion over the theoretical value of the criterion ($F_{\text{ф}} > F_{05}$ and $F_{\text{ф}} > F_{01}$) shows the significance of the relationship between the prevalence and development of Alternaria blight and the combination of the effect of average daily temperature and relative humidity at the 5 % and 1 % levels.

Библиографический список

1. Velásquez A. C., Castroverde C. D. M., He S. Y. Plant–Pathogen Warfare under Changing Climate Conditions. *Current Biology*. 2018. V. 28. I. 10. Pp. R619–R634.
2. Yáñez-López R., Torres-Pacheco I., Guevara-González R. G., et al. The effect of climate change on plant diseases. *African J. of Biotechnology*. 2012. No 11 (10). Pp. 2417–2428.
3. Fagodiya R. K., Trivedi A., Fagodia B. L. Impact of weather parameters on *Alternaria* leaf spot of soybean incited by *Alternaria alternata*. *Scientific Reports*. 2022. V. 12. 6131.
4. Соколова Л. М. Выделение и агрессивность возбудителей болезней родов *Fusarium* и *Alternaria* на моркови столовой. *Овощеводство*. 2018. № 3. С. 21–24.
5. Wadud M. A., Das S., Khokon M. A. R. Prevalence of the *Alternaria* blight of cumin (*Cuminum cyminum* L.) in Bangladesh: Morphology, phylogeny and pathogenic variation of *Alternaria* spp. *Saudi J. of Biological Sciences*. 2021. V. 28. I. 10. Pp. 5865–5874.
6. Сердюк О. А. Инфицирование альтернариозом в скрытой форме семян масличных культур семейства капустных. *Масличные культуры. НТБ ВНИИМК*. 2011. Вып. 1 (146–147). С. 146–147.
7. Khan M. R., Khan M. M., Mohiddin F. A. Development of *Alternaria* leaf spot of Indian mustard caused by *Alternaria brassicae* under the stress of low levels of sulfur dioxide. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2015. V. 199. Pp. 154–163.
8. Dixit S., Jangid V. K., Grover A. Evaluation of physiological and molecular effect of variable virulence of *Alternaria brassicae* isolates in *Brassica juncea*, *Sinapis alba* and *Camelina sativa*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2020. No 155. Pp. 626–636.
9. Nowakowska M., Wrzesińska M., Kamiński P., et al. *Alternaria brassicicola* – Brassicaceae pathosystem: insights into the infection process and resistance mechanisms under optimized artificial bio-assay. *Eur. J. of Plant Pathology*. 2018. V. 153 (1). Pp. 131–151.
10. Serdyuk O. A., Trubina V. S., Gorlova L. A. The effect of fungicides on reducing the harmfulness of *Alternaria* blight of brown mustard. *IOP Conf. Series. Development of the agro-industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad*. 2020. V. 699. 012018.
11. Gupta S., Didwania N., Singh D. Biological control of mustard blight caused by *Alternaria brassicae* using plant growth promoting bacteria. *Current Plant Biology*. 2020. V. 23. 100166.
12. Punia R., Kumari P., Kumar A., et al. Impact of weather parameters on *alternaria* blight of Indian mustard [(*Brassica juncea* (L.) Czern. & Coss.)]. *Bangladesh J. of Botany*. 2021. V. 50. I. 1. Pp. 15–19.

References

1. Velásquez A. C., Castroverde C. D. M., He S. Y. Plant–Pathogen Warfare under Changing Climate Conditions. *Current Biology*. 2018. V. 28. I. 10. Pp. R619–R634.
2. Yáñez-López R., Torres-Pacheco I., Guevara-González R. G., et al. The effect of climate change on plant diseases. *African J. of Biotechnology*. 2012. No 11 (10). Pp. 2417–2428.
3. Fagodiya R. K., Trivedi A., Fagodia B. L. Impact of weather parameters on *Alternaria* leaf spot of soybean incited by *Alternaria alternata*. *Scientific Reports*. 2022. V. 12. 6131.
4. Sokolova L. M. Isolation and aggressiveness of pathogens of diseases of the genera *Fusarium* and *Alternaria* on table carrots. *Vegetable growing*. 2018. № 3. Pp. 21–24.
5. Wadud M. A., Das S., Khokon M. A. R. Prevalence of the *Alternaria* blight of cumin (*Cuminum cyminum* L.) in Bangladesh: Morphology, phylogeny and pathogenic variation of *Alternaria* spp. *Saudi J. of Biological Sciences*. 2021. V. 28. I. 10. Pp. 5865–5874.
6. Serdyuk O. A. Infection with *Alternaria* in the latent form of oilseeds of the cabbage family. *Oilseeds. NTB VNIIMK*. 2011. I. 1. Pp. 146–147.
7. Khan M. R., Khan M. M., Mohiddin F. A. Development of *Alternaria* leaf spot of Indian mustard caused by *Alternaria brassicae* under the stress of low levels of sulfur dioxide. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2015. V. 199. Pp. 154–163.
8. Dixit S., Jangid V. K., Grover A. Evaluation of physiological and molecular effect of variable virulence of *Alternaria brassicae* isolates in *Brassica juncea*, *Sinapis alba* and *Camelina sativa*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2020. No 155. Pp. 626–636.
9. Nowakowska M., Wrzesińska M., Kamiński P., et al. *Alternaria brassicicola* – Brassicaceae pathosystem: insights into the infection process and resistance mechanisms under optimized artificial bio-assay. *Eur. J. of Plant Pathology*. 2018. V. 153 (1). Pp. 131–151.
10. Serdyuk O. A., Trubina V. S., Gorlova L. A. The effect of fungicides on reducing the harmfulness of *Alternaria* blight of brown mustard. *IOP Conf. Series. Development of the agro-industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad*. 2020. V. 699. 012018.
11. Gupta S., Didwania N., Singh D. Biological control of mustard blight caused by *Alternaria brassicae* using plant growth promoting bacteria. *Current Plant Biology*. 2020. V. 23. 100166.
12. Punia R., Kumari P., Kumar A., et al. Impact of weather parameters on *alternaria* blight of Indian mustard [(*Brassica juncea* (L.) Czern. & Coss.)]. *Bangladesh J. of Botany*. 2021. V. 50. I. 1. Pp. 15–19.

Информация об авторах

Сердюк Оксана Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (Российская Федерация, 350038, г. Краснодар, ул. Филатова, 17), e-mail: oserduk@mail.ru

Author's Information

Serdyuk Oksana Anatolyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops (Russian Federation, 350038, Krasnodar, Filatov Str., 17), e-mail: oserduk@mail.ru

THE POTENTIAL OF BASIL AND DILL VARIETIES WHEN GROWN IN THE CONDITIONS OF THE LENINGRAD REGION**Stepanova N. Y., Spiridonov A. M., Kvitkina V. A.***Saint Petersburg State Agrarian University
Saint Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: anatolij-spiridonov@yandex.ru

Received 09.04.2025

Submitted 30.05.2025

Summary

The article presents the results of studying the diversity of dill and basil varieties in open ground and film greenhouses in the Leningrad region of the Russian Federation. According to a complex indicator, including foliage, yield of green and dry mass, several varieties of dill and basil have been identified and recommended for use.

Abstract

Introduction. In the last fifteen years, breeders have developed new varieties of bush dill and basil, which differ in their morphological and biological characteristics. To assess their adaptive properties and resistance to adverse factors, they are grown and studied in specific regions. **The object of the study.** Varieties of dill and basil. **Materials and methods.** Thirteen varieties of bush dill from the collection of the All-Russian Institute of Plant Breeding named after N. I. Vavilov (VIR) were studied in field experiments in the conditions of the experimental field of St. Petersburg State Agricultural University. They were grown in the open ground. Eleven varieties of basil from the VIR collection were also studied. They were grown in a film-coated greenhouse. The Yerevan variety was chosen as a control sample. **Results and conclusions.** According to biometric observations, the varieties of dill Leshy, Emerald, Patterns, Vladyka and Reliable were identified. At the basilica, the best were Stella, Trol, Moorish and Moskvoretsky Semko. The yield of dill greens in these varieties was higher by 31-47 % compared to the control sample. It ranged from 2.8 to 2.6 kg/m². Among the basil varieties, Stella and Georgia showed the highest yield of greenery – 2.47 kg/m², Charodey – 2.4 kg/m², Moskvoretsky Semko – 2.27 kg/m² and Moorish – 2.23 kg/m². When analyzing the chemical composition of fresh dill greens, the varieties Emerald, Malachite, Reliable, Patterns and Malachite were identified. Among the basil varieties are Emerald, Openwork green, Moskvoretsky Semko, Enchanter, Stella, Emerald and Enchanter. According to the results of the analysis of the chemical composition of dried dill greens, the best indicators were distinguished by the varieties Emerald and Malachite. Among the basil varieties are Enchanter, Stella and Moskvoretsky Semko.

Keywords: dill greens, basil greens, dill greens yield, dill green chemical composition.

Citation. Stepanova N. Yu., Spiridonov A. M., Kvitkina V. A. The potential of basil and dill varieties when grown in the conditions of the Leningrad region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 210-222 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-22.

The author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution, and analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interests. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 635.758/635.713

ПОТЕНЦИАЛ СОРТОВ БАЗИЛИКА И УКРОПА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**Степанова Н. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент****Спиридонов А. М., доктор сельскохозяйственных наук, доцент****Квиткина В. А., студент***ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Актуальность. В последние пятнадцать лет селекционеры вывели новые сорта кустового укропа и базилика, которые отличаются по своим морфологическим и биологическим характеристикам. Чтобы оценить их адаптационные свойства и устойчивость к неблагоприятным факторам, их выращивают и изучают в конкретных регионах. **Объект исследования.** Сорта укропа и базилика. **Материалы и методы.** В полевых опытах в условиях опытного поля СПбГАУ изучили тринадцать сортов кустового укропа из коллекции Всероссийского института растениеводства имени Н. И. Вавилова (ВИР). Их выращивали в открытом грунте. Также были исследованы одиннадцать сортов базилика из коллекции ВИР. Их выращивали в теплице с плёночным покрытием. В качестве контрольного образца выбрали сорт Ереванский. **Результаты и выводы.** По биометрическим наблюдениям были выделены сорта укропа Леший, Изумруд, Узоры, Владыка и Надежный. У базилика лучшими были

Стелла, Троль, Мавританский и Москворецкий Семко. Урожайность зелени укропа у этих сортов оказалась выше на 31-47 % по сравнению с контрольным образцом. Она составила от 2,8 до 2,6 кг/м². Среди сортов базилика наибольший урожай зелени показали Стелла и Грузия – 2,47 кг/м², Чародей – 2,4 кг/м², Москворецкий Семко – 2,27 кг/м² и Мавританский – 2,23 кг/м². При анализе химического состава свежей зелени укропа были выделены сорта Изумруд, Малахит, Надежный, Узоры и Малахит. Среди сортов базилика – Изумруд, Ажур зелёный, Москворецкий Семко, Чародей, Стелла, Изумруд и Чародей. По результатам анализа химического состава сушёной зелени укропа лучшими показателями отличились сорта Изумруд и Малахит. Среди сортов базилика – Чародей, Стелла и Москворецкий Семко.

Ключевые слова: зелень укропа, зелень базилика, сорта укропа, сорта базилика, урожайность зелени укропа, химический состав зелени укропа.

Цитирование. Степанова Н. Ю., Спиридонов А. М., Квиткина В. А. Потенциал сортов базилика и укропа при выращивании в условиях Ленинградской области. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 210-222. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-22.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одной из ключевых задач российской пищевой промышленности является круглогодичное обеспечение населения овощной продукцией в необходимых объемах. Однако в Ленинградской области ассортимент выращиваемых пряно-ароматических культур остается довольно скромным. В тепличных хозяйствах, как правило, выращивают ограниченный ассортимент зеленных культур, среди которых преобладают укроп, петрушка и кориандр. Однако объемы их производства зачастую недостаточны для удовлетворения потребностей населения. При этом значительная часть зелени поступает из южных регионов, и в процессе длительной транспортировки и хранения она утрачивает многие ценные качества, в частности витамины, летучие эфирные масла и другие биологически активные соединения. Это снижает пищевую и лечебно-профилактическую ценность зелени.

Пряно-ароматические и зеленные растения занимают важное место среди сельскохозяйственных культур, поскольку они являются источниками биологически активных веществ, таких как витамины, минералы, антиоксиданты и фитонциды. Их регулярное потребление способствует укреплению иммунной системы, улучшению пищеварения и общему оздоровлению организма. Расширение ассортимента и увеличение объемов локального производства этих культур не только позволило бы повысить доступность свежей и качественной зелени, но и способствовало бы продовольственной безопасности региона, снижению зависимости от привозной продукции, а также развитию агробизнеса на местах.

Во-первых, локальное выращивание зелени позволило бы сохранить максимальную питательную ценность и свежесть продукта. Во-вторых, это снизило бы зависимость региона от завоза продукции из южных областей. В-третьих, увеличение ассортимента местной зелени способствовало бы поддержке фермерских хозяйств и созданию новых рабочих мест. Для повышения урожайности и качества продукции в условиях северо-западного климата целесообразно внедрение инновационных технологий, таких как вертикальные фермы и гидропоника. Эти методы позволяют эффективно использовать ограниченные площади теплиц, контролировать условия выращивания и добиваться стабильных результатов даже в суровых климатических условиях.

Развитие производства пряно-ароматических культур в Ленинградской области имеет большой потенциал. В перспективе это не только улучшит продовольственную безопасность региона, но и станет важным шагом на пути к популяризации здорового питания и увеличению доступности экологически чистой продукции. Однако длительная транспортировка приводит к утрате этих компонентов. По этой причине наиболее рациональным является выращивание таких культур вблизи мест их непосредственной реализации [1].

Современный сортимент укропа достаточно велик. Согласно данным государственного реестра селекционных достижений, в России зарегистрировано 147 сортов этой культуры, рекомендованных для выращивания в различных климатических зонах [3]. Сорта отличаются по срокам созревания, содержанию эфирных масел, ароматическим свойствам и устойчивости к неблагоприятным факторам, что позволяет выбрать наиболее подходящий вариант для конкретных условий. Укроп занимает лидирующие позиции среди пряно-вкусовых культур. Ежегодно в России под эту культуру отводится от 6 до 7 тысяч гектаров

[4, 5]. Он активно используется в свежем, сушеном и замороженном виде, что делает его незаменимым ингредиентом в кулинарии. Укроп входит в состав множества блюд, от супов и салатов до маринадов и соусов. Кроме того, он широко применяется в консервировании, где его аромат усиливает вкусовые характеристики готовой продукции.

Несмотря на широкое распространение укропа в России, есть потенциал для увеличения площади его выращивания и совершенствования агротехнологий. Внедрение устойчивых сортов, адаптированных к неблагоприятным условиям, а также развитие систем локального производства могли бы повысить качество продукции и удовлетворить растущий спрос на эту универсальную культуру.

Базилик выделяется своим неповторимым ароматом, который обусловлен значительным содержанием эфирных масел. У некоторых сортов их концентрация достигает 1,5-2 % [6]. Благодаря этим свойствам базилик по праву считается универсальной пряно-ароматической культурой с широким спектром применения. Его используют не только в кулинарии, но и в лечебных целях. Это растение помогает при головных болях, заболеваниях сердца, простудных состояниях, ревматизме, а также способствует восстановлению организма после оперативных вмешательств [7].

На сегодняшний день ассортимент сортов базилика значительно расширился. По данным государственного реестра селекционных достижений России за 2023 год, для выращивания зарегистрировано 132 сорта этой культуры [3].

Сорта базилика продолжают активно изучаться, при этом следует заметить, что большинство исследований проводится в центральном и южном регионах Российской Федерации. В частности, исследования базилика проводились в Псковской области в период 2011-2013 гг., во Владимирской области в 2017 г., а также в Московской области в 2019-2020 гг. [8, 9, 10].

Цель и задачи исследования. Основной целью проведённой работы явилось комплексное изучение агробиологических и технологических особенностей перспективных сортов укропа и базилика в условиях почвенно-климатической зоны Ленинградской области. Исследование было направлено на выявление наиболее адаптированных сортов, обладающих высокой продуктивностью и ценными качествами сырья. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи: проведение фенологических и морфометрических наблюдений за развитием растений, оценка урожайности как по свежей, так и по сухой массе, а также анализ химического состава укропа и базилика в различной степени обработки (в свежем и сушёном виде).

Методика. Полевые опыты и лабораторные анализы выполнялись на базе кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, в учебно-опытном саду и биохимической лаборатории Санкт-Петербургского государственного аграрного университета в течение 2021-2023 годов.

В эксперимент включили 13 сортов укропа, среди которых: позднеспелые – Абориген и Узоры; среднепоздние – Валдай, Гера, Изумруд, Королевский, Малахит; среднеспелые – Амур, Владыка, Кудесник, Кустистый, Леший и Надежный. Сорт Гера использовался в качестве контрольного.

В испытаниях по базилику участвовали 11 сортов: Ереванский (контрольный), Ажур зеленый, Грузия, Изумруд, Мавританский, Металлика, Москворецкий Семко, Ред Рубин, Стелла, Троль и Чародей.

Выращивание зеленных культур осуществлялось по единой технологии. Укроп сеяли на грядах шириной 1 м с междурядьями по 20 см. Базилик выращивали через рассаду: семена сеяли в середине апреля в плёночных теплицах, а в конце мая рассаду пересаживали на открытый грунт по схеме 25×25 см.

Учётная площадь каждой делянки составляла 2 м², при этом опыт проводился в трёхкратной повторности. Общая площадь экспериментального участка составила 144 м².

Аналитические методы.

В процессе вегетации растений регулярно проводились фенологические наблюдения, измерения биометрических показателей, учёт урожайности, а также определение химического состава сырья.

Изучение химических параметров проводилось с применением классических лабораторных методик:

– содержание сахаров определяли по методу Бертрона;

– количество аскорбиновой кислоты – по методике И. К. Мурри;
– содержание хлорофилла и каротиноидов – с помощью спектрофотометрического анализа.

Для оценки качества сушёной продукции зелень предварительно сортировали, укладывали ровным слоем на сетчатые поддоны и высушивали в инфракрасной сушилке при температуре 60-65 °С до достижения стабильной массы.

Таким образом, проведённый комплексный подход позволил получить достоверную информацию о продуктивности и химическом составе зеленных культур, что в дальнейшем может использоваться для оптимизации сортовой политики и технологий выращивания в условиях северо-западного региона России.

Результаты. Исследования показали, что климатические условия Ленинградской области накладывают ограничения на развитие некоторых сортов укропа и базилика, однако среднепоздние и позднеспелые сорта укропа, такие как Гера и Королевский, показали стабильную урожайность. Среди сортов базилика Ереванский и Ред Рубин выделялись высокой концентрацией эфирных масел и значительным содержанием хлорофилла, что делает их перспективными для дальнейшего использования в кулинарии и фармацевтике. В ходе работы также была отмечена необходимость оптимизации технологий выращивания, в частности, внедрения адаптивных схем полива и защиты растений от грибковых заболеваний. Улучшение этих факторов может повысить производительность культур и увеличить площадь их применения в регионе.

Результаты фенологических наблюдений. Полевые фенологические наблюдения за динамикой роста и развития укропа показали выраженные сортовые различия в сроках прорастания и прохождения фаз онтогенеза. Наиболее ранние всходы зафиксированы у сортов Амур и Надежный – на 10-й день после посева. С интервалом в один день (на 11-й день) начали появляться всходы у таких сортов, как Изумруд, Владыка, Кудесник, Кустистый и Леший. Наиболее поздние всходы наблюдались у позднеспелых сортов Абориген и Узоры – на 13-й день, что, вероятно, связано с их более длительным периодом прорастания, обусловленным сортовыми особенностями и потенциальной реакцией на температурные условия.

Фаза появления первого настоящего листа также наступала в разные сроки. Ускоренное развитие на ранней стадии показали растения сортов Амур и Надежный, у которых данная фаза наблюдалась быстрее, чем у остальных. Это свидетельствует об их потенциальной пригодности для получения ранней продукции в защищённом и открытом грунте.

Уборка урожая проводилась в дифференцированные сроки, с учётом физиологической зрелости растений. Сбор зелёной массы среднеспелых сортов осуществлён 28 июля, среднепоздние сорта были убраны 2 августа, а позднеспелые – 6 августа. Продолжительность вегетационного периода (от посева до уборки) варьировалась от 51 дня у среднеспелых сортов до 59 дней у позднеспелых, что важно учитывать при планировании сроков сева и сбора урожая.

Аналогичные наблюдения за базиликом также выявили различия между сортами по скорости начального роста. Наиболее быстро всходили растения сортов Ажур зелёный, Грузия, Ред Рубин, Стелла и Троль – уже на 5-й день после посева. На 6-й день появились всходы у сортов Изумруд, Москворецкий Семко и Чародей. Сравнительно поздно, на 7-й день, взошли семена сортов Ереванский, Мавританский и Металлика, что может указывать на более плотную семенную оболочку или инертность к влажности и температуре.

Особый интерес представляет фаза появления первого настоящего листа: у сортов Ажур зелёный, Ред Рубин и Стелла она наступала уже на 7-й день после появления всходов, что говорит об интенсивном старте вегетативного роста. Такие темпы развития могут быть особенно полезны при выращивании базилика в условиях короткого вегетационного периода или в системах ускоренного оборота продукции.

Дополнительно стоит отметить, что скорость прохождения фенологических фаз может быть связана не только с генетическими особенностями сорта, но и с внешними факторами – уровнем освещённости, влажности почвы, а также микроклиматическими условиями в теплице или на открытом участке. Учет этих параметров позволит в дальнейшем оптимизировать агротехнику с учетом конкретных целей выращивания – от получения ранней зелени до производства пряно-ароматического сырья с высокой концентрацией эфирных масел.

Срезку проводили в два этапа: первую – 2 июля (это 78-й день после посева), вторую – 3 августа (110-й день после посева). Таким образом, нам удалось проанализировать динамику формирования урожая растений сортов как в ранний, так и в поздний период созревания, а также выявить сорта с возможностью многократного сбора урожая. Проведённые нами биометрические наблюдения показали, что наиболее высокорослыми среди сортов укропа были растения сортов Кустистый, Леший и Валдай, их высота достигала 44-46 см. При этом, более низкорослыми были растения сортов Малахит, Гера и Кудесник – 35-37 см.

Эти показатели позволяют сделать вывод о том, что сорта с более компактной структурой могут быть более удобны для выращивания на небольших участках или в условиях ограниченного пространства. Дополнительно следует отметить, что высота растений напрямую связана с их агротехническими характеристиками, такими как густота посева, режим полива и качество почвы. Например, высокорослые сорта могут требовать большей площади питания, но при этом обеспечивать более высокий урожай с единицы площади. Напротив, низкорослые сорта часто имеют более плотный куст, что делает их удобными для механизированной обработки и сбора.

Таким образом, результаты наблюдений подтверждают, что как среди базиликов, так и укропов есть сорта с разными темпами роста и морфологическими характеристиками, что предоставляет широкий выбор для их адаптации к конкретным условиям выращивания.

Облиственность и морфологические особенности зеленных культур. Одним из ключевых показателей, определяющих хозяйственную ценность зеленных культур, является степень облиственности, так как именно листовая масса составляет основную часть товарной продукции. Результаты полевых наблюдений показали, что среди сортов укропа наибольшей облиственностью отличались растения сортов Леший, Узоры, Изумруд, Владыка, Кудесник и Надежный. Эти сорта формировали плотную листовую массу, равномерно распределённую по всему растению, что положительно сказывается на выходе продукции при уборке.

Сорта Валдай, Изумруд, Владыка, Кустистый и Леший выделялись также хорошо развитыми и удлинёнными листьями, что может быть востребовано в свежей кулинарной переработке. Большинство исследуемых образцов формировали компактную надземную массу, что удобно при загущенной посадке, однако сорта Валдай и Кудесник отличались более раскидистой формой куста. Особый интерес представляет сорт Изумруд, способный формировать несколько прикорневых розеток, что увеличивает потенциальную продуктивность. Сорт Леший можно отнести к категории густооблиственных, с высоким индексом зелёной массы на единицу площади.

По результатам биометрических измерений у базилика наибольшую высоту растений демонстрировали сорта Мавританский, Чародей и «Металлика» – от 42 до 47 см. Это делает их перспективными для использования в срезку и букетной упаковке. Наиболее низкорослыми оказались сорта Изумруд и Ред Рубин – 33-35 см, что может быть преимуществом при выращивании на подоконниках или в ограниченных пространствах.

Анализ побегообразования выявил, что лидером по количеству побегов стал сорт Стелла, формирующий в среднем 14,5 побегов на одно растение. Несколько ниже показатели у сортов Чародей, Троль и Изумруд – от 12,4 до 12,7 побегов. Это указывает на высокую вегетативную активность и потенциальную урожайность. По числу листьев на растении снова выделился сорт Стелла – в среднем 164 листа. Несколько уступают ему сорта Мавританский и Москворецкий Семко – 149 и 144 листа соответственно.

Размер листьев варьировал между сортами: наиболее крупные листья были отмечены у сортов Изумруд (в среднем 9,2 см) и Стелла (8,2 см). Крупнолистность делает эти сорта особенно привлекательными для кулинарного использования, включая приготовление салатов, песто и декоративное оформление блюд.

Компактную форму куста продемонстрировали сорта Грузия, Мавританский, Москворецкий Семко и Стелла, что делает их удобными для посадки в условиях ограниченного пространства, в том числе в теплицах и на балконах. В то же время сорта Стелла, Чародей, Троль, Изумруд, Грузия и Металлика отличались повышенной пышностью по сравнению с контрольным сортом Ереванский, что говорит об их высоком потенциале к формированию значительной зелёной массы.

По степени облиственности особенно выделялись сорта Стелла, Мавританский, Ред Рубин и Троль. Высокая плотность листового аппарата делает их перспективными для промышленного выращивания, где урожайность напрямую зависит от густоты облиственности и способности растения быстро наращивать зеленую массу. Следовательно, сорта базилика, характеризующиеся высокой кустистостью и облиственностью, обладают значительным потенциалом, как для промышленного производства, так и для выращивания в личных подсобных хозяйствах. Они формируют высокую урожайность и могут использоваться как для свежего потребления, так и для сушки, замораживания и дальнейшей переработки и консервации. Данные, приведённые в таблице 1, позволяют убедиться в том, что наибольшая масса одного растения была у сортов укропа Леший, Кудесник, Узоры – 27-30 г. По этому показателю контрольный вариант сорт Гера превышали сорта Надежный, Малахит, Валдай, Владыка и Изумруд.

Таблица 1 – Зависимость урожайности и показателя органолептической оценки зелени растений от сортового разнообразия укропа (в среднем за 3 года)

Table 1 – Dependence of yield and indicator of organoleptic evaluation of plant greenery on the varietal diversity of dill (on average for 3 years)

№	Сорта / Varieties	Масса одного растения, г / The weight of one plant, G	Урожайность листьев, кг/м ² / Leaf yield, kg/m ²					Органолептическая оценка, балл / Organoleptic assessment, point
			2021 год / year	2022 год / year	2023 год / year	Средняя за 3 года / Average in 3 years	% к контролю / % Control	
1	Гера (контроль) / Gera (control)	20	1,7	1,8	2,2	1,9	100,0	4,5
2	Абориген / Aborigen	21	1,7	2,0	2,3	2,0	105,3	4,5
3	Узоры / Uzory	27	2,3	2,7	2,8	2,6	136,8	4,8
4	Валдай / Valdai	22	1,8	2,0	2,2	2,0	105,3	4,8
5	Изумруд / Izumrud	25	2,5	2,6	2,7	2,6	136,8	4,7
6	Королевский / Korolevsky	16	1,5	1,6	2,0	1,7	89,5	4,6
7	Малахит / Malakhit	22	1,6	2,1	2,3	2,0	105,3	4,9
8	Амур / Amur	20	1,6	2,0	2,3	1,9	100,0	4,6
9	Владыка / Vladika	26	2,2	2,5	2,8	2,5	131,6	4,9
10	Кудесник / Kudesnik	28	2,4	2,5	2,9	2,6	136,8	4,6
11	Кустистый / Kustisty	20	1,9	2,2	2,5	2,2	115,8	4,8
12	Леший / Leshy	30	2,5	2,9	3,0	2,8	147,4	4,6
13	Надежный / Nadezny	22	2,1	2,4	2,6	2,3	121,1	4,8
	НСП ₀₅		0,42	0,46	0,38			

Урожайность зеленных культур. В ходе многолетних полевых исследований была проведена оценка урожайности зелёной массы укропа в зависимости от сортовой принадлежности. По результатам 2021 года наивысшие показатели урожайности продемонстрировали сорта Изумруд и Леший – по 2,5 кг/м². Немного уступали им сорта Узоры и Кудесник (2,3-2,4 кг/м²), а также Владыка (2,2 кг/м²), что свидетельствует о высоком потенциале этих сортов в условиях Ленинградской области. В 2022 году тенденция сохранялась: сорт Леший вновь лидировал по урожайности – 2,9 кг/м², за ним следовали Узоры и Изумруд (2,6-2,7 кг/м²). Также стабильно высокие результаты показали сорта Владыка, Кудесник и Надежный, урожайность которых составила от 2,4 до 2,5 кг/м². В сезоне 2023 года подтверждение высокой продуктивности продемонстрировали сорта Леший и Кудесник, достигнув рекордных 3,0 и 2,9 кг/м² соответственно. Сорта Валдай, Владыка и Изумруд также

показали отличные результаты – от 2,7 до 2,8 кг/м². В среднем за три года исследований (2021-2023 гг.) устойчивую и высокую продуктивность демонстрировали сорта Леший, Узоры, Изумруд, Кудесник, Владыка и Надежный, превысив контрольный сорт по урожайности на 21-47 %. Эти сорта отличались не только стабильной отдачей урожая, но и хорошей адаптацией к погодным условиям северо-западного региона, что делает их перспективными для промышленного возделывания и локального фермерства.

Что касается базилика, анализ данных по массе одного растения в течение трёх лет показал, что наибольший средний вес формировали растения сортов Стелла, Грузия и Чародей – от 150 до 155 г. Эти показатели значительно превосходили данные контрольного сорта Ереванский, который, несмотря на традиционную популярность, показал более скромные результаты.

Сорта Москворецкий Семко, Мавританский и Троль также превосходили контроль по массе одного растения, подтвердив свою высокую продуктивность и возможность получения крупной розетки при соответствующей агротехнике. Кроме того, данные сорта показали хорошую облиственность и развитую побегообразовательную способность, что в совокупности с массой одного растения делает их оптимальными кандидатами для товарного производства свежей зелени. Таким образом, результаты многолетнего изучения урожайности укропа и базилика позволяют рекомендовать определённые сорта для практического использования. При этом необходимо учитывать не только массу урожая, но и такие характеристики, как облиственность, форма куста, устойчивость к стеблеванию и реакция на внешние факторы среды.

Таблица 2 – Зависимость продуктивности растений и вкусовых качеств зелени от сортового разнообразия базилика (в среднем за 3 года)

Table 2 – Dependence of plant productivity and taste qualities of greenery on the variety of basil (on average over 3 years)

№	Сорта / Varieties	Масса одного растения, г / Weight of one plant, g	Урожайность листьев, кг/м ² / Урожайность листьев, кг/м ²					Органолептическая оценка, балл / Organoleptic assessment, point
			2021 год / year	2022 год / year	2023 год / year	средняя за 3 года / Average in 3 years	% к контролю / % Control	
1	Ереванский (контроль) / Erevansky (control)	117	1,8	1,9	1,9	1,87	100	4,7
2	Ажур зеленый / Azur zeleny	119	1,8	2,0	1,9	1,90	101	4,7
3	Грузия / Gruzia	154	2,3	2,6	2,5	2,47	132	4,7
4	Изумруд / Izumrud	127	1,8	2,1	2,2	2,03	108	5,0
5	Мавританский / Mavritansky	140	2,1	2,3	2,3	2,23	119	4,8
6	Металлика / Metallika	119	1,8	2,0	1,9	1,90	101	4,9
7	Москворецкий Семко / Moskvoretsky Semko	142	2,1	2,4	2,3	2,27	121	4,8
8	Ред Рубин / Red Rubin	94	1,3	1,6	1,6	1,50	80	4,7
9	Стелла / Stella	155	2,4	2,5	2,5	2,47	132	4,9
10	Троль / Troll	136	2,0	2,3	2,2	2,17	116	5,0
11	Чародей / Charodey	150	2,2	2,6	2,4	2,40	128	4,6
	НСР ₀₅		0,28	0,36	0,38			

Урожайность и органолептические качества базилика и укропа. Результаты полевых опытов, проведённых в 2021 году, показали, что наивысшую урожайность зелёной массы базилика обеспечили сорта Стелла (2,4 кг/м²) и Грузия (2,3 кг/м²). Высокие показатели так-

же были зафиксированы у сортов Чародей, Москворецкий Семко и Мавританский, урожайность которых составила от 2,1 до 2,2 кг/м². Эти данные подтверждают высокую продуктивность указанных сортов в условиях Северо-Западного региона.

В 2022 году тенденция к высокому уровню урожайности сохранилась. Лидерами стали сорта Грузия и Чародей – по 2,6 кг/м². Сорт Стелла также продемонстрировал стабильную продуктивность – 2,5 кг/м², немного уступили ему сорта Москворецкий Семко (2,4 кг/м²) и Мавританский (2,3 кг/м²).

В 2023 году была подтверждена устойчивость этих сортов к условиям конкретного региона. Наибольший выход зелени был зафиксирован у сортов Грузия и Стелла – 2,5 кг/м², за ними следовали Чародей – 2,4 кг/м² и Мавританский и Москворецкий Семко – по 2,3 кг/м². Это свидетельствует о хорошей адаптивной способности сортов и их устойчивом потенциале к формированию высокой биомассы в течение нескольких вегетационных сезонов.

В целом по итогам трёх лет наблюдений сорта Стелла, Грузия, Чародей, Москворецкий Семко и Мавританский продемонстрировали среднюю урожайность, превышающую контрольный сорт Ереванский на 19-32 %. Это делает их перспективными для промышленного выращивания, особенно в условиях тепличного и защищённого грунта, где важно обеспечить стабильный выход продукции при ограниченных площадях.

Помимо количественных показателей, большое значение при оценке зеленных культур имеют их органолептические характеристики, включая вкус, аромат и внешний вид. В ходе дегустационной оценки установлено, что среди сортов укропа наиболее ярким, насыщенным вкусом и выраженным пряным ароматом обладали растения сортов Валдай, Кустистый, Надежный, Малахит, Владыка и Узоры. Эти сорта получили высокие баллы по всем показателям, что делает их привлекательными для потребителя, ориентированного не только на объём, но и на качество зелени.

Таким образом, комплексная оценка урожайности и вкусовых характеристик позволяет рекомендовать ряд сортов базилика и укропа как для массового производства, так и для реализации на свежем рынке, а также для использования в гастрономии и переработке.

Результаты химических исследований свежей зелени укропа представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние сортового разнообразия укропа на показатели химического состава свежей зелени растений (в среднем за 3 года)

Table 3 – The effect of the varietal diversity of dill on the chemical composition of fresh plant greens (on average for 3 years)

№	Сорта / Varieties	Сахар, % / Sugar, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г / Ascorbic acid, mg/100 g	Каротиноиды, мг/100 г / Carotenoids, mg/100 g	Хлорофилл, сумма, мг/100 г / Chlorophyll, total, mg/100 g
1	Гера (контроль) / Gera (control)	5,7	74	4,5	65
2	Абориген / Aborigen	5,8	68	4,2	63
3	Узоры / Uzori	5,6	78	5,8	72
4	Валдай / Valdai	6,3	75	4,7	74
5	Изумруд / Izumrud	5,9	88	5,3	81
6	Королевский / Korolevsky	5,6	68	4,9	69
7	Малахит / Malakhit	6,0	86	5,6	79
8	Амур / Amur	5,7	69	5,1	62
9	Владыка / Vladika	5,9	82	5,3	76
10	Кудесник / Kudesnik	5,8	76	5,2	66
11	Кустистый / Kustisty	5,6	79	4,2	64
12	Леший / Leshy	6,0	75	5,5	73
13	Надежный / Nadezny	6,1	81	5,4	79

Представленные в таблице 3 данные свидетельствуют о том, что укроп имеет богатый химический состав, насыщен ценными биологически активными веществами: каротиноидами, аскорбиновой кислотой, сахаром. По содержанию сахаров существенных различий между сортами не выявлено, что свидетельствует об их одинаковой энергетической

ценности. При этом свежая зелень укропа характеризуется высоким содержанием аскорбиновой кислоты, необходимой для повышения и укрепления иммунитета организма. Более высокие показатели этого витамина отмечены у сортов Изумруд, Малахит, Владыко и Надежный – от 81 до 88 мг на 100 г зелени.

Каротиноиды в растительной пище важны для поддержания зрения и здоровья кожи. Содержание этого важного компонента состава зелени укропа достигает 5,5-5,8 мг/100 г у растений сортов Узоры, Малахит и Леший. Эти сорта особенно перспективны при выборе с целью получения продукции с повышенной биологической ценностью. При этом важно заметить, что питательная ценность зелени характеризуется не только содержанием витаминов и сахаров. Не менее значимым критерием качества является содержание хлорофилла, выполняющего жизненно важные функции по детоксикации организма и стимуляции кровотока. По накоплению хлорофилла выделились сорта Изумруд, Малахит и Надежный, в которых его содержание достигло 79-81 мг/100 г. Эти показатели делают названные сорта особенно ценными для использования в лечебно-оздоровительном питании.

В дополнение к химическим исследованиям была проведена органолептическая оценка, которая выявила сорта базилика с наиболее ярко выраженными вкусоароматическими качествами. Например, сорт Изумруд отличается насыщенным ароматом душистого перца, что делает его идеальным для использования в пряных соусах и маринадах. Базилик Троль обладает гвоздичным ароматом, подходящим для ароматизации мясных блюд и напитков. Сорт Металлика выделяется резким лимонно-горчичным запахом, что делает его подходящим для азиатской кухни и заправок. Сорт Стелла привлекает своим перечно-мятным и горчичным ароматом, который прекрасно дополняет овощные и рыбные блюда.

Помимо традиционного использования, такие сорта базилика, как Изумруд, Металлика и Стелла, обладают высоким потенциалом для переработки в эфирные масла и ароматические экстракты. Эти продукты могут найти применение в косметологии, парфюмерии и фармацевтике. Таким образом, изученные сорта укропа и базилика не только демонстрируют высокую пищевую ценность, но и имеют перспективу для расширения их использования в различных отраслях.

Нами были определены показатели химического состава свежей зелени базилика, данные приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Влияние сортового разнообразия базилика на химический состав свежей зелени растений (в среднем за 3 года)

Table 4 – The effect of basil varietal diversity on the chemical composition of fresh plant greens (on average over 3 years)

№	Сорта / Varieties	Сухое вещество, % / Dry matter, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г / Ascorbic acid, mg/100 g	Каротиноиды, мг/100 г / Carotenoids, mg/100 g	Хлорофилл, сумма, мг/100 г / Chlorophyll, total, mg/100 g	Эфирные масла, % / Essential oils, %
1	Ереванский (контроль) / Erevansky (control)	11,2	4,5	13,6	168	0,67
2	Ажур зеленый / Azur zeleny	10,7	5,7	11,4	182	0,62
3	Грузия / Gruzia	12,6	4,3	15,3	177	0,71
4	Изумруд / Izumrud	10,5	5,9	10,2	204	0,74
5	Мавританский / Mavritansky	11,8	4,4	15,8	181	0,76
6	Металлика / Metallika	12,6	4,8	15,2	157	0,81
7	Москворецкий Семко / Moskvo-retsky Semko	13,1	5,4	16,3	184	0,78
8	Ред Рубин / Red Rubin	12,0	4,2	15,4	152	0,67
9	Стелла / Stella	12,5	5,2	16,9	179	0,74
10	Троль / Troll	12,8	4,9	20,1	168	0,75
11	Чародей / Charodei	11,6	5,3	22,3	196	0,65

Химический состав зелени базилика и влияние сушки на показатели укропа.

Результаты проведённых исследований подтверждают высокую пищевую и биологическую ценность базилика как зеленой культуры. Анализ свежей зелени показал, что растение богато разнообразными биологически активными веществами, способными оказывать положительное воздействие на организм человека. Особенно выделяются сорта Москворецкий Семко, Троль, Грузия, Металлика и Стелла, у которых содержание сухого вещества достигало 12,5-13,1 %. Это говорит о хорошей концентрации полезных компонентов даже при относительно высокой влажности зелени.

По содержанию аскорбиновой кислоты (витамина С), важного антиоксиданта, участвующего в процессах обмена веществ и иммунной защиты, наибольшие значения были зафиксированы у сортов Изумруд, Ажур зелёный, Москворецкий Семко, Чародей и Стелла – от 5,2 до 5,9 мг на 100 г свежей массы. Остальные сорта показали уровень в пределах 4,2-5,1 мг/100 г, что также считается хорошим показателем для зеленных культур.

Каротиноиды, играющие важную роль в защите клеток от окислительного стресса, были представлены в значительных количествах у сортов Чародей и Троль – 20,1-22,3 мг/100 г. Сравнительно высокими показателями обладали и сорта Москворецкий Семко, Стелла и Мавританский – от 15,8 до 16,9 мг/100 г. Это делает базилик ценным компонентом в рационе питания, особенно в период межсезонья, когда поступление витаминов и антиоксидантов из других источников ограничено.

Содержание хлорофилла, который оказывает благотворное влияние на кроветворение, обмен веществ и защитные силы организма, также варьировалось в зависимости от сорта. Максимальные значения были зафиксированы у Изумруда и Чародея – 204 и 196 мг/100 г соответственно. Высоким содержанием хлорофилла также отличались Москворецкий Семко, Ажур зелёный и Мавританский (181-184 мг/100 г), что повышает их ценность при использовании в функциональных продуктах питания.

Не менее важно отметить и ароматическую ценность базилика, обусловленную высоким содержанием эфирных масел. Сорта Металлика и Москворецкий Семко продемонстрировали наивысшие показатели – от 0,78 до 0,81 %. Это позволяет рекомендовать их не только для свежего потребления, но и для сушки, экстракции и использования в пищевой промышленности и фармацевтике.

В отдельном направлении исследования была изучена динамика изменения химического состава сушёной зелени укропа. Как и следовало ожидать, в процессе тепловой обработки происходит значительное снижение содержания нестабильных соединений: сахара уменьшаются на 30-40 %, аскорбиновая кислота – на 50-55 %, каротиноиды – на 40-45 %, а хлорофилл – на 40-50 %. Однако, благодаря удалению влаги, возрастает концентрация сухих веществ, что повышает общее содержание полезных компонентов на 100 г продукта. С точки зрения практического применения это означает, что даже после сушки укроп остаётся ценным источником пищевых волокон, минеральных веществ и остаточного количества витаминов.

Для минимизации потерь полезных веществ при сушке целесообразно применять щадящие технологии, такие как инфракрасная или сублимационная сушка при низких температурах. Это позволит сохранить больше биологически активных соединений и улучшить качество готового продукта, особенно в условиях промышленного производства зелени для дальнейшего использования в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности.

Таким образом, полученные результаты подтверждают высокую питательную ценность базилика и сохраняющуюся полезность укропа даже в сушёном виде. На основе этих данных можно рекомендовать определённые сорта для различных целей – от свежего потребления до глубокой переработки [12].

Самое высокое содержание аскорбиновой кислоты в сушёной зелени укропа было у сортов Изумруд и Малахит – от 226 до 234 мг/100 г. Существенно выше, чем в контрольном варианте, содержание аскорбиновой кислоты было у сортов Валдай, Владыка, Надежный, Кудесник, Кустистый и Леший. Это позволяет резюмировать, что данные сорта имеют высокую ценность для переработки, консервации и сушки. Содержание пигментов и витаминов в сушёной зелени укропа и базилика.

Анализ химического состава сушёной зелени укропа показал, что даже после термической обработки сохраняется значительное количество биологически активных соединений, в частности каротиноидов и хлорофилла. Наиболее высокое содержание каротиноидов зафиксировано у сортов Узоры, Леший и Надежный – до 18 мг/100 г, что указывает на

их устойчивость к термическому воздействию и способность сохранять пигментный комплекс. Несколько ниже показатели были у сортов Изумруд, Малахит, Владыка и Кудесник – около 17 мг/100 г. Эти данные подчёркивают потенциал указанных сортов для получения сушёной продукции с высоким уровнем антиоксидантной активности.

По содержанию хлорофилла, важного компонента, обеспечивающего не только зелёную окраску, но и участвующего в процессах детоксикации и укрепления иммунной системы, выделились сорта Леший, Малахит, Надежный и Изумруд. Уровень хлорофилла в их сушёной зелени варьировался от 242 до 284 мг/100 г, что делает их особенно ценными при производстве функциональных продуктов питания, направленных на оздоровление организма.

Следует отметить, что итоговое качество сушёной зелени зависит не только от генетического потенциала сорта, но и от применяемой технологии сушки. Применение инфракрасной сушки или сушки при пониженных температурах (до 40–45 °С) позволяет значительно снизить потери витаминов и пигментов, сохраняя высокую биологическую ценность конечного продукта.

При изучении состава сушёной зелени базилика также установлено, что в процессе сушки происходит заметное снижение содержания термолабильных веществ – прежде всего аскорбиновой кислоты, каротиноидов и хлорофилла. Потери витамина С составили в среднем 50–55 %, каротиноидов – 40–45 %, а хлорофилла – 50–60 % в зависимости от сортовых особенностей. Однако из-за удаления влаги наблюдается относительное увеличение концентрации сухих веществ, что позволяет сохранить высокую питательную ценность даже в обезвоженном виде.

Наибольшее количество аскорбиновой кислоты в сушёной зелени было отмечено у сортов Изумруд, Ажур зелёный и Чародей – от 18,2 до 21,3 мг/100 г. Существенные показатели также продемонстрировали сорта Стелла, Металлика и Мавританский, превзойдя контрольный вариант. Эти результаты подтверждают возможность сохранения значимого объёма витамина С при соблюдении щадящих режимов сушки.

Лидерами по содержанию каротиноидов среди сортов базилика в сушёном виде стали Чародей (88,1 мг/100 г) и Троль (80,6 мг/100 г). Высокий уровень каротиноидов также зафиксирован у сортов Стелла – 70,4 мг/100 г и Москворецкий Семко – 64,8 мг/100 г. Эти сорта могут быть особенно интересны для использования в производстве приправ, экстрактов и биологически активных добавок.

По содержанию хлорофилла в сушёной зелени базилика наиболее высокие показатели зафиксированы у сортов Москворецкий Семко, Чародей и Изумруд – от 619 до 706 мг/100 г. Такие значения значительно превышают показатели контрольного сорта и свидетельствуют о мощной антиоксидантной активности, сохраняющейся даже после обезвоживания растительного сырья.

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать вывод о высокой сортовой специфичности по уровню сохранения биологически активных веществ после сушки. Эти результаты важны при выборе сортов для переработки и создания функциональных продуктов питания, в том числе с ориентацией на индустрию здорового питания и диетического рациона.

Выводы. 1. На основании анализа биометрических характеристик растений были определены наиболее перспективные сорта укропа и базилика. К лучшим сортам укропа отнесены: Леший, Изумруд, Узоры, Владыка и Надежный. Среди базилика выделились сорта: Стелла, Троль, Мавританский и Москворецкий Семко, отличающиеся сбалансированным сочетанием роста, облиственности и структуры куста.

2. По показателям урожайности свежей зелени укропа лидируют сорта Владыка, Кудесник, Изумруд, Узоры и Леший, с урожайностью от 2,5 до 2,8 кг/м². Эти сорта демонстрируют стабильные результаты на протяжении трёх лет наблюдений, что свидетельствует о высоком потенциале для товарного выращивания.

3. Среди сортов базилика наивысшую урожайность зелёной массы показали сорта Мавританский, Москворецкий Семко, Чародей, Стелла и Грузия – от 2,23 до 2,47 кг/м². Эти сорта рекомендованы для промышленного и фермерского возделывания в условиях открытого и защищённого грунта.

4. По результатам органолептической оценки сорта укропа Малахит, Владыка, Узоры, Валдай, Кустистый и Надежный получили высокие баллы – 4,8–4,9 из 5 возможных, благодаря насыщенному аромату и сбалансированному вкусу. Сорта базилика Изумруд, Троль, Металлика и Стелла отличались особенно выразительным ароматом и вкусом – 4,9–5,0 балла.

5. Комплексный анализ химического состава свежей зелени укропа позволил выделить сорта Изумруд, Малахит и Надежный» как лидеров по содержанию аскорбиновой кислоты (81-88 мг/100 г) и хлорофилла (79-81 мг/100 г). Сорта Узоры, Малахит и Леший отличились высоким уровнем каротиноидов (5,5-5,8 мг/100 г). Указанные сорта также показали оптимальные характеристики после сушки, сохранив значительную долю биоактивных соединений.

6. По интегральной оценке химического состава как свежей, так и сушёной зелени базилика наилучшие результаты продемонстрировали сорта Чародей, Стелла, Троль и Москворецкий Семко. Они обладают высоким содержанием витаминов, пигментов и эфирных масел, что делает их особенно ценными для использования в пищевой промышленности и производстве функциональных продуктов.

Conclusion. 1. Based on the analysis of the biometric characteristics of plants, the most promising varieties of dill and basil were identified. The best varieties of dill include: Leshy, Emerald, Patterns, Vladyka and Reliable. Among the basil varieties, Stella, Trol, Moorish and Moskvoretsky Semko stood out, characterized by a balanced combination of growth, foliage and structure of the bush.

2. In terms of the yield of fresh dill greens, Vladyka, Kudesnik, Izumrud, Uzory and Leshy varieties are in the lead, with yields ranging from 2.5 to 2.8 kg/m². These varieties have shown stable results over three years of observation, which indicates a high potential for commercial cultivation.

3. Among the basil varieties, the highest yields of green mass were shown by the Moorish, Moskvoretsky, Semko, Charodey, Stella and Georgia varieties – from 2.23 to 2.47 kg/m². These varieties are recommended for industrial and farm cultivation in open and protected ground conditions.

4. According to the results of the organoleptic evaluation, the dill varieties Malachite, Vladyka, Uzory, Valdai, Bushy and Reliable received high scores – 4.8-4.9 out of 5 possible, due to their rich aroma and balanced taste. The basil varieties Emerald, Trol, Metallica and Stella had a particularly expressive aroma and taste – 4.9-5.0 points.

5. A comprehensive analysis of the chemical composition of fresh dill greens allowed us to identify the varieties Emerald, Malachite and Reliable as leaders in the content of ascorbic acid (81-88 mg/100 g) and chlorophyll (79-81 mg/100 g). The Uzory, Malachite and Leshiy varieties were distinguished by their high carotenoid levels (5.5-5.8 mg/100 g). These varieties also showed optimal characteristics after drying, retaining a significant proportion of bioactive compounds.

6. According to an integrated assessment of the chemical composition of both fresh and dried basil greens, the best results were demonstrated by the varieties Charodey, Stella, Trol and Moskvoretsky Semko. They have a high content of vitamins, pigments and essential oils, which makes them especially valuable for use in the food industry and the production of functional products.

Библиографический список

1. Степанова Н. Ю., Васильева М. В. Сортоизучение базилика в условиях Ленинградской области. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2012. № 27. С. 18-23.
2. Адрицкая Н. А. Агробиологическая оценка сортов укропа в Ленинградской области. Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. Научное обеспечение развития сельского хозяйства и снижение технологических рисков в продовольственной сфере: сборник научных трудов международной научно-практической конференции. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2017. Т. 1. С. 6-8.
3. Степанова Н. Ю. Биологические особенности и продуктивность сортов укропа в условиях Ленинградской области. Известия Горского государственного аграрного университета. 2023. Т. 60-4. С. 14-23.
4. Степанова Н. Ю., Васильева М. В. Изучение базилика в условиях Ленинградской области. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2013. № 30. С. 35-38.
5. Васильева М. В., Степанова Н. Ю. Изучение сортов базилика при выращивании и замораживании. Вестник Студенческого научного общества. 2014. № 1. С. 136-138.
6. Малхасян А. Б. Сортные особенности формирования урожая базилика. Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 4. С. 27-29.
7. Сачивко Т. В. Оценка различных сортов базилика по основным хозяйственно полезным признакам. Вестник БАРГУ. Сер. Биологические науки (Общая биология). Сельскохозяйственные науки. 2016. Вып. 4. С. 91-95.
8. Костына А. Р. Элементы технологии выращивания базилика для перерабатывающей промышленности. Аграрная наука-2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей. РГАУ МСХА им. К. А. Тимирязева. 2022. С. 1855-1857.
9. Васильева М. В., Степанова Н. Ю. Производство и способы переработки базилика. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2015. № 1. С. 31-36.
10. Марченко В. И., Степанова Н. Ю. Значение витамина С и его сохраняемость при хранении и переработке. Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: материалы международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2013. С. 513-516.
11. Spiridonov A., Racheeva A., Stepanova N., Kondrat'ev V., Fedorova R., Kostko I., Vzdornova V. Effect of mineral fertilizers on quality and storability of potatoes. State and Development Prospects of Agribusiness: XVII International Scientific and Practical Conference. 2024. P. 01011.
12. Chu Y. F., Sun J., Wu X. Z., Liu R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables. J. Agric. Food Chem. 2002. V. 50. Pp. 6910-6916.

References

1. Stepanova N. Yu., Vasilyeva M. V. Variety study of basil in the conditions of the Leningrad region. Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. 2012. No 27. Pp. 18-23.
2. Adritskaya N. A. Agrobiological assessment of dill varieties in the Leningrad region. Scientific support for the development of agriculture in the context of import substitution: Proceedings of the international scientific and practical conference. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Agrarian University, 2017. V. 1. Pp. 6-8.
3. Stepanova N. Y. Biological features and productivity of dill varieties in the conditions of the Leningrad region. Proceedings of the Gorsky State Agrarian University. 2023. Vol. 60-4. Pp. 14-23.
4. Stepanova N. Yu., Vasilyeva M. V. Study of the basilica in the Leningrad region. Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. 2013. No 30. Pp. 35-38.
5. Vasilyeva M. V., Stepanova N. Yu. Study of basil varieties during cultivation and freezing. Bulletin of the Student Scientific Society. 2014. No 1. Pp. 136-138.
6. Malkhasyan A. B. Varietal features of basil crop formation. Proceedings of the Velikiye Luki State Agricultural Academy. 2014. No 4. Pp. 27-29.
7. Sachivko T. V. Evaluation of various varieties of basil according to the main economically useful characteristics. Bulletin of BARGU. Ser. Biological Sciences (General Biology). Agricultural sciences. 2016. Issue 4. Pp. 91-95.
8. Kostyna A. R. Elements of basil cultivation technology for the processing industry. Agrarian Science-2022: Proceedings of the All-Russian Conference of Young Researchers. Russian State Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev. 2022. Pp. 1855-1857.
9. Vasilyeva M. V., Stepanova N. Y. Production and processing methods of basil. Scientific Journal of the National Research University of ITMO. Series: Processes and devices of food production. 2015. No 1. Pp. 31-36.
10. Marchenko V. I., Stepanova N. Yu. The value of vitamin C and its preservation during storage and processing. Scientific support for the development of agriculture in the context of reform: Materials of the international scientific and practical conference of the faculty, researchers and graduate students. St. Petersburg State Agrarian University, 2013. Pp. 513-516.
11. Spiridonov A., Racheeva A., Stepanova N., Kondrat'ev V., Fedorova R., Kostko I., Vzdornova V. Effect of mineral fertilizers on quality and storability of potatoes. State and Development Prospects of Agribusiness: XVII International Scientific and Practical Conference. 2024. P. 01011.
12. Chu Y. F., Sun J., Wu X. Z., Liu R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables. J. Agric. Food Chem. 2002. V. 50. Pp. 6910-6916.

Информация об авторах

Степанова Наталья Юрьевна, заведующий кафедрой технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», (196601, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 2), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: natelaspb@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2433-7121>

Спиридонов Анатолий Михайлович, профессор кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», (196601, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 2), доктор сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: anatolij-spiridonov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1452-6698>

Квиткина Валерия Артёмовна, студентка, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», (196601, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 2).

Authors' Information

Natalia Yur'evna Stepanova, Head of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Products, St. Petersburg State Agrarian University, (196601, Saint Petersburg, Pushkin, Peterburgskoe Shosse, 2), Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: natelaspb@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2433-7121>

Anatoly Mikhailovich Spiridonov, Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Products, St. Petersburg State Agrarian University, (196601, St. Petersburg, Pushkin, Peterburgskoe Shosse, 2), Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: anatolij-spiridonov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1452-6698>

Valeria Artemovna Kvitkina, student, St. Petersburg State Agrarian University, (196601, St. Petersburg, Pushkin, Peterburgskoe highway, 2).

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-23

THE AGGRESSIVENESS AND THE SPECIES COMPOSITION OF *FUSARIUM* STRAINS ON THE TOMATO PLANTS (*SOLANUM LYCOPERSICUM*) IN THE CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD REGION

¹Struchalina E. V., ²Sokolova L. M.

¹"Rostock Seed Breeding Center"

Volgograd, Российская Федерация

²The All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing is a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Vegetable Growing"
Vereya, Moscow region, Russian Federation

Corresponding author E-mail: sev@agrosemcenter.ru

Received 19.04.2025

Submitted 02.06.2025

Abstract

Introduction. Vegetable growing and melon growing are one of the profitable industries in the risky farming area of the Volgograd region. The Volgograd region occupies a leading position in the production of borsch set. 56 % of all vegetables are grown in the fields of Gorodishchensky district – the total volume is over 577 thousand tons, about 119 thousand tons were produced in Sredneakhtubinsky, 87.7 thousand tons in

Bykovsky, 81.7 thousand tons in Svetloyarsky, 52.5 thousand tons in Leninsky. The proportion of damage to vegetable crops *Alternaria* spp. and *Fusarium* spp. it reached 53.6 % of the total number of examined crops. *Alternaria* spp. and *Fusarium* spp. cause serious damage to all vegetable crops. The development of the disease is subject to annual fluctuations depending on changing weather conditions, the assortment of cultivated varieties with different levels of resistance, and the species composition of pathogens. This is reflected in the manifestation of not always typical symptoms characteristic of each disease, and in a change in the intensity of damage to tomato crops. During the epiphytotic period, tomato fruit yield losses can reach up to 60-70 %. Therefore, the search and creation of new sources of group resistance and tolerance to the pathogens of alternariasis and fusariasis, adapted to the specific agro-climatic conditions of the growing region, is the key to the success of modern tomato breeding. **The purpose** of this study is to determine in vitro the pathogenicity of isolated strains of the genus *Fusarium* spp. the method of injury of tomato roots in the conditions of the Volgograd region, and the identification of the species of aggressive isolates by PCR analysis. **As a result** of the conducted studies, in vitro testing of the pathogenicity of strains on tomatoes showed a genotype-specific reaction to different strains. A high intensity of *Fusarium* development was noted in all the studied strains. Thus, strain No. 10 and No. 12 have a lesion score of 2.5 and 2.4, respectively. Strain No. 19 has the highest damage score, which was isolated from the root system of tomato plants that grew in the open ground. All other strains were classified as moderately susceptible. As a result of the conducted studies, the following species of *F. oxysporum*, *F. rhoae* have been confirmed. The dominant species is *F. oxysporum*.

Keywords: tomato, tomato diseases, *Fusarium* strains, tomato cultivation technologies.

Citation. Struchalina E. V., Sokolova L. M. The aggressiveness and the species composition of *Fusarium* strains on the tomato plants (*Solanum Lycopersicum*) in the conditions of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 222-230 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-23.

Author's contribution. Struchalina E. V., Sokolova L. M. – analysis of the results obtained, preparation of a draft manuscript. Sokolova L. M. – scientific research guide. Struchalina E. V., Sokolova L. M. – laboratory assessment. Struchalina E. V. – work with literature, preparation of materials for the article. Struchalina E. V. – statistical data processing.

Conflict of interests. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 632.4

АГРЕССИВНОСТЬ И ВИДОВОЙ СОСТАВ ШТАММОВ *FUSARIUM* НА РАСТЕНИЯХ ТОМАТА (*SOLANUM LYCOPERSICUM*) В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Стручалина Е. В., кандидат сельскохозяйственных наук

²Сokolova Л. М., доктор сельскохозяйственных наук

¹ООО «Селекционно-семеноводческий центр «Росток»
г. Волгоград, Российская Федерация

²Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства»
Верея, Московская область, Российская Федерация

Аннотация. Овощеводство и бахчеводство являются одной из прибыльных отраслей в зоне рискованного земледелия Волгоградской области. По производству борщевика набора Волгоградский регион занимает лидирующую позицию. 56 % всех овощей выращено на полях Городищенского района – общий объем составляет свыше 577 тыс. т, в Среднеахтубинском произведено около 119 тыс. т в Быковском – 87,7 тыс. т, в Светлоярском – 81,7 тыс. т в Ленинском – 52,5 тыс. т. Доля поражения овощных культур *Alternaria* spp. и *Fusarium* spp. достигала 53,6 % от общего числа осматриваемых посевов. *Alternaria* spp. и *Fusarium* spp. наносят серьезный ущерб всем овощным культурам. Развитие болезни подвержено ежегодным колебаниям в зависимости от меняющихся погодных условий, сортамента выращиваемых сортов с различным уровнем устойчивости, видового состава возбудителей. Это выражается в проявлении не всегда типичных симптомов, характерных для каждого заболевания, и в изменении интенсивности поражения посевов томата. В период эпифитотий потери урожая плодов томата могут достигать 60-70 %. Поэтому поиск и создание новых источников групповой устойчивости и толерантности к возбудителям альтернариоза и фузариоза, адаптированных к конкретным агроклиматическим условиям региона выращивания, является залогом успеха современной селекции томата. **Целью** данного исследования является определение в условиях *in vitro* патогенности выделенных штаммов рода *Fusarium* spp. методом травмирования корешков томата в условиях Волгоградской области, и идентификация видовой принадлежности агрессивных изолянтов методом ПЦР анализа. **В результате** проведенных исследований проверка патогенности штаммов *in vitro* на томате показала генотип-специфичную реакцию на разные штаммы. Высокая интенсивность развития *Fusarium* отмечали на всех изученных штаммах. Так, штаммы № 10 и № 12 имеют соответственно балл поражения 2,5 и 2,4. Наибольший балл поражения имеет штамм № 19, который выделен с корневой системы растений томата, которые произрастали в открытом грунте. Все остальные штаммы относились к средневосприимчивым. В результате проведенных исследований были подтверждены следующие виды *F. oxysporum*, *F. rhoae*. Как доминирующий определен вид *F. oxysporum*.

Ключевые слова: томат, болезни томата, штаммы *Fusarium*, технологии возделывания томата.

Цитирование. Стручалина Е. В., Соколова Л. М. Агрессивность и видовой состав штаммов *Fusarium* на растениях томата (*Solanum Lycopersicum*) в условиях Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 222-230. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-23.

Авторский вклад. Стручалина Е. В., Соколова Л. М. – анализ полученных результатов, подготовка черновика рукописи. Соколова Л. М. – научное руководство исследованием. Стручалина Е. В., Соколова Л. М. – проведение лабораторной оценки. Стручалина Е. В. – работа с литературой, подготовка материалов для статьи. Стручалина Е. В. – статистическая обработка данных.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Овощеводство и бахчеводство являются одной из прибыльных отраслей в зоне рискованного земледелия Волгоградской области. 1,146 млн т овощей произвели в Волгоградской области в 2024 году в хозяйствах всех категорий. По производству борщевых наборов волгоградский регион занимает лидирующую позицию. 56 % всех овощей выращено на полях Городищенского района – общий объем составляет свыше 577 тыс. т, в Среднеахтубинском произведено около 119 тыс. т., в Быковском – 87,7 тыс. т, в Светлоярском – 81,7 тыс. т, в Ленинском – 52,5 тыс. т.

Авторами Радченко Е. Е. и др. (2019), при проведении фитомониторинга в г Астрахань и г. Волгоград выявлено, что наиболее высоким уровнем резистентности обладали следующие патогены на различных овощных культурах: *A. solani* SORAUER, *Alternaria* sect. *Infectoriae*, *A. tenuissima* (Nees & T. Nees: Fr.) Wiltshire, *Stemphylium* sp., *Trichoderma* sp., *Ulocladium* sp., *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc., *F. oxysporum* SCHLTDL., *F. sporotrichioides* Sherb., *F. poae* (PECK) WOLLENW, *Phoma* sp., *Rhizopus* spp. Доля поражения овощных культур *Alternaria* spp. и *Fusarium* spp. достигала 53,6 % от общего числа выявленных посевов в Астрахани и Волгограде [1].

Эти болезни наносят серьезный ущерб всем овощным культурам. Среди множества факторов, влияющих на заражение фитопатогенами в полевых условиях, существенная роль принадлежит сложным взаимодействиям патогенного комплекса внутри агробиоценоза, изменяющих ареал их распространения [2]. Развитие болезни подвержено ежегодным колебаниям в зависимости от меняющихся погодных условий, сортимента выращиваемых сортов с различным уровнем устойчивости, видовой состав возбудителей [3, 4]. Это выражается в проявлении не всегда типичных симптомов, характерных для каждого заболевания, и в изменении интенсивности поражения посевов томата [5].

Томат поражается целым рядом вредных организмов. Их вредоносность проявляется в снижении урожая, в плесневении плодов и семян, а также в загрязнении сельскохозяйственной продукции метаболитами различных грибов, которые могут оказать фитотоксическое и аллергенное действие [6].

В составе патоконсоциума пораженных альтернариозом и фузариозом растений могут встречаться высоковирулентные виды, которые могут самостоятельно поражать растения или усиливать тяжесть развития болезни [7].

В период эпифитотий потери урожая плодов томата могут достигать до 60-70 %. Поэтому поиск и создание новых источников групповой устойчивости и толерантности к возбудителям альтернариоза и фузариоза, адаптированных к конкретным агроклиматическим условиям региона выращивания, является залогом успеха современной селекции томата [8].

В связи с вышеизложенным целью данного исследования является определение в условиях *in vitro* патогенности выделенных штаммов рода *Fusarium* spp. методом травмирования корешков томата в условиях Волгоградской области и идентификация видовой принадлежности агрессивных изолятов методом ПЦР анализа.

Материалы и методы. Исследования по определению агрессивности – патогенности и видовой принадлежности проводили в лаборатории селекционно-семеноводческого центра «Росток» в Среднеахтубинском районе, Волгоградской области в 2023-2024 годах.

Материалом исследований служили 9 штаммов патогена рода *Fusarium* которые были выделены в ходе исследований с 2023-2024 года из вегетирующих растений томата.

Предварительная идентификация родовой принадлежности штаммов проводилась по морфологическим признакам с помощью определителя [9].

Выделение патогена рода *Fusarium* spp. в чистую культуру осуществляли на питательных средах: картофельно-сахарозный агар и Чапека. Состав питательных сред готовился по прописям, представленным в работах [10, 11]. Моноспоровые культуры получали по методике [12].

Молекулярно-генетический анализ проведен с использованием видоспецифичных маркеров, апробированных в работах следующих авторов [13, 14].

Результаты. Представители рода *Fusarium* spp. наносят большой вред сельскому хозяйству. Фузариозы – трахеомикозное сосудистое увядание на растениях проявляются в форме корневой гнили, увяданий растений. Фузариозы также выделяют токсин, который является вредоносным как для растений, так и для человека.

В настоящее время для современных научных исследований требуются новые подходы и методы исследований.

Рядом авторов было предпринято множество попыток борьбы с широким спектром патогенных грибов путем интуитивно скрещивая друг с другом определенные растения с наилучшими свойствами [15, 16].

Еще одним подходом на пути решения повышения устойчивости Y Song (2018), выделял экспрессию белков иммунных рецепторов *SIVe1* из томата и *SmELR* из дикого картофеля, также повышала устойчивость к *вертициллезному* увяданию табака и хлопка и *Phytophthora infestans* у картофеля соответственно [17].

В последнее время авторами M.L Luo и др. (2021) была разработана более эффективная стратегия объединения нескольких генов устойчивости в кассете экспрессии [18].

Почти все новые методы по определению устойчивости остаются на стадии тестирования, и ни один из них не получил разрешения на применение [19].

Применение традиционных фитопатологических методов это прямой и направленный подход к улучшению устойчивости сельскохозяйственных культур к биотической устойчивости.

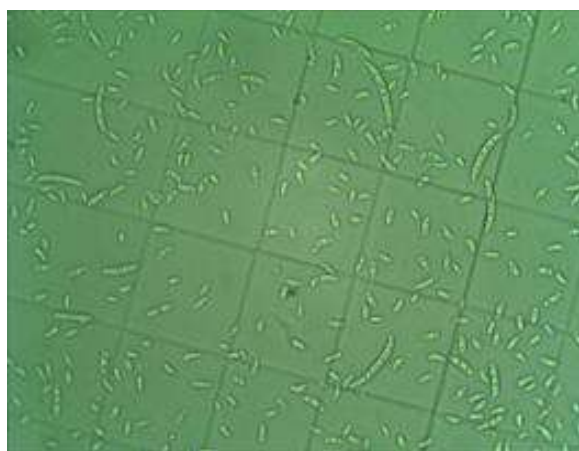
В своих исследованиях по определению агрессивности / патогенности изучаемых штаммов мы использовали метод «травмирования корневой системы» томата с последующей напиткой суспензией спор и высадкой устойчивых растений в грунт.

Что нам дает данный опыт? Мы определяем патогенность штаммов, отбираем наиболее агрессивные в селекционную работу, проводим отбор устойчивых генотипов с последующей высадкой в защищенный грунт с целью получения устойчивых линий к корневым гнилям.

Суть метода: Для заражения сеянцев выращивают 14 дневную чистую культуру при температуре 25°C на среде Чапек. Данный опыт «травмирование корневой системы» томата с последующей инокуляцией суспензией спор проводят, когда растения достигают фазы 1-3 настоящих листа (растениям 1 месяц). Растения извлекаются из грунта (за день до проведения опыта сеянцы не поливаются), отряхиваются от почвы и даем им выležаться примерно 30 минут (для лучшего впитывания суспензии). Далее корешки слегка подрезаем и погружаем в инфекционную суспензию из спор патогена р. *Fusarium* spp., где проходит их напитка суспензией в течение 15 минут при инфицированной нагрузке спор в суспензии 10^7 . Нагрузку определяют с помощью камеры Горяева (рисунок 1).



Чистая культура *F. oxysporum*



Концентрация суспензии в камере Горяева

Рисунок 1 – Чистая культура *Fusarium oxysporum* и концентрация суспензии спор в камере Горяева
Figure 1 – Pure culture of *Fusarium oxysporum* and spore suspension concentration in Goryaev's chamber

После инкубации семян пикируют в посевные ящики (рисунок 2) в стерильную почву, которую увлажняют питательным раствором Кнопа, затем ящики размещают на светоустановку с режимом температуры +26-27 °С, освещенность 5-6 тыс. люкс при 16-ти часовом дне. Каждый исследуемый штамм в отдельный ящик. Контролем служили растения томата, которые напивались дистиллированной водой.

Первые симптомы поражения появляются на 6-7 сутки, выражаются в пожелтении, увядании, опадении семядолей, первого листа и общим угнетением роста растения. Учет растений проводят на 7, 14, 21 сутки.



Растения после заражения
в ящике



Увядание растений после
заражения на 21 сутки



Пораженное растение
(закупорка в виде почернения
сосудов)

Рисунок 2 – Проявление фузариоза по сосудистой системе растения томата

Figure 2 – Manifestation of Fusarium in the vascular system of the tomato plant

На 21 сутки провели заключительную оценку толерантности томата к 9 штаммам р. *Fusarium* spp. При заключительном учете проводили две оценки. Первая – это визуальная оценка по признаку увядания растений. Вторая оценка заключалась в извлечении из ящиков каждого растения с образца, у всех растений разрезали стебель пополам и смотрели, побурела или нет сосудистая система (рисунок 1). Растения не пораженные высаживались в грунт.

Перечень штаммов и оценка агрессивности представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка патогенности штаммов р. *Fusarium* spp.

Таблица 1 – Оценка патогенности штаммов р. *Fusarium* spp.

Наименование штамма / Strain name	7 сутки / 7 day	14 сутки / 14 day	21 сутки / 21 day
№ 10 с листа (открытый грунт) / No 10 per sheet (open ground)	1,5	2	2,5
№ 54 с корешков главного корня (открытый грунт) / No 54 from the roots of the main root (open ground)	1,2	1,5	2
№ 19 с корневой системы (открытый грунт) / No 19 from the root system (open ground)	1,5	2,5	3
№ 13 с листа (закрытый грунт) / No13 per sheet (indoors)	1	1	1,5
№ 30 с плодоножки томата (открытый грунт) / No 30 from tomato stem (open ground)	0,5	1	1,3
№ 16 с главного стебля (открытый грунт) / No 16 from the main stem (open ground)	1	1,5	1,5
№ 26 с плодоножки томата (закрытый грунт) / No 26 per tomato stalk (indoors)	1	1	1,2
№ 12 с корневой системы (открытый грунт) / No 12 from the root system (open ground)	1	1,7	2,4
№ 53 с главного стебля (закрытый грунт) / No 53 from the main stem (indoors)	1	1,5	2
контроль вода / Water control	0	0	0

При анализе таблицы 1 мы видим нарастание патогенности (способность штаммов заражать) изучаемых штаммов, так, если при первой оценке на 7 сутки штамм № 19 имеет балл поражения по образцу 1,5, то при заключительной оценке на 21 сутки поражение составляет 3 балла. Такую же закономерность можно проследить и по остальным исследуемым штаммам.

В результате проведенных исследований наиболее патогенным / агрессивным оказался штамм № 19, который был выделен с корневой системы растений томата из открытого грунта. Данный штамм по сравнению с другими обладал высокой патогенностью. Поражение растений при проведении заключительной оценки составил 3 балла, тогда как у других варьировало от 1,2 до 2,5. Данный штамм будет привлечен в селекционную работу для оценки исходного и селекционного материала томата по толерантности.

Для точной иммунологической оценки нужно знать не только род, но и вид патогена, который поражает томат в условиях Волгоградской области.

В таблице 2 приведены праймеры, которые были использованы для видовой ПЦР идентификации патогенных грибов рода *Fusarium* spp.

Таблица 2 – Молекулярно-генетические маркеры, использованные для видовой идентификации

Вид фузариума / <i>Fusarium</i> type	Название праймеров / Primer Name	Сиквенсы праймеров / Primer sequences	Ожидаемый размер ампликона, п.н. / Expected amplicon size, p.n.
<i>F. oxysporum</i>	FO1	ACATACCACTTGTTCCTCG	340
	FO1	CGCCAATCAATTTGAGGAACG	
<i>F. culmorum</i>	175F	TTTTAGTGGAACTTCTGAGTAT	245
	430R	AGTGCAGCAGGACTGCAGC	
<i>F. avenaceum</i>	FAF1	AACATACCTTAATGTTGCCTCGG	314
	FAR	ATCCCAACACCAAACCCGAG	
	Fg16NR	TTCTTTGACATCTGTTCAACCCA	
<i>F. poae</i>	Fp82F	CAAGCAAACAGGCTCTTCACC	220
	Fp82R	TGTTCCACCTCAGTGACAGGTT	

В результате ПЦР анализа (рисунок 3) во всех изученных штаммах присутствовал маркер *Fusarium oxysporum*. Изоляты 19 и 54 представляют чистую культуру *F. oxysporum*. В штаммах 26, 30, 53 кроме *F. oxysporum*, присутствует примесь патогенна *F. poae* (рисунок 4).

Л. Т. Тиминой и И. А. Енгальчевой (2015) установлено, что в настоящее время соотношение видов изменилось. Раньше преобладали виды *F. oxysporum* и *F. avenaceum*, сейчас они встречаются реже. Данные авторы идентифицировали четыре новых вида для культуры моркови: *Fusarium nivale*, *F. chlamidosporum*, *F. equiseti*, *F. proliferatum* [20].

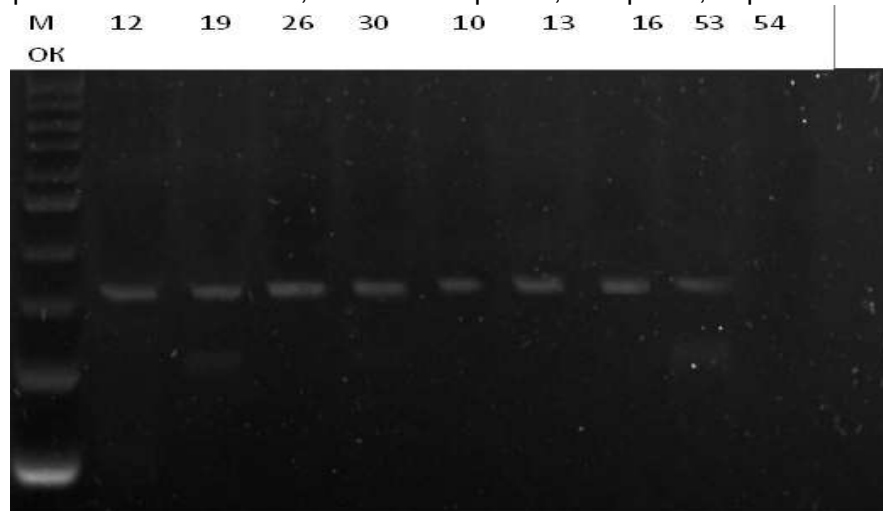


Рисунок 3 – Результаты амплификации с праймерами FOF1 – FOR1 на *F. oxysporum*, длина ожидаемого фрагмента 340bp. М – маркер молекулярного веса 100bp. Изоляты: 12 с корневой системы (открытый грунт); 19 с корневой системы (открытый грунт); 26 с плодоножки томата (закрытый грунт); 30 с плодоножки томата (открытый грунт); 10 с листа (открытый грунт); 13 с листа (закрытый грунт); 16 с главного стебля (открытый грунт); 53 с главного стебля (закрытый грунт); 54 с корешков главного корня (открытый грунт). ОК – отрицательный контроль

Figure 3 – Amplification results with FOF1 – FOR1 primers on *F. oxysporum*, expected fragment length 340bp. M is a 100bp molecular weight marker. Isolates: 12 from the root system (open ground); 19 from the root system (open ground); 26 from the tomato stalk (closed ground); 30 from the tomato stalk (open ground); 10 from the leaf (open ground); 13 from the leaf (closed ground); 16 from the main stem (open soil); 53 from the main stem (closed ground); 54 from the roots of the main root (open ground).

OK – negative control

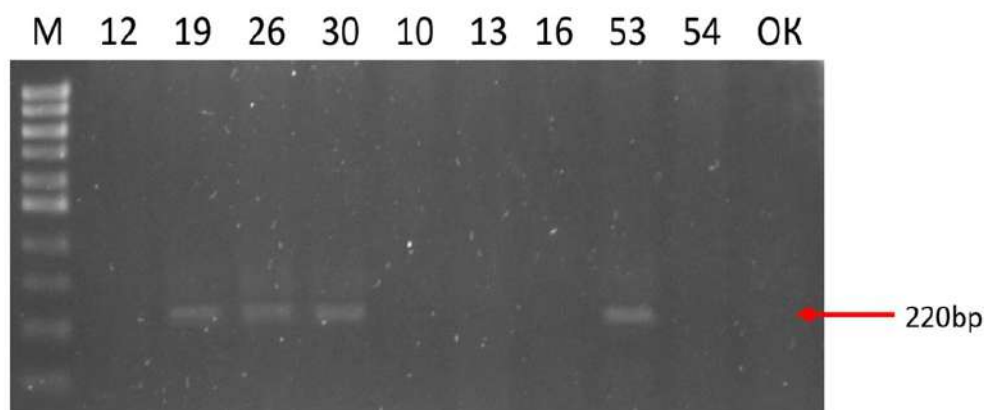


Рисунок 4 – Результаты амплификации с праймерами Fp82F – Fp82R на *F. poae*, длина ожидаемого фрагмента 220bp. М – маркер молекулярного веса 100bp. Цифрами обозначен номер штамма: Изоляты: 12 с корневой системы (открытый грунт); 19 с корневой системы (открытый грунт); 26 с плодоножки томата (закрытый грунт); 30 с плодоножки томата (открытый грунт); 10 с листа (открытый грунт); 13 с листа (закрытый грунт); 16 с главного стебля (открытый грунт); 53 с главного стебля (закрытый грунт); 54 с корешков главного корня (открытый грунт).

ОК – отрицательный контроль

Figure 4 – Amplification results with Fp82F – Fp82R primers on *F. poae*, expected fragment length 220bp. M – molecular weight marker 100bp. Numbers indicate the strain number: Isolates: 12 from the root system (open ground); 19 from the root system (open ground); 26 from the tomato stalk (closed ground); 30 from the tomato stem (open ground); 10 from the leaf (open ground); 13 from the leaf (closed ground); 16 from the main stem (open ground); 53 from the main stem (closed soil); 54 from the roots of the main root (open ground). GC – Negative Control

Обсуждение. Fourie (2011) отмечает недостаточную стабильность морфологических признаков видов рода *Fusarium* и их изменчивость под влиянием генетических и экологических факторов, что может осложнять идентификацию видов в смешанных штаммах [21].

Tilahun (2024) [22] отмечает, что даже изоляты одного вида, выделенные в пределах одной географической зоны, могут иметь разные морфологические характеристики, поэтому подтверждение видовой принадлежности с помощью ПЦР или секвенирования фрагментов ITS-областей является неотъемлемой частью современных исследований.

В мировой практике о поражении томата *F. poae* сообщали Stenglein et al. (2009) [23].

Beltran (2023) (отмечают, что патогенные штаммы обладают высокой степенью специфичности к хозяину, что привело к развитию концепции «*formae specialis*». Однако сообщения разных исследователей по всему миру о поражении растений видами, которые ранее не были зафиксированы как патогены на данных культурах [24], может говорить об эволюции патогенов и приобретении способности поражать более широкий спектр культур.

Заключение. В нашем исследовании проверка патогенности штаммов *in vitro* на томате показала генотип-специфичную реакцию на разные штаммы. Высокую интенсивность развития болезни мы отмечали на всех изученных штаммах. Так, штаммы № 10 и № 12 имеют соответственно балл поражения 2,5 и 2,4. Наибольший балл поражения имеет штамм № 19, который выделен с корневой системы растений томата, которые произрастали в открытом грунте. Все остальные штамм относились к средневосприимчивым.

В результате проведенных исследований были подтверждены следующие виды *Fusarium oxysporum*, *F. poae*. Как доминирующий определен вид *F. oxysporum*.

Conclusions. In our study, *in vitro testing of the pathogenicity of strains* on tomatoes showed a genotype-specific reaction to different strains. We noted a high intensity of the disease development in all the studied strains. Thus, strain No 10 and No 12 have a lesion score of 2.5 and 2.4, respectively. Strain No 19, which was isolated from the root system of tomato plants that grew in the open field, has the highest lesion score.

As a result of the research, the following species were confirmed: *Fusarium oxysporum*, *F. poae*. The dominant species is *F. oxysporum*.

Библиографический список

1. Радченко Е. Е., Абдуллаев Р. А., Алпатьева Н. В., Путина О. В., Гасич Е. Л. Альтернариозные пятнистости гуара. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23 (6). С. 641-649.
2. Гагкаева Т. Ю., Гаврилова О. П., Орина А. С. Патогенные свойства грибов родов *Alternaria* и *Fusarium*, выделенных из растений семейства Капустные. Защита и карантин растений. 2021. № 9. С. 29-32.

3. Зеленева Ю. В., Афанасенко О. С., Судникова В. П. Влияние агроклиматических условий, жизненной формы и вида хозяина на видовой комплекс возбудителей септориоза пшеницы. Поволжский экологический журнал. 2020. № 2. С. 177-190.
4. Torriani D. S., Calanca P., Beniston M., Fuhrer J. Hedging with weather derivatives to cope with climate variability and change in grain maize production. *Agricult Finance Rev.* 2018. № 3. Pp. 67-81.
5. Синиченко Н. А., Козарь Е. Г., Ванюшкина И. А., Енгальчева И. А., Пышная О. Н. Создание исходного материала томата на устойчивость к возбудителям альтернариоза. Инновационные технологии в агропромышленном комплексе: материалы международной научно-практической конференции. Воронеж, 2003. С. 242-248.
6. Тимина Л. Т., Енгальчева И. А. Комплекс патогенов на овощных культурах в условиях центрального региона РФ. *Овощи России*. 2015. № 3-4. С. 123-129.
7. Смирнов А. Н., Кузнецов С. А., Приходько Е. С. Встречаемость и вредоносность альтернариоза на картофеле и других сельскохозяйственных культурах в некоторых регионах России. XX Международная научная конференция. Варшава, 2014. № 1. С. 299-301.
8. Ванюшкина И. А., Синиченко Н. А., Козарь Е. Г. Применение системы фунгицидов на томате в условиях открытого грунта Приморского края. *Овощи России*. 2023. № 6. С. 101-107.
9. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно протогенных грибов. М.: Мир, 2001. 486 с.
10. Билай В. И. Фузариоз. Киев: Наукова думка, 1977. 443 с.
11. Соколова Л. М. Система комплексного применения селекционно-иммунологических методов для создания сортов и гибридов моркови столовой с групповой устойчивостью к *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp. Методические рекомендации. Москва, 2022. С. 56.
12. Хохлаков М. К. Методические указания по экспериментальному изучению фитопатогенных грибов. Л.: ВИЗР, 1979. 78 с.
13. Kuzdraliński A., Szczepa H., Tofil K., Filipiak A., Garbarczyk E., Dziadko P., Solarska, E. Early PCR-based detection of *Fusarium culmorum*, *F. graminearum*, *F. sporotrichioides* and *F. poae* on stem bases of winter wheat throughout Poland. *European Journal of Plant Pathology*. 2014. No 140. Pp. 491-502.
14. Prashant K. Mishra, et al. Development of a PCR-based assay for rapid and reliable identification of pathogenic *Fusaria*. *FEMS Microbiology Letters*. 2003. V. 218. Issue 2. Pp. 329-332.
15. Cui J., Jiang N., Zhou X., Hou X., Yang G., Meng J., Luan Y. Tomato MYB49 enhances resistance to *Phytophthora infestans* and tolerance to water deficit and salt stress. *Planta*. 2018. No 248. Pp. 1487-1503.
16. Liu T., Chen T., Kan J., Yao Y., Guo D., Yang Y., Ling X., Wang J., Zhang B. The GhMYB36 transcription factor confers resistance to biotic and abiotic stress by enhancing *PR1* gene expression in plants. *Plant Biotechnol. J.* 2022. No 20. Pp. 722-735.
17. Song Y., Liu L., Wang Y., Valkenburg D. J., Zhang X., Zhu L., Thomma B. P. H. J. Transfer of tomato immune receptor *Ve1* confers *Ave1*-dependent *Verticillium* resistance in tobacco and cotton. *Plant Biotechnol. J.* 2018. No 16. Pp. 638-648.
18. Luo M. L., Xie S., Chakraborty A., Wang O., Matny M., Jugovich J. A., Kolmer T., Richardson D., Bhatt M., Hoque M., et al. A five-transgene cassette confers broad-spectrum resistance to a fungal rust pathogen in wheat. *Nat. Biotechnol.* 2021. No 39. Pp. 561-566.
19. Stuijver M. H., Custers J. H. Engineering disease resistance in plants. *Nature*. 2001. No 411. Pp. 865-868.
20. Mourgues F., Brisset M. N., Chevreau E. Strategies to improve plant resistance to bacterial diseases through genetic engineering. *Trends Biotechnol.* 1998. No 16. Pp. 203-210.
21. Тимина Л. Т., Енгальчева И. А. Комплекс патогенов на овощных культурах в условиях центрального региона РФ. *Овощи России*. 2015. № 3-4. С. 123-129.
22. Tilahun T., Abate S., Tilahun T., Taye M. Morphological variability of *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici* (FOC) isolates infecting pepper (*capsicum annum* L.) landraces in West Gojjam Zone, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 2024. No 10 (1). 2322782.
23. Stenglein S. A., Barreto D., Nicholson P., Chandler E., Brambilla V., Piris E. M., Salerno G. L. First report of *Fusarium poae* on tomato in Argentina. *Plant Pathology*. 2009. No 58.
24. Beltran M., Delgado J. C., Valdivia A. G., Hernandez A., Garcia A. M. First report of *Fusarium equiseti* causing root and crown rot in tomato in Mexico. *Plant Disease*. 2023. No 107 (8). P. 2542.

References

1. Radchenko E. E., Abdullaev R. A., Alpatieva N. V., Putina O. V., Gasich E. L. Alternarial Spots of Guar. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019. № 23 (6). Pp. 641-649.
2. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Orina A. S. Pathogenic Properties of Fungi of the Genera *Alternaria* and *Fusarium* Isolated from Plants of the Cabbage Family. *Plant protection and quarantine*. 2021. № 9. Pp. 29-32.
3. Zeleneva Y. V., Afanasenko O. S., Sudnikova V. P. Influence of agroclimatic conditions, life form and host species on the species complex of wheat septoria pathogens. *Volga Ecological Journal*. 2020. № 2. Pp. 177-190.
4. Torriani D. S., Calanca P., Beniston M., Fuhrer J. Hedging with weather derivatives to cope with climate variability and change in grain maize production. *Agricult Finance Rev.* 2018. № 3. Pp. 67-81.
5. Sinichenko N. A., Kozar E. G., Vanyushkina I. A., Engalycheva I. A., Pyshnaya O. N. Creation of Tomato Source Material for Resistance to *Alternaria* Pathogens. Innovative technologies in the agro-industrial complex: materials of the international scientific and practical conference. Voronezh, 2003. Pp. 242-248.
6. Timina L. T., Engalycheva I. A. Pathogen Complex on Vegetable Crops in the Central Region of the Russian Federation. *Vegetables of Russia*. 2015. № 3-4. Pp. 123-129.
7. Smirnov A. N., Kuznetsov S. A., Prihodko E. S. Occurrence and Harmfulness of *Alternaria* on Potatoes and Other Agricultural Crops in Some Regions of Russia. XX International Scientific Conference. Warsaw, 2014. № 1. Pp. 299-301.
8. Vanyushkina I. A., Sinichenko N. A., Kozar E. G. Application of the Tomato Fungicide System in Open Ground Conditions of Primorsky Krai. *Vegetables of Russia*. 2023. № 6. Pp. 101-107.
9. Sutton D., Fothergill A., Rinaldi M. Determinator of pathogenic and conditionally praprogenic fungi. Moscow, Mir Publ., 2001. 486 p.
10. Bilai V. I. Fuzarii. Kiev: Naukova dumka, 1977. 443 p.

11. Sokolova L. M. System of Complex Application of Selection and Immunological Methods for the Creation of Table Carrot Varieties and Hybrids with Group Resistance to *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp. Methodical recommendations. Moscow, 2022. P. 56.
12. Khokhryakov M. K. Metodicheskie ukazaniya po eksperimental'nomu izucheniyu fitopatogennykh fungi. Л.: VIZR, 1979. 78 p.
13. Kuzdraliński A., Szczerba H., Tofil K., Filipiak A., Garbarczyk E., Dziadko P., Solarska, E. Early PCR-based detection of *Fusarium culmorum*, *F. graminearum*, *F. sporotrichioides* and *F. poae* on stem bases of winter wheat throughout Poland. *European Journal of Plant Pathology*. 2014. No 140. Pp. 491-502.
14. Prashant K. Mishra, et al. Development of a PCR-based assay for rapid and reliable identification of pathogenic *Fusaria*. *FEMS Microbiology Letters*. 2003. V. 218. Issue 2. Pp. 329-332.
15. Cui J., Jiang N., Zhou X., Hou X., Yang G., Meng J., Luan Y. Tomato MYB49 enhances resistance to *Phytophthora infestans* and tolerance to water deficit and salt stress. *Planta*. 2018. No 248. Pp. 1487-1503.
16. Liu T., Chen T., Kan J., Yao Y., Guo D., Yang Y., Ling X., Wang J., Zhang B. The GhMYB36 transcription factor confers resistance to biotic and abiotic stress by enhancing *PR1* gene expression in plants. *Plant Biotechnol. J.* 2022. No 20. Pp. 722-735.
17. Song Y., Liu L., Wang Y., Valkenburg D. J., Zhang X., Zhu L., Thomma B. P. H. J. Transfer of tomato immune receptor *Ve1* confers *Ave1*-dependent *Verticillium* resistance in tobacco and cotton. *Plant Biotechnol. J.* 2018. No 16. Pp. 638-648.
18. Luo M. L., Xie S., Chakraborty A., Wang O., Matny M., Jugovich J. A., Kolmer T., Richardson D., Bhatt M., Hoque M., et al. A five-transgene cassette confers broad-spectrum resistance to a fungal rust pathogen in wheat. *Nat. Biotechnol.* 2021. No 39. Pp. 561-566.
19. Stuijver M. H., Custers J. H. Engineering disease resistance in plants. *Nature*. 2001. No 411. Pp. 865-868.
20. Mourgues F., Brisset M. N., Chevreau E. Strategies to improve plant resistance to bacterial diseases through genetic engineering. *Trends Biotechnol.* 1998. No 16. Pp. 203-210.
21. Timina L. T., Engalycheva I. A. Pathogen Complex on Vegetable Crops in the Central Region of the Russian Federation. *Vegetables of Russia*. 2015. № 3-4. Pp. 123-129.
22. Tilahun T., Abate S., Tilahun T., Taye M. Morphological variability of *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici* (FOC) isolates infecting pepper (*capsicum annum* L.) landraces in West Gojjam Zone, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 2024. No 10 (1). 2322782.
23. Stenglein S. A., Barreto D., Nicholson P., Chandler E., Brambilla V., Piris E. M., Salerno G. L. First report of *Fusarium poae* on tomato in Argentina. *Plant Pathology*. 2009. No 58.
24. Beltran M., Delgado J. C., Valdivia A. G., Hernandez A., Garcia A. M. First report of *Fusarium equiseti* causing root and crown rot in tomato in Mexico. *Plant Disease*. 2023. No 107 (8). P. 2542.

Информация об авторах

Стручалина Елена Владимировна, руководитель селекционно-семеноводческого департамента кандидат сельскохозяйственных наук, ООО «Селекционно-семеноводческий центр «Росток» (Российская Федерация, г. Волгоград, ул. Набережная Волжской Флотилии, 11А), orcid ID: 0009-0006-7580-1103, e-mail: sev@agrosemcenter.ru

Соколова Любовь Михайловна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (Российская Федерация, 140153, Московская область, деревня Верея), orcid ID: 0000-0001-6223-4767, e-mail: Isokolova74@mail.ru

Authors' Information

Struchalina Elena Vladimirovna, Head of the seed breeding department, Candidate of Agricultural Sciences, Center "Rostock" LLC (Russian Federation, Volgograd, Embankment of the Volga Flotilla, 11A), orcid ID: 0009-0006-7580-1103, e-mail: sev@agrosemcenter.ru

Sokolova Lyubov Mikhailovna, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing, branch of the "Federal Scientific Center of Vegetable Growing" (Russian Federation, 140153, Moscow region, Vereya village), orcid ID: 0000-0001-6223-4767, e-mail: Isokolova74@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-24

THE ASSESSMENT OF THE RANGE OF NATURAL POPULATIONS OF THE ENDEMIC SPECIES *JUNIPERUS SABINA* L. BY THE REMOTE SENSING METHODS¹Khuzhakhmetova A. Sh., ²Voronina V. P., ¹Tsoi M. V., ¹Sapronova D. V.

¹*Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation*

²*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: avfanc@yandex.ru

Received 10.03.2025

Submitted 04.06.2025

The research was carried out on the topic of the State Assignment of the Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (FNFE-2025-0008), The Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

Summary

The dynamics of the areal areas of the endemic species *Juniperus sabina* L. are presented based on space imagery analysis.

Abstract

Introduction. Integrated monitoring studies are required to assess the distribution of natural populations of *Juniperus sabina* L., an edifier of sandy arenas and chalk sediments. This species is a natural monument of the Volgograd region, forms unique endemic communities, contributing to the conservation and enhancement of biodiversity of indigenous phytocenoses. **Objects.** *Juniperus sabina* populations in the Volgograd region, growing in the Volga-Don interfluvium. **Materials and methods.** Ground geobotanical surveys, remote sensing methods and the programs 'QGIS 3.18.1', 'Google Earth PRO', 'Adobe Photoshop' were used to assess the dynamics of population areas, allowing to identify decoding features and features of mapping of crown projections of juniper populations on space images. **Results and conclusions.** Ground and remote sensing analyses of juniper populations were carried out, which revealed its habitat on the area of 210.02 ha. The peculiarities of the species' bioecology and its confinement to low-productive landscapes on sandy soils of the Archeda sand massif and chalk sediments on the slopes of the Don River were established. The main deciphering features of *Juniperus sabina* were developed on multispectral space images. Analysis of *Juniperus sabina* habitats on 11 test sites showed that populations grow at an altitude of 50-200 m above sea level, on sandy soils a decrease in area by 10-43 % was revealed, on chalky soils by 7-41 %. The main reasons for reduction of the total area and individual clumps of juniper are landscape fires, mechanical damage of plants. No correlation between meteorological conditions and reduction of areas of populations was revealed, which proves the highest level of adaptation of *Juniperus sabina* and its edifying role in preservation of indigenous communities. Taking into account that scientific research was conducted in specially protected areas, where collection of berries and vegetative organs is prohibited, collection breeding plots established in the FSC Agroecology of the Russian Academy of Sciences will be of priority importance for the restoration of some isolated natural populations.

Keywords: *Juniperus sabina* L., remote sensing, indigenous phytocenoses, endemic populations, nature monuments protection.

Citation. Khuzhakhmetova A. Sh., Voronina V. P., Tsoi M. V., Sapronova D. V. The assessment of the range of natural populations of the endemic species *Juniperus sabina* L. by the remote sensing methods. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 230-241 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-24.

Author's contributions. All authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors of this article have reviewed and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 630.181:574.38

**ОЦЕНКА АРЕАЛА ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ЭНДЕМИЧНОГО
ВИДА *JUNIPERUS SABINA* L. ДИСТАНЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ**

¹Хужахметова А. Ш., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

²Воронина В. П., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Цой М. В., аспирант

¹Сапронова Д. В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследование выполнено по государственному заданию Федерального научного центра агроэкологии, комплексной мелиорации и защитного лесоразведения Российской академии наук (FNFE-2025-0008), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Актуальность. Для оценки распространения естественных популяций стелющегося кустарника *Juniperus sabina* L., являющегося эдификатором песчаных арен и меловых отложений, необходимы комплексные мониторинговые исследования. Этот вид является памятником природы Волгоградской области, образует уникальные эндемичные сообщества, способствуя сохранению и повышению биоразнообразия коренных фитоценозов. **Объекты.** Популяции *Juniperus sabina* на территории Волгоградской области, произрастающие в Волго-Донском междуречье. **Материалы и методы.** Для оценки динамики площадей популяций применялись наземные геоботанические обследования, методы дистанционного зондирования и программы «QGIS 3.18.1», «Google Earth PRO», «Adobe Photoshop», позволяющие выявлять дешифровочные признаки и особенности картографирования проекций кроны популяций можжевельника на космоснимках. **Результаты и выводы.** Проведен наземный и дистанционный анализ популяций можжевельника, который выявил его местообитание на площади 210,02 га. Установлены особенности биоэкологии вида и его приуроченность к малопр-

дуктивным ландшафтам на песчаных почвах Арчединского песчаного массива и меловых отложениях на склонах р. Дон. На мультиспектральных космоснимках были разработаны основные дешифровочные признаки *Juniperus sabina*. Анализ ареалов можжевельника на 11 тестовых полигонах показал, что популяции произрастают на высоте 50-200 м над уровнем моря, на песчаных почвах выявлено уменьшение площади на 10-43 %, на меловых почвах на 7-41 %. Основными причинами уменьшения общей площади и отдельных куртин можжевельника являются ландшафтные пожары, механические повреждения растений. Взаимосвязи метеорологических условий и уменьшения площадей ареалов популяций не было выявлено, что доказывает высочайший уровень адаптации можжевельника и его эдификаторную роль в сохранении коренных сообществ. Учитывая, что научные исследования проводились на особо охраняемых территориях, где сбор ягод и вегетативных органов запрещен, коллекционные участки размножения, созданные в ФНЦ агроэкологии РАН, будут иметь приоритетное значение для восстановления некоторых изолированных природных популяций.

Ключевые слова: *Juniperus sabina* L., дистанционный мониторинг, коренные фитоценозы, эндемичные популяции, охрана памятников природы.

Цитирование. Хужахметова А. Ш., Воронина В. П., Цой М. В., Сапронова Д. В. Оценка ареала природных популяций эндемичного вида *Juniperus sabina* L. дистанционными методами. *Известия НВ АУК*. 2025. 3(81). 230-241. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-24.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В сухостепной зоне Волгоградской области единственным хвойным растением, имеющим природоохранный статус [1], является *Juniperus sabina* L. Во многих источниках указано, что этот кустарник достаточно широко распространен на зональных почвах в Европе, на Кавказе, Южном Урале, степной зоне Сибири и Казахстана, в Западных Саянах, в гористых районах Северной Монголии и Центральной Азии. Амплитуда его произрастания достаточно обширная. Можжевельник образует заросли на песчаных почвах, меловых отложениях, горных каменистых почвах до высоты около 2000 м над уровнем моря [2], что объясняется его уникальными адаптационными возможностями.

Сохранение биоразнообразия флоры, имеющей природоохранный статус и являющейся ценозообразователями, особенно в малолесных регионах, относится к приоритетному направлению, так как позволяет создавать благоприятную экологическую среду для других, находящихся под угрозой исчезновения редких видов. Наиболее распространенным подходом в сохранении уникальных коренных фитоценозов является создание сетей особо охраняемых природных территорий (ООПТ) различного уровня [3]. Также хороший долговременный эффект достигается с помощью методов агролесомелиорации [4]. В России и за рубежом для сохранения и обогащения дендрофлоры на землях сельскохозяйственного назначения создаются агролесомелиоративные системы, в которые органично вписываются ООПТ [5, 6, 7]. Агролесомелиорация ландшафтов оказывает значительное позитивное экологическое воздействие на биоразнообразие флоры, так как создаются более благоприятные микроклиматические условия [5].

Принимая во внимание эндемичность *Juniperus sabina* L. и высокие адаптационные способности произрастать в тяжелейших лесорастительных условиях, возрастает актуализация современных данных о динамике общей площади популяций можжевельника казачьего и изменении границ природного ареала ООПТ.

Целью работы является уточнение естественного ареала популяций можжевельника *Juniperus sabina* L. на территории Волгоградской области с использованием спутниковых снимков и ГИС-технологий.

Задачами исследований являлось установление мест локализации вида на основе вновь разработанных дешифровочных признаков, характерных для можжевельника и оптимального сезона наблюдений. Апробация методов дистанционного зондирования и программ «QGIS 3.18.1», «Google Earth PRO», «Adobe Photoshop» успешно реализована для определения площадей произрастания вида.

Объекты и методы исследований. Объектами наблюдений являлись природные популяции *Juniperus sabina*, произрастающие в Волго-Донском междуречье на песчаных почвах Арчедино-Донских песков, а также на меловых склонах реки Дон.

В качестве тестовых полигонов было выделено 11 участков, приуроченных к Центральной части Арчединско-Донских песков (5 шт. песчаные популяции), а также территории вблизи х. Мелоклетский (Клетский р-он – 4 шт. меловые популяции), с. Михайловка (Ольховский р-он – 1 шт. меловая популяция), х. Камышинский (Иловлинский р-он – 1 шт. меловая популяция). Наземное геоботаническое обследование коренных фитоценозов с участием можжевельника проводилось по общепринятым методикам в 2017, 2019 годах. Для дистанционной оценки ареалов, занятых популяциями можжевельника, применялись разновременные космические снимки, позволяющие определять площадь на труднодоступных местах и восполнить недостаток наземной информации. Сбор информации (местоположение, высота над уровнем моря, особенности рельефа и т.д.) проводился из различных источников, имеющих в общем доступе.

Предварительный этап оценки основных характеристик памятника природы включал анализ пространственного размещения Клетской популяции *J. sabina*, Арчедино-донской популяции – в Красной книге Волгоградской области [1] и картографирование ареалов по координатам согласно открытой базы данных [8]. Исторические космические снимки произрастания *J. sabina* в различных биотопах были получены в осенний и зимний сезоны с использованием программы "Google Планета Земля PRO" [2]. Влияние сезона съемки на алгоритмы и качество обработки мультиспектральных данных для оценки таксационных характеристик древесных пород рассмотрено в работах Кабонена и Ивановой [9], Ониши, Исе [10]. Методологические аспекты использования программ "QGIS 3.18.1", "Google Планета Земля PRO", "Adobe Photoshop" для оценки распределения искусственных насаждений и природных популяций в овражно-балочной системе бассейна Среднего Дона подробно представлены в работах авторов [2, 11]. Цвет, текстура, форма и плотность зарослей можжевельника как признаки расшифровки позволили определить контуры популяций с последующим выделением их ареала. По данным о растровом слое, выраженный в количестве пикселей ("QGIS 3.18.1", polygon calculator), вычисляли площадь по формуле:

$$S = \frac{N}{n^2},$$

где N – число пикселей в слое, n – количество пикселей в 1 пог. м.

Сопряженность температурных показателей и годовой суммы осадков анализировалась с учетом показаний метеостанций: Иловлинская, Ольховская, Фроловская Волгоградской области, которые покрывают территории, входящие в состав ООПТ.

Результаты и обсуждение. Охрана естественных ландшафтов и местообитаний видов биоты, занесенных в Красные книги РФ и Волгоградской области, относится к приоритетным природоохранным задачам, особенно в связи с интенсификацией технологий в сельском хозяйстве, приводящих к утрате видового и ландшафтного биоразнообразия [1, 3, 7]. Эндемичный вид *Juniperus sabina* L., является памятником природы Волгоградской области, произрастает на территориях ООПТ регионального значения [3]. Геоботанические экспедиционные обследования были проведены в 2017, 2019 годах на территориях: ООПТ «Можжевельник казацкий» (Дубовский, Клетский, Старополтавский, Суrowsкий районы Волгоградской области), природного парка «Донской», ООПТ «Урочище Провалы», «Белогорский Свято-Троицкий Каменнобродский монастырь» (Клетский, Ольховский районы). Здесь можжевельник образует уникальные эндемичные сообщества, способствуя сохранению и повышению биоразнообразия коренных фитоценозов, которые отражают исторические фитоценоотические сукцессионные изменения. Проведенные мониторинговые наблюдения за почвенно-растительным покровом выявили стабилизирующую роль популяций кустарника *Juniperus sabina* L., на почвах песчаных арен и меловых отложений, так как его стелющаяся крона, непригодность к поеданию, хорошая вегетативная активность корневой системы и надземной части позволяют выживать и ежегодно возобновляться другим менее устойчивым видам.

Особую флористическую роль *Juniperus sabina* L. выполняет в сохранении кальцефильной флоры правобережья реки Дон. Механизмом противозерозионной устойчивости склоновых меловых почв является мощная корневая система можжевельника, которая по трещинам проникает вглубь, способствуя повышению воздухо- и водопроницаемости почвы, лучшему формированию почвенного профиля. В растительном покрове

ве с участием можжевельника казацкого преобладают ксерофильные травянистые растения из семейства Poaceae: *Stipa* L., *Festuca valesiaca* Schleich. Ex Gaudin. и полукустарниковые виды.

В составе травостоя выявлено около 40 видов, в том числе *Artemisia hololeuca* M. Bieb. ex Besser., *A. austriaca* Jacq., *Bassia prostrata* (L.) Beck, *Alyssum* L., *Thymus calcareus* Klokov, *Achillea millefolium* L., *Vitex agnus-castus* L., *Salvia tesquicola* Klokov и др. Здесь произрастают и охраняются законами Волгоградской области редкие кальцефильные виды – *Hyssopus cretaceus* Dubj. (иссоп меловой дубравный), *Matthiola fragrans* (Fisch.) (маттиола душистая Бунге), *Artemisia salsoloides* Willd. и эндемик юго-востока Европейской части России – *Silene hellmannii* Claus. (Смолёвка Гельмана).

Выявлено, что при наземных обследованиях возникают определенные сложности при определении площади отдельной особи в структуре популяции, так как в зависимости от рельефа, где произрастает можжевельник, форма куста часто имеет неправильную форму или образует слияние с несколькими особями. Преодоление трудностей по определению площади популяции можно успешно решать, применяя методы дистанционного зондирования и автоматизированного выделения ареала тестируемой особи и ее площади.

Для адекватного дешифрирования космоснимков необходимо правильно выбрать сезон съемки местности. Лучшим периодом является весенний, осенний и зимний сезоны разных лет, когда отсутствует снежный покров, а травянистая растительность не вегетирует. На таких снимках куртины *Juniperus sabina* имеют сизый или темно-зеленый цвет, хорошо выделяются на светлом песчаном или меловом фоне. Групповой характер размещения куртин или отдельных особей на снимках в межбугровых понижениях отображается как округлые (овальные) единые пятна с разным диаметром и плотностью размещения. Форма контура куртин на склонах балок, оврагов на меловых отложениях определяется микрорельефом участка, как правило, куртина (особь) имеет неправильные «расчлененные» границы, копируя рельефные особенности. На песках можжевельник имеет хорошо выраженные очертания, которые часто не дают теневых изображений. На меловых склонах (особенно в верхней части овражно-балочной системы) *Juniperus sabina* формирует более плотное проективное покрытие, так как заросли мало повреждаются (рисунок 1).



Рисунок 1 – Особенности дешифрирования зарослей популяций *Juniperus sabina*

Figure 1 – Peculiarities of interpretation of *Juniperus sabina* populations

На снимках со спутника заросли можжевельника казацкого имеют зеленовато-голубоватый оттенок, четко выявляется групповой характер скоплений, что явно отличало их от других голосеменных видов, таких как сосна.

Фрагмент дешифрирования площади проекции можжевельника представлен на рисунках 2, 3. Последовательность действий заключается в подборе исходного снимка, где имеются заросли можжевельника, затем проводится выделение и автоматическое закрашивание определенным цветом. Для определения динамики «роста или убыли» площади сравниваются с аналогичными площадями, но за другой временной отрезок, то есть проводится наложение определенных слоев.

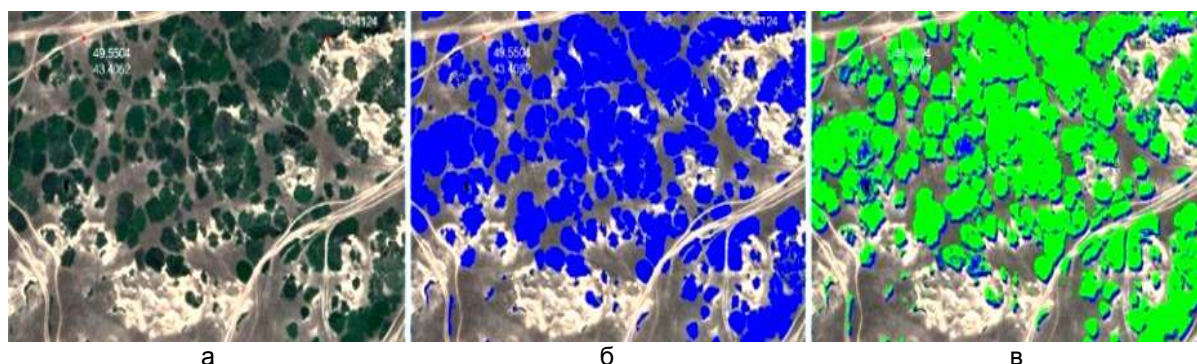


Рисунок 2 – Механизм дешифрирования спутникового снимка с участием можжевельника на Арчединско-Донском песчаном массиве (а – исходное изображение; б – выбор цвета особи; в – совмещение контурного слоя ареала вида с другим годом)

Figure 2 – The mechanism of decoding a satellite image with juniper on the Archedinsky-Don sand massif (a – the original image; b – the choice of the color of the individual; c – the combination of the contour layer of the range of the species with another year)

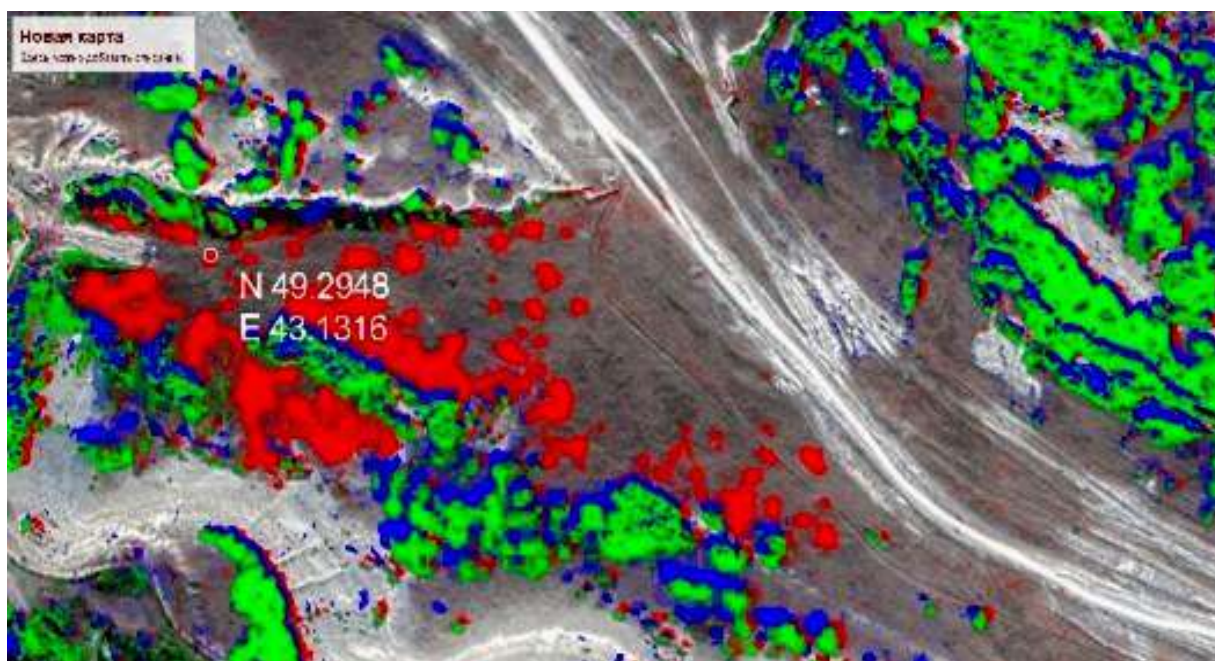


Рисунок 3 – Особенности локализации и распространения *Juniperus sabina* на склоновых землях правого берега реки Дон, популяция № 11 (красный цвет – площадь в 2014 г., синий – 2014-2019 гг., зеленый – 2014-2021 гг.)

Figure 3 – Features of localization and distribution of *Juniperus sabina* on the sloping lands of the right bank of the Don River, population N11 (red color – area in 2014, blue – 2014-2019, green – 2014-2021)

С учетом отличительных особенностей дешифровки были определены контуры крупных популяций можжевельника казацкого и их площадь на 11 тестовых участках, включая 5 мест (№№ 1-5) на песчаных почвах и 6 участков (№№ 6-11) на меловых субстратах за период 2002-2021 гг. (таблица 1).

Прогноз развития популяции составлен без учета геоботанического обследования, то есть во внимание не принимались: численность и возрастное состояние особей, образующих популяцию. Также не учитывались особенности размножения на тестируемых полигонах. В результате анализа космических снимков разных лет было установлено как уменьшение, так и увеличение площади популяций (№ 1, 2, 4). На участке № 6 до 2019 года была стабильная ситуация, которая изменилась в последующие годы из-за ландшафтного пожара, уничтожившего почти половину популяции (на 38 % от площади 2019 г.).

Таблица 1 – Динамика ареалов *Juniperus sabina*
Table 1 – Range dynamics of *Juniperus sabina*

№	Площадь проекции растительного сообщества, пиксели (км ²) / Projection area of the plant community, pixels (km ²)								Прогноз / Forecast
	2002	2010	2011	2014	2018	2019	2020	2021	
Арчединско-Донской песчаный массив, центральная часть (50-100 м над уровнем моря) / Archedinsko-Donskoy sandy massif, central part (50-100 m above sea level)									
№ 1	***	***	126497 (2.07)	***	***	128975 (2.11)	***	112291 (1.84)	сокращает- ся, негатив- ный / shrinking, negative
№ 2	***	65167 (1.49)	***	***	***	53765 (1.23)	***	56351 (1.29)	достаточно стабильная / fairly stable
№ 3	10517 (0.22)	***	16280 (0.33)	***	***	15317 (0.31)	***	12372 (0.25)	сокращает- ся, негатив- ный / shrinking, negative
№ 4	26658 (0.72)	***	19787 (0.53)	***	***	12885 (0.35)	***	15433 (0.41)	восстанав- ливается после пожара / recovering from the fire
№ 5	***	***	48431 (0.69)	***	***	46937 (0.67)	***	43698 (0.62)	достаточно стабильная / fairly stable
хутор Мелоклецкий (Клетский район, 50-200 м над уровнем моря) / Melokletsky farm (Kletsky district, 50-200 m above sea level)									
№ 6	***	***	-	65397 (0.97)	***	68174 (1.01)	***	40715 (0.60)	сокращает- ся, негатив- ный / shrinking, negative
№ 7	***	***	23529 (0.66)	27447 (0.77)	***	25520 (0.71)	***	***	достаточно стабильная / fairly stable
№ 10	***	***	***	3 640 (0,14)	***	5182 (0.20)	***	4 601 (0.18)	восстанав- ливается после пожара / recovering from the fire
№ 11	***	***	***	24 120 (0.49)	***	23427 (0.47)	***	29 971 (0.60)	стабильно увеличива- ется / steady increase
село Михайловка (Ольховский район, 50-100 м над уровнем моря) / Mikhaylovka village (Olkhovsky district, 50-100 m above sea level)									
№ 8	***	***	***	***	6 672 (0.35)	***	6 680 (0,35)	***	Стабильная / stable
поселок Камышинский (Иловлинский район, 50-200 м над уровнем моря) / Kamyshinsky settlement (Ilovlinsky district, 50-200m above sea level)									
№ 9	***	***	***	***	***	15895 / 10013 (0,62) / (0,39)	***	9 433 (0.37)	сокращает- ся, негатив- ный / shrinking, negative

*** – наблюдения не проводились / (no observations were carried out).

Дистанционная оценка популяции можжевельника на участке № 9 (август – сентябрь 2019 г.) выявила аналогичную причину сокращения зарослей кустарника, как на тестовом участке № 6. Здесь от ландшафтного пожара пострадало около 41 % территории.

Для оценки качественных изменений у кустарниковых видов, произрастающих на пирогенных территориях, требуется визуальная оценка особей, пострадавших от огня. С большой долей вероятности естественным способом не восстановятся особи, у которых сгорели не только одно-двухлетние побеги, но и кора вблизи корневой шейки. Потенциал восстановления популяции, хотя бы частично, возможен, если имеются особи, корневая шейка которых глубоко засыпана песком или меловым субстратом, где сохранились спящие почки или имеются вегетативно укорененные ветви от материнской особи. Однако, даже при благоприятном прогнозе восстановления и увеличения численности растений, восстановительная сукцессия может занять около десяти лет. Некоторые авторы отмечают [12, 13], что в результате пирогенного воздействия увеличивается доля дерновинных злаков и эфемеров, снижается участие разнотравья, полукустарников и полукустарничков.

Анализ площади популяций можжевельника на тестовых участках № 7, 8, 10, 11 показал, что их ареал сохраняет стабильность, а меловая популяция участка № 11 имеет хорошую тенденцию увеличения занимаемой площади на 24-26 %.

Следует отметить, что, кроме ландшафтных пожаров, негативное влияние на сохранение и восстановление популяций можжевельника оказывают нерегулируемый выпас (передвижение) скота, перемещение на различном автотранспорте, в том числе в виде экстремального ралли по песчаным буграм.

Можжевельник казацкий отличается чрезвычайной способностью расти на бедных олиготрофных почвах, к которым относятся пески и меловые отложения. В таких условиях он ведет себя как ультраксерофит, то есть у него потребность во влаге минимальная. Однако для активного расселения популяций, чтобы было реализовано вегетативное и семенное размножение, необходимо определенное количество атмосферных осадков, которые ежегодно и в достаточном объеме выпадают на территории местообитания. Проведенный анализ атмосферных осадков в местах наибольшего скопления популяций можжевельника казацкого (рисунок 4) показал достаточное стабильное их выпадение за период 2002-2021 гг. На всех трех точках наиболее сухим был 2020 год, однако в следующем году выпала повышенная норма осадков. Наибольшей аридностью характеризуются местообитания можжевельника в Иловлинском и Ольховском районах.

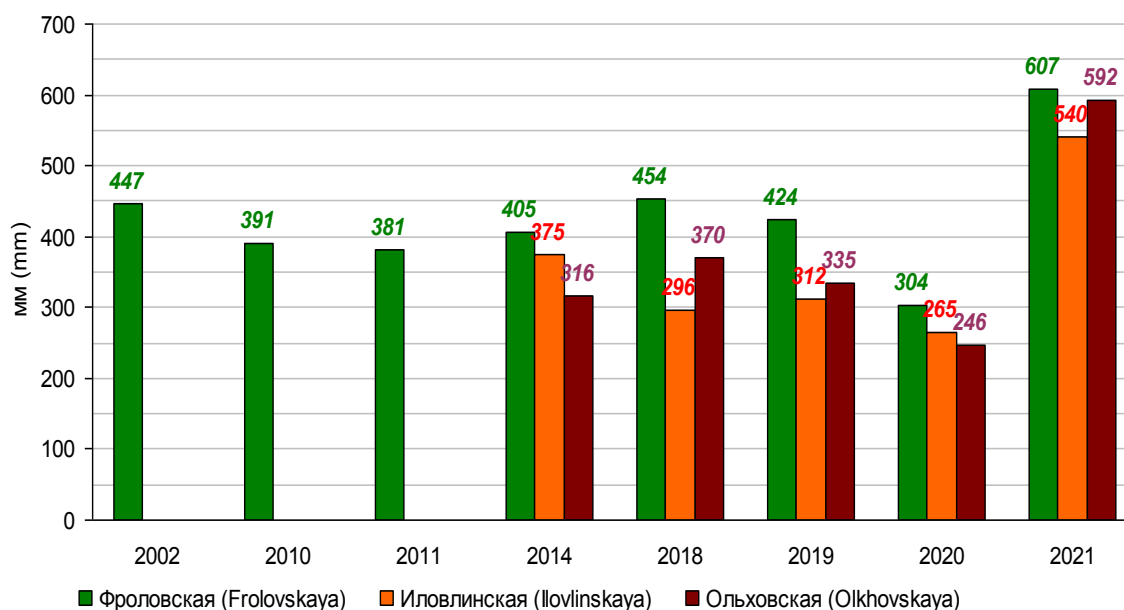


Рисунок 4 – Годовые суммы осадков за период 2002-2021 гг. по тестовым полигонам (метеостанции «Фроловская» № 1-7, 10-11, «Иловлинская» № 9, «Ольховская» № 8)

Figure 4 – Annual precipitation amounts for the period 2002-2021 by test sites (Frolovskaya meteorological stations N 1-7, 10-11, Ilovinskaya N 9, Olkhovskaya N 8)

Анализ среднегодовых показателей температурного режима на тестовых полигонах показал, что во Фроловском районе средняя температура за год составляет 8,8-9,0 °С, что ниже на 0,9 °С, чем в Иловлинском районе. Для Ольховского района были выявлены колебания температуры воздуха 7,4-9,0 °С из-за высоких зимних температур 2020 года, превышающих норму почти на 6,5 °С.

При Комитете природных ресурсов в области [3] создана рабочая группа (комиссия), обосновывающая необходимость объединения всех разрозненных ООПТ, где произрастает можжевельник казацкий и введение единых природоохранных норм, в том числе привлечение научного потенциала для быстреего восстановления численности эндемичного вида и его содоминантных видов. Такое слияние разобщенных ареалов позволяет увеличить существующую площадь памятника природы. Изъятие земель из сельскохозяйственного оборота у собственников не потребуются, так как ООПТ образована на неудобьях, которые не используются. Ранее, при формировании охраняемых территорий, около 40 % площади популяции можжевельника не было включено в их состав, в основном это территории в балках и оврагах (верхней и средней части водосборной площади), где имеются жизнеспособные особи. Наибольшие опасения сохранности коренных фитоценозов, где произрастает песчаная популяция можжевельника, вызывает территория Арчедино-Донских песков, где отмечается повышенная горимость, а незаросшие пески становятся дефляционно опасными, способными засечь песчаным субстратом молодые особи.

Поэтому Центр агроэкологии РАН включил в свою научную программу технологию размножения можжевельника казацкого [14], чтобы использовать посадочный материал для восстановления численности популяций, прежде всего на песчаных территориях, где произошли крупные ландшафтные пожары (рисунок 5).



Рисунок 5 – Маточные насаждения *Juniperus sabina* в коллекциях размножения
Figure 5 – *Juniperus sabina* mother plantations in propagation collections

Было установлено, что среди различных популяций можжевельника, заготовленного в местах естественного обитания, наиболее успешной укореняемостью характеризуется *Juniperus sabina* (песчаная популяция). Однолетние черенки можжевельника приживаются на 70-90 %, и через год их можно высаживать на постоянную площадь. На стационарных объектах проводится изучение эколого-биологических особенностей, возможность семенного размножения на бедных песчаных почвах, хозяйственно ценные особенности, чтобы использовать можжевельник на других ООПТ, где его доминирование утрачено.

Другим направлением восстановления численности *Juniperus sabina* является альтернативное решение по созданию резервных насаждений можжевельника, а также более широкое его применение в озеленении склоновых территорий, овражно-балочных земель в городской черте.

Заключение. Комплексный анализ местообитания эндемичного вида *Juniperus sabina* L. выявил изолированность популяций, обитающих на меловых склонах р. Дон и песчаных почвах Арчединско-Донского песчаного массива. Были установлены особенности дешифрирования зарослей и отдельных особей, произрастающих в различных биотопах, что позволило актуализировать ареал вида в границах ООПТ на площади 210,02 га. Биоэкология можжевельника казачьего предполагает формирование куртин вокруг материнского растения, так как стелющиеся ветви засыпаются и укореняются, что вызывает объективные трудности в подсчёте численности популяции. Дистанционная оценка динамики ареала на 11 тестовых полигонах за период 2002-2021 гг. показала, что имеются территории, где площадь популяций сокращается в основном из-за ландшафтных пожаров. В центральной части Арчединско-Донского песчаного массива (участки №№ 1, 3) площадь популяций можжевельника уменьшается на 12,80-19,35 %, прогноз развития неблагоприятный. На других тестовых участках (№№ 2, 4, 5) выявлено достаточно стабильное состояние растительного покрова, в том числе можжевельника, пострадавшего от пожара в 2019 году. Анализ ареала можжевельника, произрастающего на меловых отложениях (6 тестовых полигонов), показал достаточно хорошую устойчивость популяций, особенно вблизи х. Мелоклецкого (участок № 11). Здесь прирост площади ареала составил 0,11 км² (22,4 %) относительно данных в 2014 году, так как в головной части овражной сети имеются молодые популяции. На других тестовых полигонах (№ 6 и № 9) выявлено сокращение проективного покрытия: № 6 – на 0,41 км², № 9 – на 0,23 км² из-за повреждения пожаром зарослей можжевельника в 2019 году. Восстановительная сукцессия кустарникового яруса происходит достаточно медленно (около 5-10 лет) из-за сложного семенного и вегетативного размножения, которые выявляются локально в понижениях микрорельефа. Для восстановления площади произрастания *Juniperus sabina* L. на территории Волгоградской области необходимо объединить разобщенные ареалы путем расширения площади ООПТ, а также создавать резервные и буферные насаждения, где будет проводиться заготовка посадочного материала и использоваться для восстановления деградированных земель.

Conclusion. A comprehensive habitat analysis of the endemic species *Juniperus sabina* L. revealed isolated populations inhabiting the chalk slopes of the Don River and sandy soils of the Archedinsky sand massif. The peculiarities of interpretation of thickets and individuals growing in different biotopes were established, which allowed to actualize the areal of the species within the boundaries of the protected area on the area of 210.02 ha. The bioecology of Cossack juniper implies the formation of clumps around the mother plant, as the stem branches are buried and rooted, which causes objective difficulties in counting the population size.

Remote assessment of areal dynamics at 11 test sites for the period 2002-2021 showed that there are areas where the population area is decreasing, mainly due to landscape fires. In the central part of the Archedinsky-Donskiy sand massif (sites № 1, 3) the area of juniper populations is decreasing by 12.80-19.35 %, the development forecast is unfavorable. On other test sites (№ 2, 4, 5) revealed a fairly stable state of vegetation cover, including juniper affected by fire in 2019. Analysis of the areal of juniper growing on chalk sediments (6 test sites) showed a fairly good stability of populations, especially near the village of Melokletsky (site № 2, 4, 5). Melokletsky (site № 11). Here, the increase in the range area amounted to 0.11 km² (22.4 %) relative to the data in 2014, as there are young populations in the head part of the gully network. There are young populations in the head part of the gully network. Other test sites (№ 6 and № 9) revealed reduction of projective cover: № 6 – by 0.41 km², № 9 – by 0.23 km² due to fire damage to juniper thickets in 2019. Restoration succession of the shrub layer is rather slow (about 5-10 years) due to complex seed and vegetative reproduction, which are revealed locally in depressions of microrelief. To restore the area of growth of *Juniperus sabina* L. on the territory of Volgograd region it is necessary to unite separated habitats of *Juniperus sabina* L. on the territory of Volgograd region and by expanding the area of protected areas, as well as to create reserve and buffer plantations, where planting material will be harvested will be harvested and used for restoration of degraded lands.

Библиографический список

1. Веденеев А. М. Красная книга Волгоградской области. Комитет по охране природы администрации Волгоградской области. Волгоград, 2006. Т. 2. 236 с.
2. Семенютина В. А., Цой М. В. Мониторинг пространственного распределения можжевельника казачьего в Волгоградской области. Наука. Мысль. 2022. Т. 12. № 1. С. 103-129.
3. Лемешкин А. В. и др. О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2022 году: доклад. Волгоград: Темпора, 2023. С. 97-106.
4. Kulik K. N., Belyaev A. I., Pugacheva A. M. The role of protective afforestation in drought and desertification control in agro-landscape. Arid Ecosystems. 2023. № 13 (1). Pp. 1-10.
5. Семенютина А. В. и др. Научные основы и методы мониторинга состояния и динамики дендрофлоры лесомелиоративных комплексов в целях предотвращения деградации и опустынивания территорий. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2024. 196 с.

6. Rolo V., Hartel T., Aviron S., et al. Challenges and innovations for improving the resilience of European agroforestry systems of high nature and cultural value: a stakeholder perspective. *Sustainability Science*. 2020. № 15. Pp. 1301-1315.

7. Wang X. Managing land carrying capacity: key to achieving sustainable production systems for food security. *Land*. 2022. № 11 (4). Article Number: 484.

8. Цифровая база данных высот. SRTM 90m Digital Elevation Database CGIAR - Consortium for Spatial Information, 2022. <https://srtm.csi.cgiar.org>

9. Кабонен А. В., Иванова Н. В. Оценка биометрических характеристик деревьев по данным наземного LiDAR и разносезонной аэрофотосъемки в искусственных насаждениях. *Nature Conservation Research. Заповедная наука*. 2023. Т. 8 (1). С. 64-83.

10. Onishi M., Ise T. Explainable identification and mapping of trees using UAV RGB image and deep learning. *Scientific Reports*. 2021. № 11 (1). 903 p.

11. Хужахметова А. Ш., Воронина В. П., Лазарев С. Е. Оценка пространственной структуры древесно-кустарниковых насаждений города Волгограда по данным мультиспектральных спутниковых снимков. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2022. № 3 (67). С. 218-232.

12. Шинкаренко С. С., Иванов Н. М., Берденгалиева А. Н. Пространственно-временная динамика выгоревших площадей на федеральных ООПТ юго-востока Европейской России. *Nature Conservation Research. Заповедная наука*. 2021. Т. 6 (3). С. 23-44.

13. Шинкаренко С. С., Берденгалиева А. Н. Анализ многолетней динамики степных пожаров в Волгоградской области. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2019. Т. 16 (2). С. 98-110.

14. Семенютина А. В., Сапронова Д. В., Цой М. В., Сапронов В. В. Технологии выращивания посадочного материала хвойных таксонов для лесомелиорации и озеленения. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2020. 68 с.

References

1. Vedenev A. M. Red Book of the Volgograd Region. Committee for Nature Protection of the Administration of the Volgograd Region. Volgograd, 2006. v. 2. 236 p.

2. Semenyutina V. A., Tsoi M. V. Monitoring of the spatial distribution of Cossack juniper in the Volgograd region. *Science. Thought*. 2022. V. 12. № 1. Pp. 103-129.

3. Lemeshkin A. V. et al. On the state of the environment of the Volgograd region in 2022: report. Volgograd: Tempora, 2023. Pp. 97-106.

4. Kulik K. N., Belyaev A. I., Pugacheva A. M. The role of protective afforestation in drought and desertification control in agro-landscape. *Arid Ecosystems*. 2023. № 13 (1). Pp. 1-10.

5. Semenyutina A. V., et al. Scientific foundations and methods for monitoring the state and dynamics of dendroflora of forest reclamation complexes in order to prevent degradation and desertification of territories. Volgograd: Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2024. 196 p.

6. Rolo V., Hartel T., Aviron S., et al. Challenges and innovations for improving the resilience of European agro-forestry systems of high nature and cultural value: a stakeholder perspective. *Sustainability Science*. 2020. № 15. Pp. 1301-1315.

7. Wang X. Managing land carrying capacity: key to achieving sustainable production systems for food security. *Land*. 2022. № 11 (4). Article Number: 484.

8. Digital database of heights. SRTM 90m Digital Elevation Database CGIAR – Consortium for Spatial Information, 2022. <https://srtm.csi.cgiar.org>

9. Kabonen A. V., Ivanova N. V. Estimation of Biometric Characteristics of Trees from Terrestrial LiDAR Data and Multi-Season Aerial Photography in Artificial Plantations. *Nature Conservation Research. Protected science*. 2023. V. 8 (1). Pp. 64-83.

10. Onishi M., Ise T. Explainable identification and mapping of trees using UAV RGB image and deep learning. *Scientific Reports*. 2021. № 11 (1). 903 p.

11. Khuzakhmetova A. Sh., Voronina V. P., Lazarev S. E. Assessment of the spatial structure of tree and shrub plantations in the city of Volgograd based on multispectral satellite imagery. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2022. № 3 (67). Pp. 218-232.

12. Shinkarenko S. S., Ivanov N. M., Berdengaliyeva A. N. Spatial-temporal dynamics of burned areas in federal protected areas of the south-east of European Russia. *Nature Conservation Research. Reserve Science*. 2021. V. 6 (3). Pp. 23-44.

13. Shinkarenko S. S., Berdengaliyeva A. N. Analysis of the long-term dynamics of steppe fires in the Volgograd region. *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 2019. V. 16 (2). Pp. 98-110.

14. Semenyutina A. V., Sapronova D. V., Tsoi M. V., Sapronov V. V. Technologies for growing planting material of coniferous taxa for forest reclamation and landscaping. Volgograd: Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2020. 68 p.

Информация об авторах

Хужахметова Алия Шамильевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97), ORCID: 0000-0001-5127-8844, e-mail: avfanc@yandex.ru

Воронина Валентина Павловна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), ORCID: 0000-0002-3441-5314, e-mail: v.p.voronina@mail.ru

Цой Максим Вячеславович, аспирант, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97), ORCID: 0000-0003-2139-7919, e-mail: tsoy-m@vfanc.ru

Сапронова Дарья Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97), ORCID: 0000-0002-3559-3745, e-mail: sapronova.darya@mail.ru

Authors' Information

Khuzhakhmetova Aliya Shamilevna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Amelioration and Protective Forestry of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5127-8844>, e-mail: avfanc@yandex.ru

Voronina Valentina Pavlovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3441-5314>, e-mail: v.p.voronina@mail.ru

Tsoi Maksim Vyacheslavovich, postgraduate student, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: 0000-0003-2139-7919, e-mail: tsoy-m@vfanc.ru

Sapronova Darya Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3559-3745>, e-mail: sapronova.darya@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-25

THE ALLELOPATHY OF WINTER VETCH WITH WINTER GRAINS IN THE EARLY STAGES OF GROWTH**Sharapov I. I., Sharapova Yu. A.**

*Samara Federal Research Scientific Center RAS, Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P. N. Konstantinov
Kinel, Samara region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: scharapov86@mail.ru

Received 02.04.2025

Submitted 30.05.2025

The research was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Assignment of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (topic no. FMRW-2022-0017).

Summary

The article presents research on the study of the allelopathic interaction of winter vetch and winter cereals (winter wheat and winter triticale) at the early stages of plant growth. The results of the study showed that the studied cultures influenced the morphophysiological growth indicators of each other during joint germination. The growth symmetry coefficient was determined, which showed that the root lagged behind the sprout in development through allelopathic influence.

Abstract

Introduction. Winter vetch is the only legume crop capable of growing in binary crops with winter grains. In binary crops, competitive relationships arise that affect the growth and development of crops. One type of competition is allelopathy. Allelopathy can stimulate or inhibit the processes of growth and development of crops. **Object.** The object of research is a variety of winter wheat Povolzhskaya niva, a variety of winter triticale Kinelskoe 1, a variety of winter vetch Povolzhskaya gibridnaya. **Materials and methods.** The research was carried out in the laboratory of breeding and seed production of winter wheat of the Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P. N. Konstantinov. The experiment was carried out by the roll method; germination was carried out in a thermostat at a temperature of 24-25 °C. On the seventh day, the assessment of early growth indicators was carried out using the method of morphophysiological analysis of sprouts. **Results and conclusions.** According to the results of the conducted studies, winter vetch had a stimulating effect, through allelopathy, on the following indicators of winter wheat and winter triticale: the length of the coleoptile, the wet and dry mass of sprouts, the number of roots, the wet and dry mass of roots. Winter vetch had an inhibitory effect on germination, root length, and root volume. Winter wheat and winter triticale stimulated an increase in all studied indicators of winter vetch through allelopathy. Winter vetch stimulated an increase in the growth symmetry coefficient in winter wheat by 7-18 %, and in winter triticale by 2-5 %. The growth symmetry coefficient of winter vetch increased under the influence of winter wheat by 7-18 %, winter triticale by 10-16 %. There was a decrease in the growth of the root system under the influence of the allelopathic influence of the studied crops.

Keywords: winter wheat, winter vetch, winter triticale, allelopathy.

Citation. Sharapov I. I., Sharapova Yu. A. The allelopathy of winter vetch with winter grains in the early stages of growth. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 241-249 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-25.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.95

АЛЛЕЛОПАТИЯ ОЗИМОЙ ВИКИ С ОЗИМЫМИ ЗЕРНОВЫМИ НА РАННИХ ЭТАПАХ РОСТА

Шарапов И. И., кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
Шарапова Ю. А., кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник

Самарский федеральный исследовательский центр РАН – Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова
г. Кинель, Самарская область, Российская Федерация

Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН «Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (тема № FMRW-2022-0017).

Актуальность. Озимая вика является единственной бобовой культурой способной расти в бинарных посевах с озимыми зерновыми. В бинарных посевах возникают конкурентные отношения, которые влияют на рост и развитие культур. Одним из видов конкуренции является аллелопатия. Аллелопатия может стимулировать или ингибировать процессы роста и развития культур. **Объект.** Объектом исследования являются сорт озимой мягкой пшеницы Поволжская нива, сорт озимой тритикале Кинельская 1, сорт вики озимой мохнатой Поволжская Гибридная. **Материалы и методы.** Исследования проводились в лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы Поволжского НИИСС им. П. Н. Константинова. Опыт закладывался рулонным методом, проращивание проводилось в термостате при температуре 24-25 °С. на седьмой день проводилась оценка ранних ростовых показателей методом морфофизиологического анализа ростков. **Результаты и выводы.** По результатам проведенных исследований озимая вика оказала стимулирующий эффект посредством аллелопатии на следующие показатели озимой пшеницы и озимой тритикале: длину coleoptиле, сырую и сухую массы ростков, количество корней, сырую и сухую массы корней. Ингибирующее влияние озимая вика оказала на всхожесть, длину корней, объем корней. Озимая пшеница и озимая тритикале посредством аллелопатии стимулировали увеличение всех изучаемых показателей озимой вики. Озимая вика стимулировала увеличение коэффициента симметричности роста у озимой пшеницы на 7-18 %, у озимой тритикале на 2-5 %. Коэффициент симметричности роста озимой вики увеличивался под влиянием озимой пшеницы на 7-18 %, озимого тритикале на 10-16 %. Отмечалось снижение роста корневой системы под влиянием аллелопатическим влиянием изучаемых культур.

Ключевые слова: озимая пшеница, озимая вика, озимая тритикале, аллелопатия.

Цитирование. Шарапов И. И., Шарапова Ю. А. Аллелопатия озимой вики с озимыми зерновыми на ранних этапах роста. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 241-249. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-25.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Единственной бобовой культурой, способной расти в бинарных посевах с озимыми культурами, является вика озимая (*Vicia villosa*) [1]. Вика озимая является источником белка в кормах для животноводства.

Семеноводство озимой вики осложняется полеганием в одновидовых посевах, поэтому в большинстве регионов России её сеют в бинарных посевах с озимыми зерновыми культурами (пшеница (*Triticum aestivum*), рожь (*Secale cereale*), тритикале (*Triticosecale*)) [2, 3]. Озимые зерновые выполняют функцию опоры, что в последующем облегчает уборку озимой вики [4].

В бинарных посевах между культурами возникают конкурентные отношения, которые могут влиять на рост и развитие, особенно в начальные периоды. К ним относится аллелопатия, в результате которой посредством выделения веществ отмечается прямое или косвенное влияние растений друг на друга [5]. Аллелопатия может оказывать как отрицательное, так и положительное влияние на растения. Также отмечается у растений аутоксичность, способность растений влиять на рост проростков своего же вида [6]. Аллелопатический эффект культур важен во время прорастания и роста, особенно в бинарных и смешанных посевах [7].

В бинарных посевах с викой озимой у озимой пшеницы отмечается улучшение процесса фотосинтеза, при этом озимая пшеница легче переносит неблагоприятные погодные условия [4]. У озимой вики в бинарных посевах увеличивается количество белка в зеленой массе и семенах, урожайность, а также улучшаются показатели посевных качеств семян (энергия прорастания, всхожесть, сила роста и т.д.) по сравнению с одновидовыми посевами [1, 8].

Во время прорастания семян культурные растения выделяют широкий спектр веществ в почву, оказывающих влияние на популяцию и поведение почвенной биоты [9]. В бинарных посевах вика озимая является слабоаллелопатичной, по сравнению с озимыми зерновыми культурами. При этом на ранних этапах роста и развития вика озимая подавляет развитие корневой системы озимых зерновых культур [10].

Основными аллелопатическими веществами озимой вики служат аминокислота L-DOFA и фермент цианомид [5, 10]. По данным Шарапова И. И., Шараповой Ю. А. [11] бобовые оказывают ингибирующее влияние на возбудителей грибковых гнилей у озимой пшеницы во время прорастания.

Вика озимая используется в экологически чистых способах ведения хозяйства, что актуально на фоне перехода на экологическое земледелие [12].

Озимая пшеница обладает мощным аллелопатическим потенциалом благодаря гидроксамовым, бензоксазиновым и фенольным кислотам, флавоноидам, феноксазионам, которые влияют на рост и развитие соседних растений [13]. Аллелопатический потенциал пшеницы положительно коррелирует с общим содержанием фенольных соединений. Для каждого сорта характерен разный потенциал аллелопатии.

Аллелопатический потенциал озимого тритикале достигается за счет фенольного соединения феруловой кислоты [7].

Цель исследования. Определить аллелопатическое взаимовлияние вики озимой с пшеницей озимой и озимым тритикале на ранних этапах роста и развития при совместном проращивании.

Материалы и методы. Исследования проводились в лаборатории «Селекции и семеноводства озимой пшеницы» Поволжского НИИСС им. П. Н. Константинова. Объектами исследования были: озимая мягкая пшеница сорта Поволжская нива, тритикале озимая Кинельская 1, вика озимая мохнатая Поволжская Гибридная. Все представленные сорта селекции Поволжского НИИСС. Исследование включало в себя изучение влияния озимых культур друг на друга в бинарных посевах на ранних этапах роста. Семена предварительно обеззараживались в растворе перманганата калия. Затем раскладывались на полоску фильтровальной бумаги в соотношении 1:1, 1:1,5, 1:2, через равное расстояние. Затем бумагу скручивали в рулон и убирали в отдельный пакет. Проращивание проводилось в термостате при температуре 24,0-25,0 °C в течение 7 дней. Контролем служил вариант опыта, пророщенный в чистом виде в аналогичных условиях. Определение энергии прорастания и всхожести проводили по ГОСТ 12038-84. Оценка ранних ростовых показателей проводилась методом морфофизиологического анализа проростков на 7-й день опыта [14]. Математическая обработка проводилась в программе STAT – 8 и программы Microsoft Excel.

Результаты исследования. На ранних этапах роста и развития культурные растения наиболее чувствительны к факторам внешней среды, которые в дальнейшем сказываются на продуктивности. Среди всех факторов внешней среды немаловажным является аллелопатическое влияние одних растений на другие, особенно сильно это влияние сказывается в бинарных посевах.

Вика озимая в смеси с озимыми зерновыми культурами (пшеница, тритикале) оказывает аллелопатическое влияние, особенно это заметно на ранних этапах роста и развития (таблица 1).

Вика озимая оказала влияние на всхожесть озимой пшеницы и озимого тритикале. В вариантах опыта с озимой пшеницей под действием аллелопатических веществ озимой вики всхожесть снижалась на 2-9 %, в зависимости от соотношения семян. В опыте с озимой тритикале всхожесть также снижалась на 2-5 %.

Показатель длины coleoptиле, в вариантах опыта с озимой пшеницей увеличивался на 3-12 %, у озимого тритикале снижался на 2-5 %. Показатель длины ростка увеличивался, в вариантах с озимой пшеницей на 2-17 %, у озимого тритикале на 14-31 %.

Под влиянием озимой вики отмечалось увеличение показателей сырой и сухой массы ростков. В вариантах опыта с озимой пшеницей сырая и сухая масса ростков увеличивалась на 12-22 % и 26-90 %, в вариантах опыта с озимым тритикале на 7-23 % и 62-139 % соответственно.

Аллелопатические вещества озимой вики способствовали увеличению количества корней, в опыте с озимой пшеницей на 7-19 %, с озимой тритикале на 2-6 %. Озимая вика отрицательно повлияла на длину корней. Снижение длины корней у озимой пшеницы составляло 3-18 %, у озимой тритикале 3-15 %.

Таблица 1 – Аллелопатическое влияние вики озимой на ростовые показатели озимой пшеницы и озимой тритикале
Table 1 – Allelopathic effect of winter vetch on the growth rates of winter wheat and winter triticale

Показатели / Indicators		Всхожесть, % / Germination, %	Длина coleoptиле, см / Length of coleoptile, cm	Длина ростка, см / Sprout length, cm	Сырая масса 100 ростков, г / Raw weight 100 sprouts, g	Сухая масса 100 ростков, г / Dry weight 100 sprouts, g	Количество корней, шт. / Number of roots, pcs.	Длина корней, см / Root length, cm	Сырая масса 100 корней, г / Raw weight 100 roots, g	Сухая масса 100 корней, г / Raw weight 100 roots, g	Объем корней, мл / Root volume, ml
Контроль / Control	Озимая пшеница / Winter wheat	92,0	3,4	11,9	8,364	1,099	4,2	10,5	6,984	0,500	6,57
	Озимая тритикале / Winter triticale	84,0	4,0	12,3	8,902	1,128	4,9	10,4	6,393	0,465	7,31
Соотношение 1:1 / Ratio 1:1	Озимая пшеница / Winter wheat	84,0	3,8	12,2	8,364	1,385	4,5	8,6	7,153	0,547	6,34
	Отклонение, % / Deviation, %	-8,7	11,8	2,5	0,0	26,0	7,1	-18,1	2,4	9,4	-3,5
	Озимая тритикале / Winter triticale	80,0	3,8	14,1	9,586	1,825	5,0	10,1	7,463	0,510	7,1
Соотношение 1:1,5 / Ratio 1:1,5	Озимая тритикале / Winter triticale	-4,8	-5,0	14,6	7,7	61,8	2,0	-2,9	16,7	9,7	-2,9
	Отклонение, % / Deviation, %	86,7	3,5	13,2	9,405	1,545	4,7	9,3	7,323	0,536	6,01
	Озимая пшеница / Winter wheat	-5,8	2,9	10,9	12,4	40,6	11,9	-11,4	4,9	7,2	-8,5
	Отклонение, % / Deviation, %	81,3	3,9	14,4	9,865	2,149	5,2	9,1	6,685	0,538	6,95
Соотношение 1:2 / Ratio 1:2	Озимая тритикале / Winter triticale	-3,2	-2,5	17,1	10,8	90,5	6,1	-12,5	4,6	15,6	-4,9
	Отклонение, % / Deviation, %	90,1	3,5	13,9	10,196	2,084	5,0	10,2	7,934	0,515	5,84
	Озимая пшеница / Winter wheat	-2,1	2,9	16,8	21,9	89,6	19	-2,9	13,6	3,0	-11,1
	Отклонение, % / Deviation, %	82,3	4,3	16,1	10,960	2,703	5,2	8,8	6,577	0,556	6,62
HCP ₀₅ озимая пшеница / HCP ₀₅ winter wheat	Озимая тритикале / Winter triticale	-2,0	7,5	30,9	23,1	139,6	6,1	-15,4	2,9	19,5	-9,4
	Отклонение, % / Deviation, %	0,45	0,07	0,9	0,642	0,274	0,2	1,3	0,238	0,156	0,32
HCP ₀₅ озимая тритикале / HCP ₀₅ winter triticale		0,59	0,04	1,2	0,828	0,599	0,2	0,7	0,263	0,011	0,09

Отмечалось увеличение показателей сырой и сухой массы корней. В вариантах опыта с озимой пшеницей превышение составляло 2-13 % и 3-10 % соответственно. В опыте с озимой тритикале показатели увеличивались на 3-17 и 9-19 %.

Объем корней снижался под действием аллелопатии озимой вики. У озимой пшеницы данный показатель снизился на 3-11 %, у озимой тритикале на 3-9 %.

Таким образом, озимая вика оказывала как положительное, так и отрицательное влияние на разные показатели.

Озимая вика оказала стимулирующий аллелопатический эффект на показатели длины coleoptиле и ростка, сырой и сухой массы ростков, количество корней и показатели сырой и сухой массы корней.

Ингибирующее аллелопатическое влияние озимой вики отмечалось у показателей всхожести, длины корней и объема корней. Основное ингибирующее влияние вика озимая оказала на корневую систему, а не на росток, так как основные аллелопатические вещества выделяются корневой системой.

Озимая пшеница и озимая тритикале также оказывают аллелопатическое влияние на проростки озимой вики (таблица 2).

Таблица 2 – Аллелопатическое влияние озимой пшеницы и озимой тритикале на показатели роста вики озимой

Table 2 – Allelopathic effect of winter wheat and winter triticale on the growth rates of winter vetch

Показатели / Indicators		Всхожесть, % / Germination, %	Длина ростка, см / Sprout length, cm	Сырая масса 100 ростков, г / Raw weight 100 sprouts, g	Длина корней, см / Root length, cm	Сырая масса 100 корней, г / Raw weight 100 roots, g	Объем корней, мл / Root volume, ml
Контроль / Контроль		65,3	11,3	5,477	7,2	1,880	1,72
Соотношение 1:1 / Ratio 1:1	С озимой пшеницей / With winter wheat	65,2	12,3	5,967	7,3	1,681	2,11
	Отклонение, % / Deviation, %	0,9	8,8	8,9	1,4	-10,6	22,6
	С озимой тритикале / With winter triticale	66,3	13,0	6,159	7,2	1,990	2,03
	Отклонение, % / Deviation, %	1,5	15,0	12,5	0,0	5,9	18,0
Соотношение 1:1,5 / Ratio 1:1.5	С озимой пшеницей / With winter wheat	66,7	13,5	6,372	7,3	1,794	2,27
	Отклонение, % / Deviation, %	2,1	19,5	16,3	1,4	-4,6	32,0
	С озимой тритикале / With winter triticale	70,0	13,5	6,248	7,8	2,084	2,29
	Отклонение, % / Deviation, %	7,2	19,5	14,1	8,3	10,9	33,1
Соотношение 1:2 / Ratio 1:2	С озимой пшеницей / With winter wheat	78,9	15,0	6,878	8,4	1,824	2,33
	Отклонение, % / Deviation, %	20,8	32,7	25,6	16,7	-2,9	35,5
	С озимой тритикале / With winter triticale	77,4	15,1	7,019	8,3	2,302	3,63
	Отклонение, % / Deviation, %	18,5	33,6	28,2	15,3	22,4	111,0
НСР ₀₅		1,7	1,3	0,492	0,25	0,153	0,24

Озимая пшеница и озимая тритикале оказывали стимулирующие влияние на всхожесть озимой вики. В вариантах с озимой пшеницей всхожесть озимой вики увеличивалась на 1-21 %, в вариантах с озимым тритикале на 1-18 %.

Отмечалось увеличение показателей длины ростка и сырой массы ростка. В вариантах с озимой пшеницей показатели выросли на 9-33 % и 9-26 %, с озимым тритикале на 15-34 % и 12-28 % соответственно.

Увеличивалась длина корней на 1-17 % в вариантах с озимой пшеницей и на 8-15 % в вариантах с озимой тритикале. Сырая масса корней под влиянием аллелопатии озимой пшеницы снижалась на 3-11 %, а в вариантах с озимой тритикале возрастала на 6-22 %. Увеличивался показатель объема корней с озимой пшеницей на 22-35 %, с озимой тритикале на 18-111 %. Увеличение объема корней в вариантах с озимой пшеницей происходило за счет большого числа боковых корней.

Озимая пшеница и озимая тритикале оказывали стимулирующие влияние на все изучаемые показатели. В вариантах опыта с озимой пшеницей ингибирующее влияние отмечалось только у показателя сырой массы корней озимой вики.

Отношение ростка и корешка показывает коэффициент симметричности роста растения. Вика озимая оказывала влияние на коэффициент симметричности роста озимой пшеницы и озимой тритикале (рисунок 1).

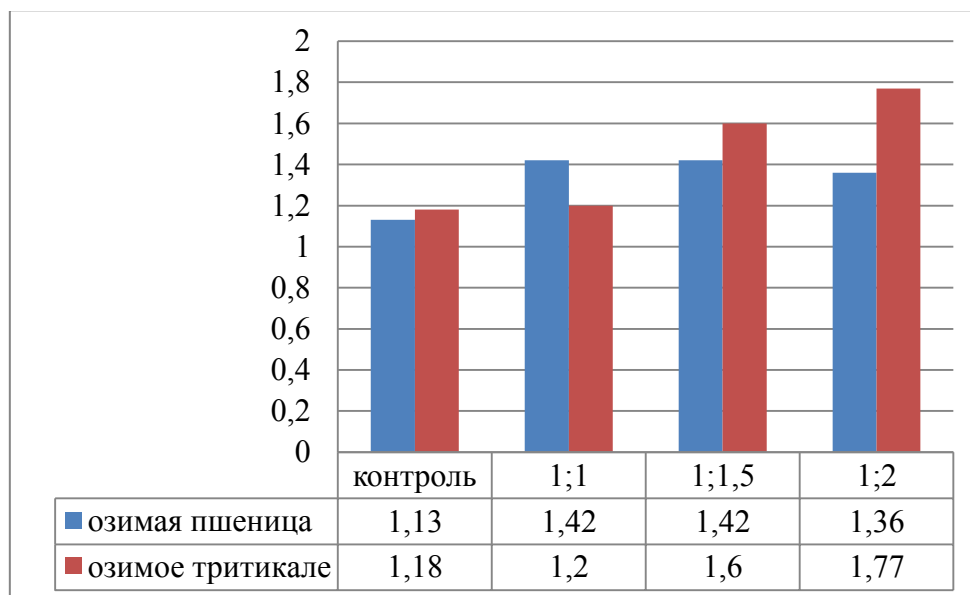


Рисунок 1 – Коэффициент симметричности роста озимой пшеницы и озимой тритикале под аллелопатическим влиянием озимой вики

Figure 1 – The growth symmetry coefficient of winter wheat and winter triticale under the allelopathic influence of winter vetch

Коэффициент симметричности роста озимой пшеницы, под влиянием озимой вики, варьировался в пределах 1,36-1,42, увеличиваясь по сравнению с контролем на 20-26 %. Коэффициент симметричности роста озимого тритикале составлял 1,2-1,77, что выше контроля на 2-50 %.

Таким образом, коэффициент симметричности роста озимой пшеницы и озимой тритикале показывает, что под влиянием озимой вики развитие корешка задерживалось по сравнению с быстрым ростом ростка.

Озимая пшеница и озимая тритикале оказывали влияние на коэффициент симметричности роста озимой вики (рисунок 2).

Коэффициент симметричности роста озимой вики в вариантах с озимой пшеницей увеличивался по сравнению с контролем на 7-18 % и варьировал от 1,68 до 1,85. В вариантах опыта с озимой тритикале превышал контроль на 10-16 % и составлял 1,73-1,82. Озимая пшеница и озимая тритикале оказали влияние на рост и развитие ростка и корешка озимой вики, увеличивая коэффициент симметричности роста.

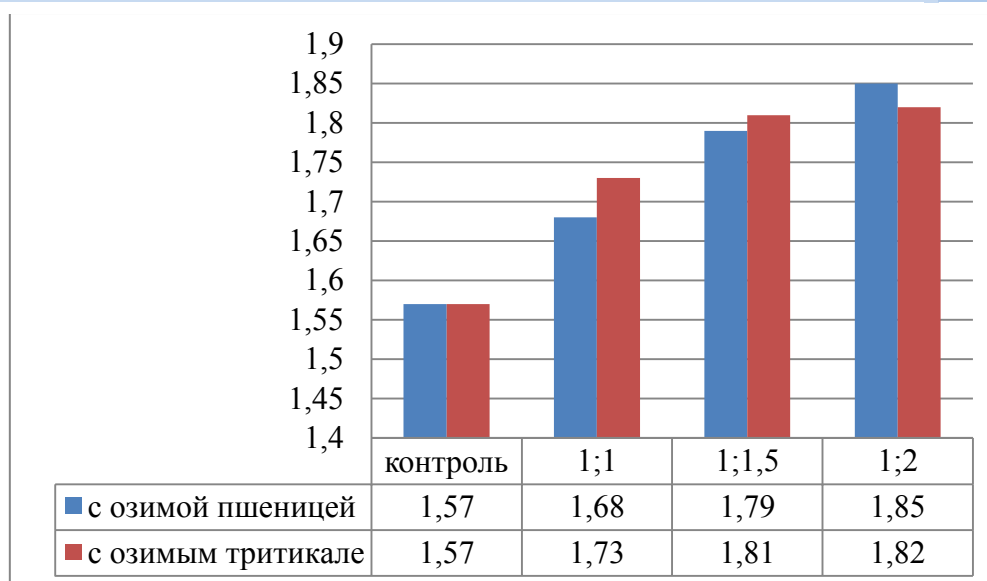


Рисунок 2 – Коэффициент симметричности роста вики озимой под аллелопатическим влиянием озимой пшеницы и озимой тритикале

Figure 2 – The coefficient of symmetry of winter vetch growth under the allelopathic influence of winter wheat and winter triticale

На всех исследуемых культурах отмечался высокий коэффициент симметрии. Озимая тритикале оказалась меньше подвержена влиянию озимой вики, чем озимая пшеница.

Закключение. В результате проведенных исследований отмечалось стимулирующее влияние вики озимой на длину coleoptile (3-12 %), длину ростка (2-17 %), сырую (12-22 %) и сухую (26-90 %) массы ростков, количество корней (7-19 %), сырой (2-13 %) и сухой (3-10 %) массы корней в вариантах опыта с озимой пшеницей, а также на длину ростка (14-31 %), сырой (7-23 %) и сухой (62-139 %) массы ростков, количество корней (2-6 %), сырой (3-17 %) и сухой (9-19 %) массы корней в вариантах опыта с озимым тритикале.

Также отмечалось ингибирующее влияние озимой вики на показатели всхожести (2-9 %), длину корней (3-18 %), объем корней (3-11 %) в вариантах опыта с озимой пшеницей, а также на всхожесть (2-5 %), длину coleoptile (2-5 %), длину корней (3-15 %), объем корней (3-9 %) в вариантах с озимой тритикале.

Отмечалось стимулирующее влияние озимой пшеницы на всхожесть (1-21 %), длину ростка (9-33 %), сырую массу ростков (9-22 %), длину корней (1-17 %), объем корней (22-35 %) озимой вики. Ингибирующее влияние оказала озимая пшеница на показатель сырой массы корней озимой пшеницы (2-5 %) по сравнению с контролем.

Отмечалось стимулирующее влияние озимой тритикале на всхожесть (1-18 %), длину ростка (15-34 %), сырую массу ростков (12-28 %), длину корней (8-15 %), сырую массу корней (6-22 %), объем корней (18-111 %) озимой вики, по сравнению со стандартом.

В вариантах опыта с озимой пшеницей ингибирующее влияние отмечалось только у показателя сырой массы корней озимой вики.

Озимая вика при совместном проращивании увеличивала коэффициент симметричности роста озимой пшеницы (7-18 %), и озимой тритикале (2-5 %), по сравнению с контролем.

Отмечалось увеличение коэффициента симметричности роста растений озимой вики, под влиянием озимой пшеницы на 7-18 % и озимой тритикале на 10-16 %. Отмечалось снижение роста корней под влиянием изучаемых культур.

Conclusions. As a result of the conducted studies, the stimulating effect of winter vetch was noted on the length of the coleoptile (3-12 %), the length of the sprout (2-17 %), the raw (12-22 %) and dry (26-90 %) mass, the number of roots (7-19 %), the raw (2-13 %) and dry (3-10 %) mass of the roots in the experimental variants with winter wheat, as well as for the length of the sprout (14-31 %), the raw (7-23 %) and dry (62-139 %) weight of the sprouts, the number of roots (2-6 %), the raw (3-17 %) and dry (9-19 %) weight of the roots in the variants of the experiment with winter triticale. The inhibitory effect of winter vetch on germination rates (2-9 %), root length (3-18 %), root volume (3-11 %) was also noted in the variants of the experiment with winter wheat, as well as on germination (2-5 %), coleoptile length (2-5 %), root length (3-15 %), root volume (3-9 %) in variants with winter triticale. The stimulating effect of winter wheat on germination (1-21 %), sprout length (9-33 %), raw weight of

sprouts (9-22 %), root length (1-17 %), root volume (22-35 %) of winter vetch was noted. Winter wheat had an inhibitory effect on the wet weight of winter wheat roots (2-5 %) compared with the control. The stimulating effect of winter triticale on germination (1-18 %), sprout length (15-34 %), raw mass of sprouts (12-28 %), root length (8-15 %), raw mass of roots (6-22 %), root volume (18-111 %) of winter vetch was noted, compared with the standard. In the variants of the experiment with winter wheat, the inhibitory effect was noted only in the indicator of the wet mass of winter vetch roots. Winter vetch, when germinated together, increased the growth symmetry coefficient of winter wheat (7-18 %) and winter triticale (2-5 %), compared with the control. There was an increase in the growth symmetry coefficient of winter vetch plants, under the influence of winter wheat by 7-18 % and winter triticale by 10-16 %. There was a decrease in root growth under the influence of the studied crops.

Библиографический список

1. Арефин А. А., Нурлыгаянов Р. Б. Влияние срока и способа уборки на урожайность и качество зерна озимых культур в одновидовых и бинарных посевах. Вестник КрасГАУ. 2020. № 3. С. 67-74.
2. Бедило Н. А., Горковенко Л. Г., Скамарохова А. С., Калинин О. С. Продуктивность однолетних вико-пшеничных травосмесей. Сборник научных трудов краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2019. № 2. С. 70-74.
3. Скамарохова А. С. Технология возделывания озимой вики в условиях краснодарского края как ценного молокогонного корма для крс. Новости науки в АПК. 2018. № 2-2 (11). С. 122-124.
4. Арефин А. А., Нурлыгаянов Р. Б. Урожайность зерна озимых культур в зависимости от уровня азотного питания в условиях Западной Сибири. Плодородие. 2019. № 4 (109). С. 23-26.
5. Mondal M. F., Asaduzzaman M., Asao T. Adverse Effects of Allelopathy from Legume Crops and Its Possible Avoidance. American Journal of Plant Sciences. 2015. № 6. Pp. 804-810.
6. Lam Y., Wing Sze C., et al. Research on the allelopathic potential of wheat. Agricultural Sciences. 2012. № 8. Pp. 979-985.
7. De Carvalho M., Halecki W., Możdżeń K., Synowiec A. Autoallelopathic and Allelopathic Influence of Aqueous Winter-Cereal Extracts. Acta Agrobotanica. 2022. № 75. Pp. 1-13.
8. Безгоднов А. В., Галимов К. А., Ахметханов В. Ф. Биологическая эффективность и конкурентная способность вики посевой яровой при выращивании в смеси с рапсом на семена и зернофураж. Аграрный вестник Урала. 2020. № 12 (203). С. 2-14.
9. Mardani-Korani H., Nakayasu M., Yamazaki S., Aoki Y., Kaida R., Motobayashi T., Kobayashi M., Ohkama-Ohtsu N., Oikawa Y., Sugiyama A., Fujii Y. L-Canavanine, a Root Exudate From Hairy Vetch (*Vicia villosa*) Drastically Affecting the Soil Microbial Community and Metabolite Pathways. Front. Microbiol. 2021. № 12.
10. Gedess C M., Cavalieri A., Daauf F., Gulden R. H. The Allelopathic Potential of Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth.) Mulch. American Journal of Plant Sciences. 2015. № 6. Pp. 2651-2663.
11. Шарапов И. И., Шарапова Ю. А. Явление аллелопатии при совместном проращивании люцерны изменчивой и козлятника восточного с озимой мягкой пшеницей. Аграрный научный журнал. 2022. № 12. С. 50-53.
12. Sasamoto H., Mardani H., Sasamoto Y., Wasano N., Murashige-Baba T., Sato T., Hasegawa A., Fujii Y. Evaluation of canavanine as an allelochemical in etiolated seedlings of *Vicia villosa* Roth: protoplast co-culture method with digital image analysis. In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant. 2019. V. 55. Pp. 296-304.
13. Hussain M., Araniti F., Schulz M., Baerson S., Vieites-Alvarez Y., Rempelose L., Bilsborrow P., Chinchilla N., Macías F., Weston L., Reigosa M., Sanchez-Moreiras A. Benzoxazinoids in wheat allelopathy – From discovery to application for sustainable weed management. Environmental and Experimental Botany. 2022. № 202. Pp. 1-20.
14. Головкова Т. В., Болнова С. В., Добрецов И. В., Лактионов Ю. В. Влияние предпосевной обработки семян растворами микробиологических препаратов на посевные качества семян и морфофизиологические показатели проростков ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.). АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. 2024. № 1. http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/1/st_126.pdf

References

1. Arefyev A. A., Nurligayanova R. B. The effect of the harvest period and method on the yield and grain quality of winter crops in single-species and binary crops. Bulletin of KrasGAU. 2020. No 3. Pp. 67-74.
2. Bedilo N. A., Gorkovenko L. G., Skomorokhova A. S., Kalinin O. S. Productivity of annual vetch-wheat grass mixtures. Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and veterinary medicine. 2019. No 2. Pp. 70-74.
3. Skamarokhova A. S. Technology of winter vetch cultivation in the Krasnodar territory as a valuable dairy feed for cattle. News of science in agriculture. 2018. No. 2-2 (11). Pp. 122-124.
4. Arefyev A. A., Nurligayanova R. B. Grain yield of winter crops depending on the level of nitrogen nutrition in Western Siberia. Fertility. 2019. No 4 (109). Pp. 23-26.
5. Mondal M. F., Asaduzzaman M., Asao T. Adverse Effects of Allelopathy from Legume Crops and Its Possible Avoidance. American Journal of Plant Sciences. 2015. № 6. Pp. 804-810.
6. Lam Y., Wing Sze C., et al. Research on the allelopathic potential of wheat. Agricultural Sciences. 2012. № 8. Pp. 979-985.
7. De Carvalho M., Halecki W., Możdżeń K., Synowiec A. Autoallelopathic and Allelopathic Influence of Aqueous Winter-Cereal Extracts. Acta Agrobotanica. 2022. № 75. Pp. 1-13.
8. Bezgodov A. V., Galimov K. A., Akhmetkhanov V. F. Biological efficiency and competitive ability of spring sowing vetch when grown in a mixture with rapeseed for seeds and grain fodder. Agrarian bulletin of the Urals. 2020. No. 12 (203). Pp. 2-14.
9. Mardani-Korani H., Nakayasu M., Yamazaki S., Aoki Y., Kaida R., Motobayashi T., Kobayashi M., Ohkama-Ohtsu N., Oikawa Y., Sugiyama A., Fujii Y. L-Canavanine, a Root Exudate From Hairy Vetch (*Vicia villosa*) Drastically Affecting the Soil Microbial Community and Metabolite Pathways. Front. Microbiol. 2021. № 12.

10. Gedess C. M., Cavalieri A., Daauf F., Gulden R. H. The Allelopathic Potential of Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth.) Mulch. *American Journal of Plant Sciences*. 2015. № 6. Pp. 2651-2663.
11. Sharapov I. I., Sharapova Yu. A. The phenomenon of allelopathy in the joint germination of alfalfa and eastern goat with winter soft wheat. *Agrarian Scientific Journal*. 2022. No 12. Pp. 50-53.
12. Sasamoto H., Mardani H., Sasamoto Y., Wasano N., Murashige-Baba T., Sato T., Hasegawa A., Fujii Y. Evaluation of canavanine as an allelochemical in etiolated seedlings of *Vicia villosa* Roth: protoplast co-culture method with digital image analysis. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 2019. V. 55. Pp. 296-304.
13. Hussain M., Araniti F., Schulz M., Baerson S., Vieites-Alvarez Y., Rempelose L., Bilsborrow P., Chinchilla N., Macías F., Weston L., Reigosa M., Sanchez-Moreiras A. Benzoxazinoids in wheat allelopathy – From discovery to application for sustainable weed management. *Environmental and Experimental Botany*. 2022. № 202. Pp. 1-20.
14. Golovkova T. V., Bolnova S. V., Dobretsov I. V., Laktionov Yu. V. Effect of pre-sowing seed treatment with solutions of microbiological preparations on seed quality and morphophysiological parameters of spring barley seedlings (*Hordeum vulgare* L.). *AgroEcoInfo: Electronic scientific and production journal*. 2024. № 1. http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/1/st_126.pdf

Информация об авторах

Шарапов Иван Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, Самарский федеральный исследовательский центр РАН – Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова (Российская Федерация, Самарская область, г. Кинель, ул. Шоссейная, 76), e-mail: scharapov86@mail.ru

Шарапова Юлия Андреевна, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник, Самарский федеральный исследовательский центр РАН – Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова (Российская Федерация, Самарская область, г. Кинель, ул. Шоссейная, 76), e-mail: belyaeva.u.a@yandex.ru

Authors' Information

Sharapov Ivan Ivanovich, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Samara Federal Research Scientific Center RAS, Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P. N. Konstantinov (Russian Federation, Samara region, Kinel, Shosseynaya str., 76), e-mail: scharapov86@mail.ru

Sharapova Yuliya Andreevna, Candidate of Agricultural Sciences, Junior Researcher, Samara Federal Research Scientific Center RAS, Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P. N. Konstantinov (Russian Federation, Samara region, Kinel, Shosseynaya str., 76), e-mail: belyaeva.u.a@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-26

THE EFFECT OF ENERGOCHANCE ORGANIC MINERAL FERTILIZER ON THE TOBACCO PRODUCTIVITY AND QUALITY

Sidorova N. V., Plotnikova T. V.

*All-Russian Research Institute of Tobacco, Mahorka and Tobacco Products
Krasnodar, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: agrotobacco@mail.ru

Received 22.01.2025

Submitted 16.05.2025

The research was carried out within the framework of the state task “To develop scientific bases for creation of ecological, energy-saving and economically justified technologies of tobacco and tobacco raw material production with high functional and technological properties using innovative processes and methods of obtaining agricultural products”.

Abstract

Introduction. The yield and smoking qualities of tobacco raw material depend on the quality of seedlings. Application of agrochemicals based on seaweed improves its biometric parameters and chemical composition. The purpose of research is to study the effect of organic mineral fertilizer Energoshans on growth, development, yield of tobacco and quality of tobacco raw material. **Object.** Tobacco variety Trapezond 92, seeds, tobacco plants, organic mineral fertilizer Energoshans. **Materials and methods.** The experiment was conducted in 2021-2022 on the basis of ARSRI TMTP. Before sowing, tobacco seeds were soaked in an effective concentration of Energoshans fertilizer – 1.0 % (at exposure of 1 hour), identified in the laboratory experiment. In the seedling nursery, the preparation was applied to vegetating seedlings at a dose of 0.5 ml/m² together with irrigation water (1 L/m²) in the phases “cross”, “ears” and “ready for planting”. The nutrient background in the greenhouse was N₃₅P₃₀K₃₅ (50 % of the optimal dose). In the field, the experiment was laid in accordance with the greenhouse experience. **Results and conclusions.** Seed treatment and triple applying of Energoshans during watering tobacco seedlings increases plant length from root collar to growing point by 65 % and 54 %, to the leaf tips by 45 % and 49 %, stalk diameter at root collar by 28 % and 16 %, weight of above ground plant parts by 68 % and 48 %, roots by 68 % and 63 % (according to the years of the study). Output of standard seedlings to the optimal time of transplanting into the field increases by 34 % and 29 %. Due to vigour plants grown on the background of applied fertilizer Energoshans leaf area increases by 29 % and 18 %, yield of cured tobacco – by 21 % and 18 % respectively. It is also noticed increasing of dry matter (leaf materiality) by 17.3 % and 5.1 %. Application of fertilizer promotes accumulation of carbohydrates, their content in tobacco leaves increases by 14-26 %, while the main quality indicator - carbohydrate-protein ratio (Schmuck's number) increases.

Keywords: tobacco cultivation, Trapezond 92, tobacco variety, Energochance fertilizer, seaweed extract, tobacco seedlings, tobacco yield, quality of tobacco raw materials.

Citation. Sidorova N. V., Plotnikova T. V. The effect of Energochance organic mineral fertilizer on the tobacco productivity and quality. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 249-257 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-26.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

УДК 633.71:631.873:3

ВЛИЯНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ «ЭНЕРГОШАНС» НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ТАБАКА

Сидорова Н. В., старший научный сотрудник
Плотникова Т. В., кандидат сельскохозяйственных наук

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий»
г. Краснодар, Российская Федерация*

Исследование выполнено в рамках гос. задания «Разработать научные основы создания экологичных, энергоресурсосберегающих и экономически обоснованных технологий производства табака и табачного сырья с высокими функционально-технологическими свойствами с использованием инновационных процессов и методов получения сельскохозяйственной продукции».

Актуальность. Урожайность и курительные достоинства табачного сырья зависят от качества рассады. Применение агрохимикатов на основе морских водорослей улучшает её биометрические показатели и химический состав. Целью исследований является изучение влияния органоминерального удобрения Энергошанс на рост, развитие, урожайность табака и качество табачного сырья. **Объект.** Сорт табака Трапезонд 92, семена, табачные растения, органоминеральное удобрение Энергошанс. **Материалы и методы.** Опыт проводился в 2021-2022 гг. на базе ВНИИТТИ. Перед посевом семена табака замачивали в эффективной концентрации удобрения Энергошанс – 1,0 % (при экспозиции 1 час), выявленной в лабораторном опыте. В рассаднике препарат вносили по вегетирующей рассаде в дозе 0,5 мл/м² совместно с поливной водой (1 л/м²) в фазы «крестик», «ушки» и «годная к высадке». Питательный фон в парнике N₃₅P₃₀K₃₅ (50 % от оптимальной дозы). В поле опыт закладывали в соответствии с парниковым опытом. **Результаты и выводы.** Обработка семян и трехкратное внесение удобрения Энергошанс с поливом рассады табака повышает длину растений от корневой шейки до точки роста на 65 % и 54 %, до конца вытянутых листьев на 45 % и 49 %, диаметр стебля у корневой шейки на 28 % и 16 %, массу надземной части растений на 68 % и 48 %, корней на 68 % и 63 %. (соответственно годам исследования). Выход стандартной рассады к оптимальному сроку высадки в полевые условия увеличивается на 34 % и 29 %. За счет более крепких растений, выращенных на фоне применения удобрения Энергошанс, повышается площадь листьев табака на 29 % и 18 %, урожайность табачного сырья – на 21 % и 18 %. Отмечено увеличение содержания сухого вещества (материальность листьев) на 17 % и на 5 % соответственно. Применение удобрения способствует накоплению углеводов, их содержание в листьях табака повышается на 14-26 %, при этом увеличивается основной показатель качества – углеводно-белковое соотношение (число Шмукла).

Ключевые слова: возделывание табака, сорта табака, Трапезонд 92, удобрение Энергошанс, экстракт морских водорослей, рассада табака, урожайность табака, качество табачного сырья.

Цитирование. Сидорова Н. В., Плотникова Т. В. Влияние органоминерального удобрения «Энергошанс» на продуктивность и качество табака. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 249-257. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-26.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Введение. В технологии возделывания табака выделяют два периода: выращивание рассады в защищенном грунте и растений в условиях поля. Первый этап наиболее ответственный, так как от качества рассады зависит урожайность и курительные свойства сырья. При этом применение агрохимикатов в выращивании рассады имеет приоритетное значение. Среди них зарекомендовали себя препараты на основе морских водорослей, которые активизируют рост и развитие наземной и корневой системы растений, повышают

иммунитет растений на фоне обогащения почвы минеральными элементами и органическими веществами и участвуют в формировании микробного состава ризосферы [1, 2]. Полисахариды морских водорослей, такие как агар, альгинат и каррагинан, улучшают прорастание семян и энергию растений, увеличивают усвоение питательных веществ из почвы и защищают растения от абиотических и биотических стрессов, таких как засоление, засуха, температура и патогены [3, 4]. Так, применение на томатах в виде почвенного раствора экстрактов морских водорослей увеличивает рост, урожайность и повышает качество плодов [5]. Жидкие экстракты морских водорослей: *Ulva intestinalis*, *Portieria hornemannii* и *Turbinaria ornata* активизируют прорастание семян томатов (на 90 %), увеличивают длину побега (на 51 %), длину корня (на 71 %), биомассу (сырой вес (на 60 %)), сухой вес (на 65 %), количество листьев (на 55 %), площадь листа (на 212 %), улучшают биохимическое содержание плодов (углеводы (на 83 %), белки (на 78 %)) по сравнению с контролем. Отмечено увеличение (на 95 %) урожайности томатов [6]. Экстракты из морских водорослей *Acanthophora spicifera*, *Gracilaria ornata*, *Codium taylorii*, *Caulerpa serrulata* и *Sargassum vulgare* повышают прорастание семян томата и сладкого перца до 22 %, снижают поражение бактериальной пятнистостью и рассадной гнилью и увеличивают урожайность томатов до 118-182 % и сладкого перца до 47-71 % [7]. Экстракты на основе морских водорослей (*Ascophyllum nodosum*) эффективно применяются и для повышения урожайности табака [8].

Поэтому целью исследований является изучение влияния органоминерального удобрения на основе морских водорослей Энергошанс на рост, развитие, урожайность табака и качество табачного сырья.

Органоминеральное удобрение и биостимулятор Энергошанс (МТС «Агро-Альянс», Россия) является экстрактом из морских водорослей с аминокислотами. Содержит в своем составе ауксины, цитокины, полисахариды, глюкозиды, бетамины, а также макро- (NPK), микро- (Se, B, Mo, Co, I, V, в хелатной форме Fe, Mn, Cu, Zn) и мезоэлементы (Mg, S). Препарат предназначен для обработки семян, корней при пересадке саженцев и рассады, а также опрыскивания вегетирующих растений.

Производитель предлагает использовать его и для борьбы с болезнями зерновых, отмечая, что этот препарат повышает устойчивость зерновых культур к инфекционным заболеваниям, способствует росту стрессоустойчивости к неблагоприятным факторам погодных условий. Кроме того, его использование влияет на прибавку урожайности до 20 % при условии наличия влаги в почве [9]. Есть результаты применения препарата Энергошанс на других культурах. Так, обработка луковиц тюльпанов препаратом Энергошанс увеличивает всхожесть на 14-16 % и период цветения растений на 6-7 дней [10]. При обработке семян органоминеральным удобрением Энергошанс наблюдается повышение энергии прорастания, лабораторной всхожести и дружности прорастания семян бархатцев. Высота растения в варианте с регулятором роста Энергошанс по сравнению с контролем повысилась на 2,5-13,5 см. Увеличение диаметра соцветий составило в среднем 0,2-1,9 см [11]. Применение Энергошанса на сое оказывает положительное влияние на рост и развитие растений, урожай и качество семян [12].

Материалы и методы. Для установления времени замачивания семян табака в удобрении Энергошанс использовали разные диапазоны (1, 3, 6, 12 и 24 часа). Семена замачивали в 1 % растворе препарата согласно рекомендациям производителя. Опыт проводили согласно Методическому руководству по изучению эффективности применения регуляторов роста растений при проращивании семян табака (2013). Табачную рассаду сорта Трапезонд 92 выращивали в парниках без обогрева. Исследования проводили в период 2021-2022 гг. Опыт закладывали в питательной смеси с предварительным созданием фона из расчета 50 % от оптимального содержания главных питательных элементов ($N_{35}P_{30}K_{35}$), за счет внесения минеральных удобрений с учетом ее агрохимических анализов. Проводили предпосевную обработку семян в растворе препарата Энергошанс 1,0 % при экспозиции, показавшей наилучший результат – 1 час и вносили раствор удобрения ($0,5 \text{ мл/м}^2$) с поливной водой (1 л/м^2) в основные фазы развития рассады табака «крестик», «ушки» и «готовая к высадке» (перед выборкой). Перед высадкой в поле оценивали качество технически зрелой рассады. Исследования проводили в соответствии с Методическим руководством по проведению агротехнических опытов с табаком в рассадниках (2013).

Для оценки влияния удобрения на продуктивность культуры рассаду после выборки в соответствии с вариантами парникового опыта высаживали в поле. Полевые опыты проводили на опытно-селекционном участке ВНИИТТИ. Почва западно-предкавказский чернозём выщелоченный. Повторность в опытах четырехкратная, густота стояния растений 70 x 25 см. Агрохимическая характеристика почвы на момент закладки опыта: pH = 5,5; содержание гумуса 3,64 %, содержание аммиачного азота 29,7 мг/кг почвы, нитратного 360,0 мг/кг, подвижного фосфора 114,3 мг/кг, обменного калия 70,4 мг/кг. Поглощающий комплекс почвы почти полностью насыщен Са и Mg, причём основная доля (до 89 % от суммы) приходится на кальций. Закладка опытов, фенологические наблюдения, измерения, учёты проводили в соответствии с Методическим руководством по проведению полевых агротехнических опытов с табаком (*Nicotiana tabacum* L.) (2011). Урожай убирали по мере созревания листьев с учётом сырой массы с последующим перерасчётом на стандартную влажность. Содержание сухого вещества в единице поверхности листа табака определяли методом отбора пробы с листа среднего яруса с последующим высушиванием. Оценку химического состава табачного сырья осуществляли в лаборатории химии и контроля качества ВНИИТТИ. Статистический анализ экспериментальных данных проводили по Методике полевого опыта Б. А. Доспехова с использованием компьютерной программы Excel 2016.

Погодные условия за период исследований сложились благоприятно для роста и развития табака. Среднесуточная температура воздуха за вегетационный период 2021 г. (июнь – сентябрь) превышала среднегодовую норму на +2,5 °С – +4,1 °С, количество осадков – на 10-44 мм. В 2022 г. отмечено превышение средней многолетней нормы по температурному режиму на +1,5 – +5,4 °С, по количеству выпавших осадков – на 24-53 мм. Дефицит осадков отмечен только в сентябре в количестве 28 мм.

Результаты и обсуждение. На основании лабораторных опытов установлено, что эффективное время замачивания семян табака с препаратом Энергошанс в рекомендуемой производителем дозе составляет 1 час. При данной экспозиции масса проростков увеличивается на 43 % в сравнении с контролем. Использование удобрения Энергошанс для предпосевной обработки семян табака и совместно с поливом рассады в фазы развития «крестик», «ушки» и «готовая к высадке» способствует увеличению длины рассадных растений (по результатам 2021 г.) до точки роста на 31-65 %, до конца вытянутых листьев – на 24-45 %, корневой массы рассады – на 47-68 %, наземной – на 45-68 % (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние удобрения «Энергошанс» на формирование и выход стандартной рассады табака (сорт табака Трапезонд 92)

Table 1 – Effect of «Energoshans» fertilizer on formation and yield of standard tobacco seedlings (Trapezond 92 tobacco variety)

Вариант / Variant	Длина растений, см / Plant height, cm		Количество листьев, шт. / Number of leaves, pieces	Диаметр стебля, мм / Diameter of stem, mm	Сырая масса, г / Wet weight, g		Выход стандартной рассады, шт./м ² / Standard seedling yield, pcs/m ²
	до точки роста / till growth point	до конца вытянутых листьев / till leaf tips			стеблей 25 растений / stalks of 25 plants	корней 25 растений / roots of 25 plants	
1	2	3	4	5	6	7	8
2021 г. / Year 2021							
Контроль / Control	8,5	17,1	5	4,0	107,1	4,7	700
Энергошанс / Energoshans							
Рассада (0,5 %) «крестик», «ушки», «готовая к высадке» / Sprouts (0.5 %) “cross”, “rosette” and “ready for transplanting”	14,0	24,8	5-6	5,1	180,1	7,9	941
Семена (1 %) / Seeds (1 %)	11,1	21,2	5	4,7	155,6	6,9	907
Семена (1 %) + рассада (0,5 %) «ушки» / Seeds (1 %) + Sprouts (0.5 %) “rosette”	11,9	22,0	5	5,0	159,3	7,3	911
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	1,08	2,15	-	0,24	34,20	0,32	34,8

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
2022 г. / Year 2022							
Контроль / Control	8,0	17,0	5	4,3	115,5	4,8	656
Энергошанс / Energoshans							
Рассада (0,5 %) «крестик», «ушки», «готовая к высадке» / Sprouts (0.5 %) "cross", "rosette" and "ready for transplanting"	12,3	25,4	5-6	5,0	170,4	7,8	848
Семена (1 %) / Seeds (1 %)	11,1	23,0	5	4,6	155,3	6,9	818
Семена (1 %) + рассада (0,5 %) «ушки» / Seeds (1 %) + Sprouts (0.5 %) "rosette"	11,7	24,1	5	4,8	159,4	7,0	829
HCP_{05} / LSD_{05}	1,33	2,40	-	0,31	18,40	0,51	31,7

Длина обработанных растений (2022 г.) до точки роста увеличилась на 39-54 %, до конца вытянутых листьев – на 35-49 %, масса корней – на 44-63 %, наземной части – на 34-48 %. Выход стандартной рассады к моменту высадки существенно ($HCP_{05} = 34,8$ и $31,7$ шт./м²) превысил контроль на 30-34 % и на 25-29 % соответственно годам. Лучшие результаты показал вариант опыта, где проводили обработку рассады препаратом Энергошанс по фазам развития рассады «крестик», «ушки» и «готовая к высадке» без обработки семян.

Таблица 2 – Влияние удобрения «Энергошанс» на динамику роста табака и площадь листа среднего яруса (сорт табака Трапезонд 92)

Table 2 – Effect of Energoshans fertilizer on tobacco growth dynamics and leaf area of the middle tier (Trapezond 92 tobacco variety)

Вариант / Variant	Высота растений, см / Plant height, cm			Количество листьев, шт. / Number of leaves, pieces	Площадь листа среднего яруса, см ² / Area of a leaf of the middle tier, cm ²
	через 60 суток после посадки / 60 days after planting	в период интенсивного роста / during a period of intense strong growth	после уборки урожая / after harvesting		
2021 г. / Year 2021					
Контроль / Control	47	81	150	36	404
Энергошанс / Energoshans					
Рассада (0,5 %) «крестик», «ушки», «готовая к высадке» / Sprouts (0.5 %) “cross”, “rosette” and “ready for transplanting”	54	99	174	38	523
Семена (1 %) / Seeds (1 %)	51	93	165	37	504
Семена (1 %) + рассада (0,5 %) «ушки» / Seeds (1 %) + Sprouts (0.5 %) “rosette”	53	95	167	37	508
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	-	-	-	-	20,4
2022 г. / Year 2022					
Контроль / Control	56	80	157	30	557
Энергошанс / Energoshans					
Рассада (0,5 %) «крестик», «ушки», «готовая к высадке» / Sprouts (0.5 %) “cross”, “rosette” and “ready for transplanting”	67	90	179	32	659
Семена (1 %) / Seeds (1 %)	60	76	173	31	628
Семена (1 %) + рассада (0,5 %) «ушки» / Seeds (1 %) + Sprouts (0.5 %) “rosette”	60	83	175	31	639
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	-	-	-	-	33,7

По способности удерживать на корнях питательную смесь (косвенная оценка степени развития корневой системы) определено, что испытанное удобрение улучшает данный показатель в 1,6-1,8 раз (2021 г.) и 1,5-1,9 раза (2022 г.) по сравнению с контролем. Также стоит отметить, что рассада на вариантах с испытываемым препаратом не повреждалась стеблекорневыми инфекциями, на контроле поврежденность составила 5 %.

Высаженная рассада табака после обработки препаратом Энергошанс в полевых условиях превышала контрольные растения по высоте к концу вегетационного периода на 10-16 % и на 10-14 % соответственно годам (таблица 2). Площадь листа среднего яруса на фоне удобрения значительно увеличилась на 25-31 % (2021 г.) и на 13-18 % (2022 г.) ($HCP_{05} = 20,4$ и $33,7 \text{ см}^2$ соответственно). Отмечена тенденция к увеличению количества технических листьев, их в вариантах опыта с удобрением отмечено на 1-2 листа больше, чем в контроле.

Применение удобрения Энергошанс позволило увеличить количество развитых растений (более 50 см высотой) в 1,5-5,0 раз, а продуктивных семенных растений, имеющих соцветия с побуревшими коробочками и плодоножкой бурого цвета, на 10-12 % и 7-14 % соответственно исследованиям по годам.

Достоверная прибавка урожая на фоне испытанного удобрения составила 4,7-5,8 ц/га или 17-21 % ($HCP_{05} = 2,16 \text{ ц/га}$) (2021 г.) и 4,3-6,4 ц/га (12-18 %) ($HCP_{05} = 2,21 \text{ ц/га}$) (2022 г.). Данные приведены в рисунке. Лучшие результаты получены в варианте, где проводили обработку удобрением Энергошанс в дозе $0,5 \text{ мл/м}^2$ в основные фазы развития растений «крестик», «ушки» и «готовая к высадке рассада» т.е. перед выборкой.

Таблица 3 – Влияние удобрения «Энергошанс» на количество развитых растений и вызревание семян табака (сорт табака Трапезонд 92)

Table 3 – Effect of Energoshans fertilizer on the number of developed plants and tobacco seed maturation (Trapezond 92 tobacco variety)

Вариант / Variant	Количество растений / Number of plants						
	на учетной делянке, шт. / on accounting plot, pieces	нормально развитых / normally developed		недораз- витых / underdeveloped		цветущих, % / blooming, %	с побу- ревшими коробоч- ками, % / with browned bolls, %
		шт. / pieces	%	шт. / pieces	%		
2021 г. / Year 2021							
Контроль / Control	37	32	92	5	8	23	26
Энергошанс / Energoshans							
Рассада (0,5 %) «крестик», «ушки», «готовая к высадке» / Sprouts (0.5 %) “cross”, “rosette” and “ready for transplanting”	39	39	100	нет	нет	30	38
Семена (1 %) / Seeds (1 %)	37	35	97	2	3	27	36
Семена (1 %) + рассада (0,5 %) «ушки» / Seeds (1 %) + Sprouts (0.5 %)“rosette”	36	35	98	1	2	29	36
2022 г. / Year 2022							
Контроль / Control	37	34	96	3	4	28	23
Энергошанс / Energoshans							
Рассада (0,5 %) «крестик», «ушки», «готовая к высадке» / Sprouts (0.5 %) “cross”, “rosette” and “ready for transplanting”	40	40	100	нет	нет	36	37
Семена (1 %) / Seeds (1 %)	39	37	98	2	2	33	31
Семена (1 %) + рассада (0,5 %) «ушки» / Seeds (1 %) + Sprouts (0.5 %)“rosette”	39	38	99	1	1	34	30

Удобрение Энергошанс способствует накоплению сухого вещества в табачных листьях (материальность листьев) на 1,9-7,3 % (2021 г.) и на – 2,1-5,1 % (2022 г.) по сравнению с контролем (таблица 4).

Традиционно качество (химический состав) табачного сырья определяют по содержанию в листьях белков, никотина и углеводов. Никотин даёт крепость сырью, углеводы и белки – его вкусовые свойства. Применение удобрения Энергошанс в опыте увеличило содержание углеводов на 14-26 %, при этом основной показатель качества – углеводно-белковое соотношение (число Шмука), превысило контрольные показатели. Стоит отметить, что табачное сырьё с числом Шмука более единицы считается высококачественным.

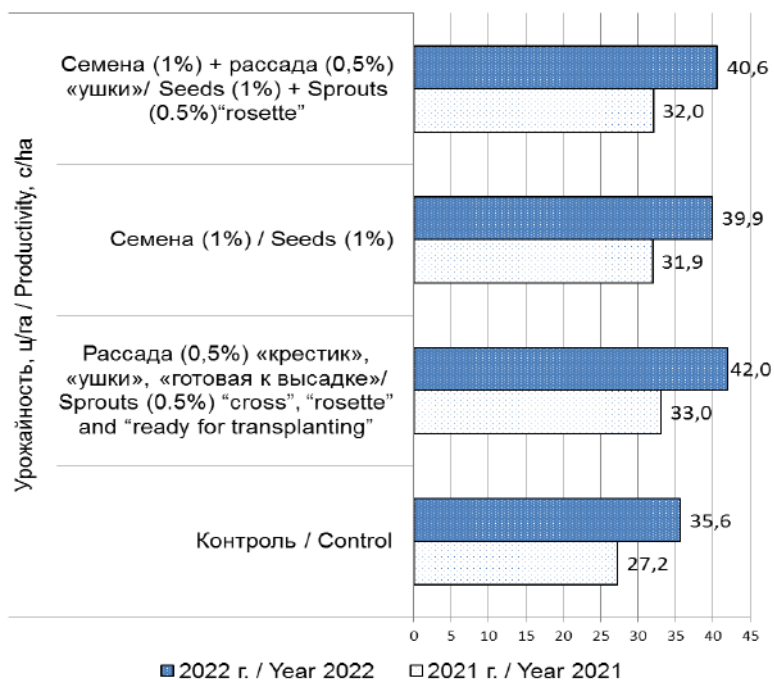


Рисунок 1 – Влияние удобрения Энергошанс на урожайность табака (ц/га) (сорт табака Трапезонд 92), $HCP_{05} = 2,16$ ц/га (2021 г.) и $HCP_{05} = 2,21$ ц/га (2022 г.)

Picture 1 – Effect of Energoshans fertilizer on tobacco yield (c/ha) (Trapezond 92 tobacco variety), $LSD_{05}=2,16$ c/ha (Year 2021) and $LSD_{05}=2,21$ c/ha (Year 2022)

Таблица 4 – Влияние удобрения «Энергошанс» на химический состав и материальность табачных листьев (сорт табака Трапезонд 92)

Table 4 – Effect of fertilizer Energoshans on chemical composition and materiality of tobacco leaves (Trapezond 92 tobacco variety)

Вариант / Variant	Содержание, % / Content, %			Число Шмука / Shmuk ratio	Количество сухого вещества в листьях после сушки, г/дм ² / Leaf dry matter content after curing, g/m ²
	никотина / nicotine	углеводов / carbohydrates	белков / proteins		
1	2	3	4	5	6
2021 г. / Year 2021					
Контроль / Control	2,5	4,3	4,8	0,90	0,5607
Энергошанс / Energoshans					
Рассада (0,5 %) «крестик», «ушки», «готовая к высадке» / Sprouts (0.5 %) "cross", "rosette" and "ready for transplanting"	2,7	5,4	4,5	1,20	0,6017
Семена (1 %) / Seeds (1 %)	2,3	5,0	4,6	1,09	0,5816
Семена (1 %) + рассада (0,5 %) «ушки» / Seeds (1 %) + Sprouts (0.5 %) "rosette"	2,3	5,3	4,7	1,13	0,5905
HCP_{05} / LSD_{05}	-	0,4	-	-	0,0271

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6
2022 г. / Year 2022					
Контроль / Control	2,2	5,0	5,6	0,89	0,6101
Энергошанс / Energoshans					
Рассада (0,5 %) «крестик», «ушки», «готовая к высадке» / Sprouts (0.5 %) “cross”, “rosette” and “ready for transplanting”	2,2	5,7	5,5	1,04	0,6410
Семена (1 %) / Seeds (1 %)	2,3	5,7	5,8	0,98	0,6229
Семена (1 %) + рассада (0,5 %) «ушки» / Seeds (1 %) + Sprouts (0.5 %) “rosette”	2,1	5,5	5,6	0,98	0,6262
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	-	0,2	-	-	0,0223

Заключение. В результате проведенных двухлетних исследований установлено, что органоминеральное удобрение Энергошанс на основе экстракта морских водорослей повышает продуктивность табака и качество табачного сырья. На табаке сорта Трапезонд 92 установлено, что предпосевная обработка семян удобрением Энергошанс в концентрации водного раствора 1 % при экспозиции 1 час и трехкратное внесение агрохимиката совместно с поливом рассады в дозе 0,5 мл/м² (в количестве рабочего раствора 1 л/м²) в основные фазы развития «крестик», «ушки» и «готовая к высадке» (перед выборкой) за счет полученной более крепкой и развитой рассады приводит к существенному росту урожайности табака. В первый год исследований достоверная прибавка к урожаю на табаке сорта Трапезонд 92 составила 5,8 ц/га (21 %), во второй год исследований – 6,4 ц/га (18 %). Применение удобрения Энергошанс способствует улучшению качества табачного сырья за счет увеличения содержания углеводов на 26 % (2021 г.) и на 14 % (2022 г.).

Conclusions. As a result of two-year research, it was established that organic mineral fertilizer Energoshans based on seaweed extract increases tobacco productivity and quality of tobacco raw material. On tobacco variety Trapezond 92 found that pre-sowing treatment of seeds with fertilizer Energoshans in the concentration of aqueous solution of 1 % at an exposure of 1 hour and three-time application of agrochemical together with watering seedlings at a dose of 0.5 ml / m² (in the amount of working solution of 1 liter / m²) in the main phases of development “cross”, “ears” and “ready for planting” (before sampling) due to the obtained stronger and more developed seedlings leads to a significant increase in tobacco yield. In the first year of research, the reliable yield increases on tobacco of Trapezond 92 variety amounted to 5.8 c/ha (21 %), in the second year of research – 6.4 c/ha (18 %). The application of Energoshans fertilizer improves the quality of tobacco raw material by increasing the carbohydrate content by 26 % (2021) and 14 % (2022).

Библиографический список

1. Mukherjee A., Patel J. S. Seaweed extract: biostimulator of plant defense and plant productivity. International Journal of Environmental Science and Technology. 2020. Vol. 17. № 1. Pp. 553-558.
2. Agarwal P. K., Dangariya M., Agarwal P. Seaweed extracts: Potential biodegradable, environmentally friendly resources for regulating plant defense. Algal Research. 2021. Vol. 58. P. 102363.
3. Mamede M., Cotas J., Bahcevandziev K., Pereira L. Seaweed polysaccharides in agriculture: A next step towards sustainability. Applied Sciences. 2023. Vol. 13. № 11. P. 6594.
4. Ali O., Ramsubhag A., Jayaraman J. Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. Plants. 2021. Vol. 10. № 3. P. 531.
5. Mzibra A., Aasfar A., Khouloud M., Farrie Y., Boulif R., Kadmiri I. M., Douira A. Improving growth, yield, and quality of tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) by the application of moroccan seaweed-based biostimulants under greenhouse conditions. Agronomy. 2021. Vol. 11. № 7. P. 1373.
6. Khattabi O., Hasnaoui S., Toura M., Henkrar F., Collin B., Levard C., Fahr M. Seaweed extracts as promising biostimulants for enhancing lead tolerance and accumulation in tomato (*Solanum lycopersicum*). Journal of Applied Phycology. 2023. Vol. 35. № 1. Pp. 459-469.
7. Ali O., Ramsubhag A., Jayaraman J. Application of extracts from Caribbean seaweeds improves plant growth and yields and increases disease resistance in tomato and sweet pepper plants. Phytoparasitica. 2023. Vol. 51. № 4. Pp. 727-745.
8. Moradi S., Pasari B., Talebi R. Effects of mycorrhiza, organic and chemical fertilizers on growth of tobacco plant. Journal of Crops Improvement. 2018. Vol. 19. № 4. Pp. 947-962.
9. Черепанова Е. Болезни зерновых культур. АгроФорум. 2021. № 6. С. 15-21.
10. Гулидова В. А. Эффективность применения регуляторов роста для обработки посадочного материала декоративных культур на примере луколиц *Tulipa*. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 2 (220). С. 14-22.

11. Мамонтова Ю. Е., Зубкова Т. В., Гогмачадзе Г. Д., Виноградов Д. В., Плевко Е. А. Эффективность влияния микроудобрений на ростовые процессы и декоративные качества бархатцев отклоненных махровых сорта Дюранго. Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо». https://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/5/st_526.pdf

12. Щучка Р. В. Влияние биостимуляторов роста и способов их применения на урожай и качество семян сои в условиях ЦЧР. АгроЭкоИнфо. 2020. № 2. С. 22.

References

1. Mukherjee A., Patel J. S. Seaweed extract: biostimulator of plant defense and plant productivity. International Journal of Environmental Science and Technology. 2020. Vol. 17. № 1. Pp. 553-558.
2. Agarwal P. K., Dangariya M., Agarwal P. Seaweed extracts: Potential biodegradable, environmentally friendly resources for regulating plant defense. Algal Research. 2021. Vol. 58. P. 102363.
3. Mamede M., Cotas J., Bahcevandziev K., Pereira L. Seaweed polysaccharides in agriculture: A next step towards sustainability. Applied Sciences. 2023. Vol. 13. № 11. P. 6594.
4. Ali O., Ramsabhag A., Jayaraman J. Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: Implications towards sustainable crop production. Plants. 2021. Vol. 10. № 3. P. 531.
5. Mzibra A., Aasfar A., Khouloud M., Farrie Y., Boulif R., Kadmiri I. M., Douira A. Improving growth, yield, and quality of tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) by the application of moroccan seaweed-based biostimulants under greenhouse conditions. Agronomy. 2021. Vol. 11. № 7. P. 1373.
6. Khatibi O., Hasnaoui S., Toura M., Henkrar F., Collin B., Levard C., Fahr M. Seaweed extracts as promising biostimulants for enhancing lead tolerance and accumulation in tomato (*Solanum lycopersicum*). Journal of Applied Phycology. 2023. Vol. 35. № 1. Pp. 459-469.
7. Ali O., Ramsabhag A., Jayaraman J. Application of extracts from Caribbean seaweeds improves plant growth and yields and increases disease resistance in tomato and sweet pepper plants. Phytoparasitica. 2023. Vol. 51. № 4. Pp. 727-745.
8. Moradi S., Pasari B., Talebi R. Effects of mycorrhiza, organic and chemical fertilizers on growth of tobacco plant. Journal of Crops Improvement. 2018. Vol. 19. № 4. Pp. 947-962.
9. Cherepanova E. Diseases of grain crops. AgroForum. 2021. №. 6. Pp. 15-21.
10. Gulidova V. A. Effectiveness of the use of growth regulators for the treatment of planting material of ornamental crops on the example of Tulipa bulbs. Bulletin of Altai State Agrarian University. 2023. № 2 (220). Pp. 14-22.
11. Mamontova Yu. E., Zubkova T. V., Gogmachadze G. D., Vinogradov D. V., Plevko E. A. Effectiveness of the effect of microfertilizers on the growth processes and decorative qualities of velvets deviated terry variety Durango. Electronic scientific and production journal "AgroEcoInfo". https://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/5/st_526.pdf
12. Shchuchka R. V. Influence of growth biostimulants and methods of their application on yield and quality of soybean seeds in the conditions of the CDR. AgroEcoInfo. 2020. №. 2. Pp. 22.

Информация об авторах

Сидорова Наталья Владимировна, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий» (Российская Федерация, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 42), ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6118-759X>, e-mail: agrotobacco@mail.ru

Плотникова Татьяна Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией агротехнологии, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий» (Российская Федерация, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 42), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2543-3497>, e-mail: agrotobacco@mail.ru

Authors' Information

Sidorova Natalia Vladimirovna, Senior Research Fellow, All-Russian research institute of tobacco, makhorka and tobacco products (Russian Federation, 350072, Krasnodar, Moskovskaya str., 42), ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6118-759X>, e-mail: agrotobacco@mail.ru

Plotnikova Tatyana Viktorovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of Agrotechnology Laboratory, All-Russian research institute of tobacco, makhorka and tobacco products (Russian Federation, 350072, Krasnodar, Moskovskaya str., 42), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2543-3497>, e-mail: agrotobacco@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-27

THE EFFECT OF THE BIOLOGICALLY ACTIVE ORGANIC FERTILIZER ON THE GROWTH AND YIELD OF BLACK CURRANT

Zykov A. V., Yunin V. A.

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – Branch of Federal Scientific Agrarian Engineering Center VIM (IEEP – branch of FSAC VIM)
Saint Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: sznii@internet.ru

Received 06.03.2025

Submitted 22.05.2025

The research was carried out within the framework of the research topic FGUN-2022-0010 "To develop environmentally friendly technologies, machine complexes and equipment for managing agricultural ecosystems in intensive and organic production of agricultural products", IAEF – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution FNATS VIM (St. Petersburg).

Summary

The article discusses the changes in yield and growth of black currants of three varieties when they are grown using biologically active organic fertilizer prepared on the basis of bird droppings. The results of the study show that the studied fertilizer in doses from 6 to 12 t/ha has a positive effect on both the growth of

seedlings and the yield of black currant. When applying fertilizer at a dose of 9 t/ha, the average yield of the studied varieties increased by 25 % compared to the control and amounted to 1.3 t/ha. The effectiveness of the productivity indicator, expressed in the height of the bush growth, contributes to an overall increase in yield, which is the main purpose of using the fertilizer used.

Abstract

Introduction. Biologically active organic fertilizers are becoming an increasingly popular choice among gardeners and farmers seeking to improve soil quality and increase yields. In this regard, it is important to study the effect of biologically active organic fertilizer prepared on the basis of chicken manure by an industrial method in a bio fermentation plant on various plant species, including black currant, one of the most common berry crops. Black currant is characterized by its unpretentiousness and ability to adapt to various growing conditions. However, the use of biologically active fertilizers can significantly increase the growth rate and yield of this plant by enriching the soil with essential nutrients. In this article, we will look at the results of research on the effects of organic fertilizers on the growth and fruiting of black currants. **Materials and methods:** during field experimental studies, a systematic integrated approach was used to study the effect of soil conditions on the yield and growth of black currant according to generally accepted experimental methods. **Object of research.** Seedlings of black currant of three varieties Aleksandrina, Binar and Delicatessen, obtained from lignified cuttings of varieties. The purpose of the study was to establish the dependences of the effect of doses of biologically active organic fertilizer on the growth and yield of black currant. **Results.** The study of the effect of biologically active organic fertilizer on the growth and yield of black currant has shown that the effectiveness of the organic fertilizer used in research, conforming to GOST 53117-2008, is characterized by the degree of positive effect on the yield and growth of black currant. According to the agrochemical composition, the fertilizer used had the following indicators: humidity – 50 %; nitrogen – 38 g/kg, phosphorus – 8 g/ kg, PH – 7.5. In the experimental plot, when applying fertilizer during transplantation at a dose of 9 t/ha, the average berry weight was 50% higher than in the control version. When applying fertilizer, the yield increased by 0.13 kg / bush compared to the control, which was +25 % compared to the control, and the total increase in bush branches at a dose of 9 t / ha during transplantation was 0.8 meters compared to the control – 0.48 meters. Good growth results were also obtained in the variant with the addition of 12 t/ha, the shoot growth rates ranged from 0.63 to 0.77 meters, respectively. The scientific novelty of the work consists in identifying patterns of development and increasing the yield of the blackcurrant plant from the doses of the applied organic fertilizer. Conclusion: During the research, it was found that the biologically active organic fertilizer under study in doses from 6 to 12 t/ha had a positive effect on the growth and yield of black currant. When using fertilizer at a dose of 9 t/ha, the yield of the studied varieties increased compared to the control and reached 0.86 t/ha.

Keywords: gardening, black currant, black currant yield, organic fertilizers, berry crop yield factors.

Citation. Zykov A. V., Yunin V. A. The effect of the biologically active organic fertilizer on the growth and yield of black currant. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 257-266 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-27.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.861:634.723.1

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ НА ПРИРОСТ И УРОЖАЙНОСТЬ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ

Зыков А. В., научный сотрудник

Юнин В. А., старший научный сотрудник, кандидат технических наук

*Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБУ ФНАЦ ВИМ
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Исследования проведены в рамках выполнения темы НИР FGUN-2022-0010 «Разработать экологически чистые технологии, комплексы машин и оборудование для управления сельскохозяйственными экосистемами при интенсивном и органическом производстве сельскохозяйственной продукции», ИАЭП – филиал ФГБУ ФНАЦ ВИМ (г. Санкт-Петербург).

Аннотация. Биологически активные органические удобрения становятся все более популярным выбором среди садоводов и фермеров, стремящихся к улучшению качества почвы и повышению урожайности. В связи с этим важно изучить влияние биологически активного органического удобрения, приготовленного на основе куриного помета промышленным способом в биоферментационной установке, на различные виды растений, включая смородину черную – одну из самых распространенных ягодных культур. Смородина черная отличается неприхотливостью и способностью адаптироваться к различным условиям выращивания. Однако использование биологически активных удобрений может значительно повысить скорость роста и урожайность этого растения благодаря обогащению почвы необходимыми питательными веществами. В данной статье рассматриваем результаты исследований по воздействию органического удобрения на прирост и плодоношение смо-

родины черной. **Материалы и методы.** При проведении полевых экспериментальных исследований использовался системный комплексный подход по изучению влияния почвенных условий на урожайность и прирост смородины черной согласно общепринятым методикам проведения экспериментов. **Объект исследования.** Саженьцы смородины черной трех сортов Александрина, Бинар и Деликатес, полученные из одревесневших черенков сортов. **Цель исследования.** Установление зависимостей влияния доз внесения биологически активного органического удобрения на прирост и урожайность смородины черной. **Результаты.** Исследование влияния биологически активного органического удобрения на прирост и урожайность смородины черной показали, что эффективность используемого в исследованиях органического удобрения, соответствующего ГОСТу 53117-2008, характеризуется степенью положительного влияния на урожайность и прирост смородины черной. По агрохимическому составу используемое удобрение имело следующие показатели: влажность – 50 %; азот – 38 г/кг, фосфор – 8 г/кг, РН – 7,5. На опытной делянке при внесении удобрения при пересадке в дозе 9 т/га средний показатель массы ягод оказалась выше на 50 %, чем в контрольном варианте. При внесении удобрения урожайность увеличилась на 0,13 кг/куст по сравнению с контролем, что в пересчете составило +25 % к контролю, а суммарный прирост ветвей куста при дозе внесения 9 т/га при пересадке составил 0,8 метров по сравнению с контролем – 0,48 метров. Хорошие результаты по приросту также получены в варианте с внесением 12 т/га, показатели прироста побегов составили от 0,63 до 0,77 метров соответственно. **Научная новизна работы заключается** в выявлении закономерностей развития и увеличении урожайности растений смородины черной от доз вносимого органического удобрения. **Вывод.** При проведении исследований установлено, что изучаемое биологически активное органическое удобрение в дозах от 6 до 12 т/га оказало положительное влияние на прирост и урожайность смородины черной. При использовании удобрения в дозе 9 т/га урожайность изучаемых сортов увеличилась по сравнению с контролем и достигала 0,86 т/га.

Ключевые слова: садоводство, смородина черная, урожайность смородины черной, органические удобрения, факторы урожайности ягодных культур.

Цитирование. Зыков А. В., Юнин В. А. Влияние биологически активного органического удобрения на прирост и урожайность смородины черной. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 257-266. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-27.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Резюме. В статье рассмотрены изменения урожайности и прироста смородины черной трех сортов при их выращивании с использованием биологически активного органического удобрения, приготовленного на основе птичьего помета. Результаты исследования показывают, что изучаемое удобрение в дозах от 6 до 12 т/га оказывает положительное влияние как на прирост саженцев, так и на урожайность смородины черной. При внесении удобрения в дозе 9 т/га средняя урожайность изучаемых сортов увеличилась по сравнению с контролем на 25 % и составила 1,3 т/га. Эффективность показателя продуктивности, выраженного в высоте прироста куста, способствует общему повышению урожайности, что является основной целью применения используемого удобрения.

Введение. Ягодная культура смородина черная имеет широкое распространение в Северо-Западном регионе России. Популярности ее способствует ряд общепринятых преимуществ, а именно она менее требовательна к климатическим условиям, сорта селекции Северо-Западного региона зимостойки, подготовлены к перезимовке под укрытием снежного покрова, рано, на второй и третий год после посадки вступают в период плодоношения, отличаются обильным и ранним созреванием ягод.

Ягоды смородины черной обладают хорошими вкусовыми качествами и могут потребляться в свежем и переработанном виде. Урожайность и прирост ягодных культур напрямую зависят от сортовых особенностей растений и соблюдения агротехнологических операций возделывания, при проведении которых происходит оперативное выявление потребности растений в питании и своевременное внесение необходимого количества питательных элементов для растений [1]. Максимальный потенциал растений реализуется только в благоприятных условиях окружающей среды. Важнейшим этапом современных систем выращивания ягодных культур является оперативное выявление потребности и своевременное внесение необходимого количества питательных элементов для растений [1].

Биологически активные органические удобрения становятся все более популярным выбором среди садоводов и фермеров, стремящихся к улучшению качества почвы и повышению урожайности. В связи с этим важно изучить влияние таких удобрений на различные виды растений, включая смородину черную – одну из самых распространенных ягодных культур России.

Важность органических удобрений для смородины черной заключается в том, что они способствуют улучшению плодородия почвы и активизации биологических процессов, необходимых для развития растения. Биологически активное органическое удобрение содержит микроорганизмы, которые помогают улучшить структуру почвы и обеспечить растение необходимыми питательными веществами. Это позволяет смородине черной лучше усваивать питательные вещества, повышает ее устойчивость к болезням и стрессовым условиям, что в итоге приводит к увеличению прироста и урожайности. Таким образом, применение органических удобрений является одним из ключевых факторов успешного возделывания смородины черной [2, 3, 4].

Биологически активные органические удобрения оказывают положительное влияние на рост смородины черной за счет разнообразных механизмов воздействия. Во-первых, они обогащают почву нужными микроэлементами, стимулируя активность микроорганизмов в почве, что способствует улучшению поглощения питательных веществ растениями. Во-вторых, биологически активные удобрения могут улучшить структуру почвы, увеличивая ее водопроницаемость и улучшая доступность воды и кислорода для корневой системы смородины. Также эти удобрения способствуют стимуляции ферментативной активности корней, что улучшает процессы поглощения и переноса питательных веществ в растениях, что в итоге приводит к улучшению роста и урожайности смородины черной.

Смородина черная отличается неприхотливостью и способностью адаптироваться к различным условиям выращивания. Однако использование биологически активных удобрений может значительно повысить скорость роста и урожайность этого растения благодаря обогащению почвы необходимыми питательными веществами.

Азотные удобрения занимают особое место в питании плодовых и ягодных культур и выполняют фундаментальную роль в процессах фотосинтеза и вегетативного роста. С другой стороны, избыток азота оказывает не только отрицательное влияние на качество плодов, но и загрязняет окружающую среду [5, 6].

С каждым годом с актуализацией технологии растениеводства наблюдается рост производства органической продукции и использование биологически активных удобрений и средств биологической защиты растений [6, 7, 8]. Получаемые органические удобрения на основе куриного помета с конца двадцатого века занимали значимое место в разработке современных технологий в области растениеводства. Куриный помет в процессе аэробной биологической ферментации приобретает доступную для растений форму [1, 9].

С целью создания новых технических средств в технологиях садоводства, адаптированных под внесение как твердых, так и жидких удобрений с высоким содержанием питательных элементов, необходимо экспериментально установить взаимосвязь дозы и способа внесения удобрения с приростом и урожайностью обрабатываемой культуры [10, 11, 12].

Согласно требованиям, предъявляемым к созданию плодово-ягодных экологических садов, целью исследования на 2023-2024 гг. являлось установление зависимостей изменения урожайности и прироста смородины черной в условиях применения различных доз биологически активного органического удобрения и формулирование, на основании полученных результатов, рекомендаций по применению биологически активного органического удобрения в технологиях садоводства и питомниководства [1].

В данной статье мы рассмотрим результаты исследований по воздействию органического удобрения на прирост и плодоношение смородины черной, а также обсудим практические рекомендации для оптимального применения данного метода в садоводстве.

Методы исследования.

Полевой эксперимент проводился на базе опытного полигона п. Красная Славянка ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, общая площадь участка составляла 0,01 га (100 м²). Почва на опытных участках – дерново-подзолистая, легкосуглинисто-глеевая, на остаточном карбонатном моренном суглинке. Почва имела водородный показатель pH равный 6,5-6,6, высокое содержание органических веществ 5,6 % и от среднего до высокого уровня доступных Р и К.

Программа исследований по изучению влияния различных доз биологически активного органического удобрения предусматривала изучение изменения урожайности и прироста смородины черной в условиях различных доз биологически активного органического удобрения. В качестве объекта исследований выбраны трехлетние саженцы смородины черной трех районированных сортов: Александрина, Бинар и Деликатес. Предметом исследований являлись закономерности изменения урожайности и прироста смородины черной в зависимости от внесения в различных дозах биологически активного органического удобрения.

Программа и методика проведения исследования полевого эксперимента была составлена с учетом программно-методических указаний по агротехническим опытам с плодовыми и ягодными культурами, программы и методики сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур и методических рекомендаций по учету, наблюдениям, анализам, обработке данных в опытах с плодовыми и ягодными саженцами, методических указаний по усовершенствованной системе фитосанитарии в питомниководстве [13, 14].

Исследования проводились с различными дозами биологически активного органического удобрения, приготовленного на основе куриного помета индустриальным способом в биоферментационной установке ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ [14]. В контрольном образце почвы, взятой с опытных делянок, содержание фосфора составляло не более 100 мг/га. При выращивании смородины черной средние дозы внесения удобрений при среднем уровне обеспеченности почвы равны: азот 80-100 кг д.в./га; фосфор – 170-210 кг д.в./га.; калий – 100-140 кг д.в./га [15]. На основе предварительного анализа литературы и поисковых исследований определили, что внесение органических удобрений в дозе 6-12 т/га оказывает наиболее существенное влияние на урожайность и рост кустов смородины [16, 17]. Биологически активное органическое удобрение вносили при пересадке на опытных делянках в дозах 0,6-1,2 кг/м.кв с последующей заделкой. Массовая доля азота в сухом веществе по азоту равнялась 3 %, от 32 до 64 мг/кг [6, 17, 18].

Схема опытных делянок посадок одного сорта смородины черной представлена на рисунке 1.

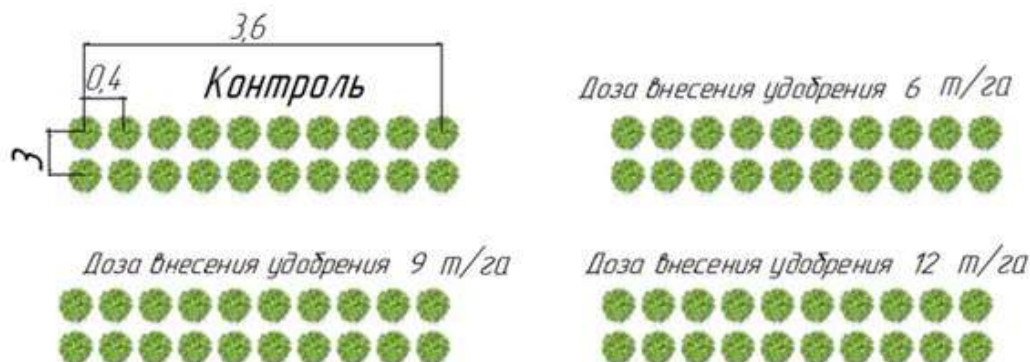


Рисунок 1 – Схема посадок одного сорта смородины черной
Figure 1 – Planting scheme of one variety of black currant



Рисунок 2 – Опытные делянки смородины черной, сорта Бинар, с различными дозами органическими удобрениями
Figure 2 – Experimental plots of black currant, varieties of Binar, with various doses of organic fertilizers

Каждый сорт смородины черной высаживался блоками вручную по 2 борозды согласно схеме 0,4 x 3,0 м. Расстояние между опытными участками составляло 1,5 метра. Замер показателей с занесением их в журнал наблюдений велся согласно стандартной методике, принятой в плодоводстве. Учеты и наблюдения за опытными посадками проводились в соответствии с методикой полевого опыта и программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [19, 20].

Результаты исследования.

Исследования показали, что эффективность используемого в исследованиях органического удобрения, соответствующего ГОСТу 53117-2008, характеризуется степенью положительного влияния на урожайность и прирост смородины черной, так как смородина черная отзывчива на внесение удобрений, хорошо реагирует как на минеральные, так и на органические удобрения в любой форме. При одинаковой густоте посадки, учет урожая смородины черной показал, что удобрения существенно влияют на структурные элементы – количество ягод в кисти, массу 1 ягоды и однолетний прирост. Изменения урожайности смородины черной в зависимости от различных доз биологически активного органического удобрения в графическом виде представлены на рисунке 3.

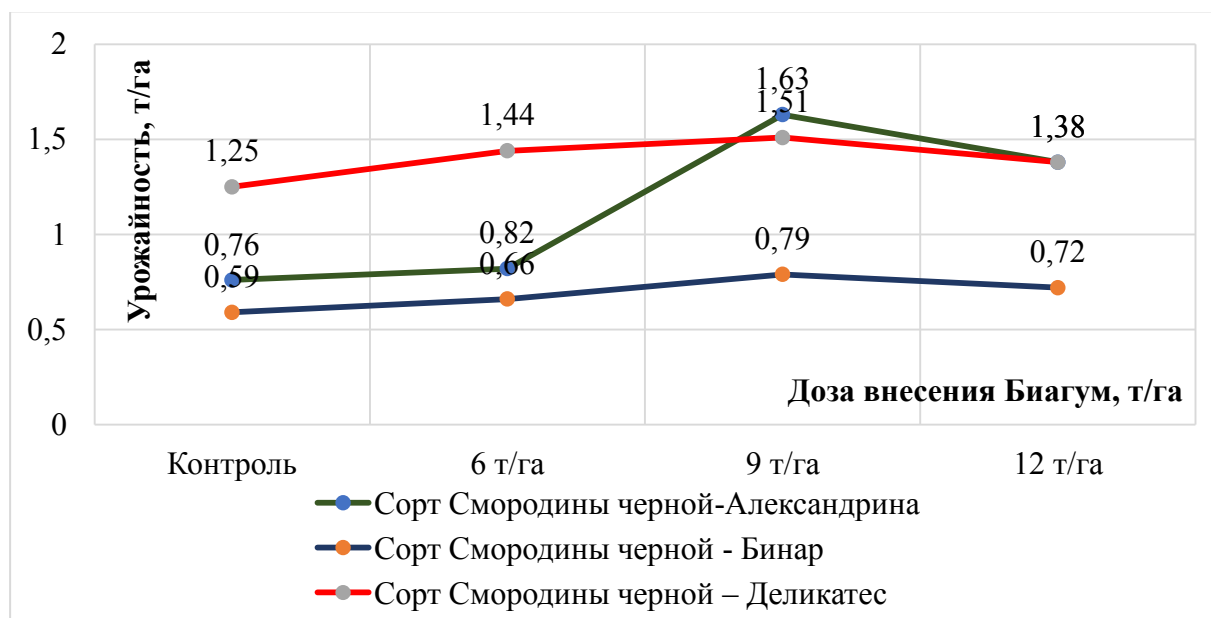


Рисунок 3 – Изменение урожайности смородины черной трех сортов в зависимости от различных доз внесения биологически активного органического удобрения

Figure 3 – The change in the yield of black currant of three varieties from different doses of biologically active organic fertilizer

Количество и размер ягод являются ключевыми факторами, влияющими на продуктивность и формирование урожая черной смородины. В варианте, где применялось биологически активное органическое удобрение в дозе 9 т/га, средняя масса ягод была на 50 % выше по сравнению с контрольной группой. Изучаемое органическое удобрение продемонстрировало достоверно положительное воздействие на урожайность и развитие черной смородины. Так, при использовании удобрения урожайность увеличилась на 0,13 кг/куст по сравнению с контролем, что к контролю составило +25 %.

Как иллюстрирует рисунок 3, эффективность всех перечисленных показателей проявилась в общем увеличении урожайности, что является главной целью применения данного удобрения. Средняя урожайность черной смородины по различным сортам колебалась от 0,13 до 0,87 т/га в сравнении с контрольной группой.

В ходе исследования влияния различных доз биологически активного органического удобрения на вегетативный рост саженцев черной смородины сортов Александрина, Бинар и Деликатес было установлено, что наибольшую эффективность демонстрирует внесение удобрения в количестве 9 т/га. Средний прирост побегов за весь вегетационный период в данном варианте составил 0,8 м, что значительно превышает контрольный показатель в

0,48 м. Также положительные результаты по приросту были зафиксированы в других вариантах: 12 т/га, показатели прироста побегов составили от 0,63 до 0,77 м соответственно (таблица 1).

Таблица 1 – Суммарный прирост побегов смородины черной трех сортов
Table 1 – Total growth of black currant shoots of three varieties

Номер опыта / Test Number	Норма внесения удобрения / Fertilizer application rate		Суммарный прирост побегов / Total growth of shoots					
			май-июнь / May-June		июль-сентябрь / July-September		май-сентябрь / May-September	
			Мет-ров / Metres	%	Мет-ров/ Metres	%	Мет-ров / Metres	%
1	Сорт смородины черной «Александрина» / Black currant variety "Aleksandrina"	Контроль / Control	0,12	100	0,33	100	0,45	100
2		Доза внесения 6 т/га / Application dose: 6 t/ha	0,07	58	0,46	92	0,53	118
3		Доза внесения 9 т/га / Application dose: 9 t/ha	0,05	42	0,75	150	0,80	178
4		Доза внесения 12 т/га / Application dose: 12 t/ha	0,05	42	0,69	138	0,74	164
5	Сорт смородины черной «Бинар» / Black currant variety "Binar"	Контроль / Control	0,04	100	0,5	100	0,54	100
6		Доза внесения 6 т/га / Application dose: 6 t/ha	0,05	125	0,60	120	0,65	144
7		Доза внесения 9 т/га / Application dose: 9 t/ha	0,03	75	0,87	174	0,90	200
8		Доза внесения 12 т/га / Application dose: 12 t/ha	0,01	20	0,76	152	0,77	171
9	Сорт смородины черной «Деликатес» / Black currant variety "Delicates"	Контроль / Control	0,04	100	0,41	100	0,45	100
10		Доза внесения 6 т/га / Application dose: 6 t/ha	0,02	50	0,53	129	0,55	122
11		Доза внесения 9 т/га / Application dose: 9 t/ha	0,07	175	0,62	151	0,69	153
12		Доза внесения 12 т/га / Application dose: 12 t/ha	0,05	125	0,58	141	0,63	140
		НСР ₀₅	12,6				0,89	

Приведенные в таблице данные достоверно указывают на влияние вносимого удобрения в дозе 9 т/га на прирост. Сортные особенности смородины черной при внесении различных доз биологически активного органического удобрения не оказывают как положительного, так и отрицательного влияния.

Графически изменение среднего прироста трех сортов смородины черной в зависимости от различных доз удобрения представлено на рисунке 4.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что графически представленные экспериментальные данные подтверждают зависимость увеличения продуктивности, так как урожайность смородины черной определяется преимущественно величиной ее ежегодных однолетних приростов. Увеличение высоты прироста однолетних побегов по трем сортам в сравнении с контролем составило 166 %, а средней урожайности – на 151 %.

При использовании биологически активного органического удобрения для смородины черной, рекомендуется следовать определенным практическим рекомендациям. Во-первых, необходимо определить оптимальную дозировку удобрения в зависимости от состояния почвы и фазы развития растений. Рекомендуется также проводить предпосевную обработку почвы удобрением для лучшего усвоения питательных веществ. Для повышения урожайности рекомендуется вносить удобрение в несколько этапов в течение сезона ухода за смородиной. Важно учитывать, что переизбыток удобрений может негативно сказаться на росте и здоровье растений, поэтому следует строго соблюдать рекомендуемые дозы. Правильное применение биологически активного удобрения способствует увеличению прироста и урожайности смородины черной, делая ее более здоровой и плодоносной.



Рисунок 4 – Изменение среднего прироста трех сортов смородины черной трех сортов от внесения биологически активного органического удобрения

Figure 4 – The change in the average growth of three varieties of black currant of three varieties from the application of biologically active organic fertilizer

Выводы. Проведённые исследования показали, что вносимые дозы биологически активного органического удобрения при пересадке во всех вариантах оказало положительное влияние на ростовые процессы, увеличивая высоту суммарного прироста куста по сравнению с контролем. Увеличение высоты прироста однолетних побегов по трем сортам в сравнении с контролем составило 166 %, а средней урожайности – на 151 %. Рекомендуемая доза удобрения при посадке трехлетних саженцев смородины черной является 9 т/га, так как она значительно влияет на прирост и, как следствие, на урожайность смородины.

Эффективность показателя продуктивности, выраженного в высоте прироста куста, выразилась в общем повышении урожайности, что являлось основной целью применения используемого удобрения. Средняя урожайность смородины черной по разным сортам составила от 0,13 до 0,87 т/га по сравнению с контролем.

Conclusions. The conducted studies have shown that the applied doses of biologically active organic fertilizer during transplantation in all variants had a positive effect on growth processes, increasing the height of the total growth of the bush compared with the control. The increase in the growth height of annual shoots in three varieties compared with the control was 166 %, and the average yield was 151 %. The recommended fertilizer dose for planting three-year-old blackcurrant seedlings is 9 t/ha, as it significantly affects the growth and, as a result, the yield of currants.

The effectiveness of the productivity indicator, expressed in the height of the growth of the bush, was expressed in an overall increase in yield, which was the main purpose of using the fertilizer used. The average yield of black currants in different varieties ranged from 0.13 to 0.87 t/ha compared with the control.

Библиографический список

1. Зыков А. В., Егорова К. И., Юнин В. А. Влияние органического удобрения «Биагум» на рост однолетних саженцев яблони. Аграрный научный журнал. 2024. № 7. С. 23-28.
2. Novikova I., Titova Yu. A., Krasnobaeva I., Boikova I., Minin V., Zakharov A., Murzaev E. New polyfunctional biorationals use to achieve competitive yield of organic potatoes in the North-West Russian ecosystem. Plants. 2022. V. 11. № 7.
3. Титова В. И. Особенности системы применения удобрений в современных условиях. Агрохимический вестник. 2016. № 1. С. 2-7.
4. Евсеев С. П., Перекопский А. Н. Метод повышения эффективности машинной уборки смородины черной. Известия Международной академии аграрного образования. 2022. № 59. С. 20-25.
5. Суркова О. А. Эффективность применения удобрений под черную смородину в ягодном питомнике. Актуальные проблемы садоводства России и пути их решения: материалы Всероссийской научно-методической конференции молодых ученых. Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 2007. С. 306-310.
6. Краюшкина Н. С., Егорова К. И. Формирование сортимента смородины черной для регионально-адаптивной машинной технологии производства ягод. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 96. С. 145-156.

7. Федоренко В. Ф., Брюханов А. Ю., Захаров А. М., Мурзаев Е. А. Концептуальные основы развития органического производства сельскохозяйственной продукции. Техника и оборудование для села. 2024. № 1 (319). С. 2-7.
8. Novikova I. I., Titova J. A., Krasnobaeva I. L., Minin V. B., Zaharov A. M., Perekopsky A. N. Biological effectiveness of a new multifunctional biopesticide in the protection of organic potatoes from diseases. Agronomy Research. 2021. V. 19. № 3. Pp. 1617-1626.
9. Иванов А. И. и др. Производство, изучение и применение удобрений на основе птичьего помёта. Санкт-Петербург: Агрофизический научно-исследовательский институт РАСХН, 2018. 317 с.
10. Юнин В. А., Захаров А. М., Кузнецов Н. Н., Слизов А. М., Зыков А. В. Способ и техническое средство для локального внесения твердых органических удобрений при посадке картофеля. АгроЭкоИнженерия. 2020. № 4 (105). С. 62-79.
11. Перекопский А. Н., Захаров А. М. Варианты внесения органических удобрений в биологизированном севообороте. Journal of Advanced Research in Technical Science. 2020. № 18. С. 61-63.
12. Захаров А. М., Мурзаев Е. А., Иванов Д. Ю. Обоснование конструктивных параметров дозирующей системы машины для внесения компостов. АгроЭкоИнженерия. 2022. № 2 (111). С. 73-83.
13. Sazonov F. Breeding opportunities for increasing the black currant large-fruited. BIO Web of Conferences. Orel, 2022. V. 47. P. 01003.
14. Зыков А. В., Егорова К. И., Юнин В. А. Анализ влияния различных доз удобрения Биагум на морфологические параметры однолетних саженцев яблонь. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 2 (74). С. 148-156.
15. Основные элементы посадки, выращивания и сбора урожая смородины черной на промышленных плантациях. Ассоциация производителей плодов, ягод и посадочного материала. <http://asprus.ru/blog/osnovnyye-elementy-posadki-vyrashhivaniya-i-sbora-urozhaya-smorodiny-chnoj-na-promyshlennyyh-plantatsiyah>
16. Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: материалы докладов участников 10-й научно-практической конференции. Анапа: ООО "Плодородие", 2018. 244 с.
17. Тарасов С. И., Архипченко И. А. Влияние интенсивного применения органических удобрений на плодородие почв в хозяйствах индустриального животноводства. Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2017. № 3 (27). С. 169-176.
18. Брюханов А. Ю. и др. Концепция управления экологической безопасностью агроэкосистем. Агро-ЭкоИнженерия. 2022. № 4 (113). С. 4-18.
19. Касынкина О. М. Плодоводство. Ягодные культуры Среднего Поволжья: учебное пособие. Пенза: РИО ПГСХА, 2014. Т. 2. 176 с.
20. Сироткина Н. А., Манацков А. Г., Тарасенко И. А. Толерантные к филлоксеру сорта винограда для переработки на вино и крепкие напитки. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 173-182.

References

1. Zykov A. V., Egorova K. I., Yunin V. A. Effect of Organic Fertilizer "Biagum" on the Growth of Annual Apple Seedlings. Agrarian Scientific Journal. 2024. № 7. Pp. 23-28.
2. Novikova I., Titova Yu. A., Krasnobaeva I., Boikova I., Minin V., Zakharov A., Murzaev E. New polyfunctional biorationals use to achieve competitive yield of organic potatoes in the North-West Russian ecosystem. Plants. 2022. V. 11. № 7.
3. Titova V. I. Features of the fertilizer application system in modern conditions. Agrochemical Bulletin. 2016. № 1. Pp. 2-7.
4. Evseev S. P., Perekopsky A. N. Method of Improving the Efficiency of Machine Harvesting of Black Currant. Proceedings of the International Academy of Agrarian Education. 2022. № 59. Pp. 20-25.
5. Surkova O. A. Efficacy of Fertilizer Application for Black Currant in a Berry Nursery. Actual problems of gardening in Russia and ways to solve them: materials of the All-Russian scientific and methodological conference of young scientists. Orel: All-Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 2007. Pp. 306-310.
6. Krayushkina N. S., Egorova K. I. Formation of Black Currant Assortment for Regional-Adaptive Machine Technology of Berry Production. Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products. 2018. № 96. Pp. 145-156.
7. Fedorenko V. F., Bryukhanov A. Yu., Zakharov A. M., Murzaev E. A. Conceptual Foundations for the Development of Organic Production of Agricultural Products. Machinery and equipment for the village. 2024. № 1 (319). Pp. 2-7.
8. Novikova I. I., Titova J. A., Krasnobaeva I. L., Minin V. B., Zaharov A. M., Perekopsky A. N. Biological effectiveness of a new multifunctional biopesticide in the protection of organic potatoes from diseases. Agronomy Research. 2021. V. 19. № 3. Pp. 1617-1626.
9. Ivanov A. I., et al. Production, study and application of fertilizers based on poultry manure. St. Petersburg: Agrophysical Research Institute of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2018. 317 p.
10. Yunin V. A., Zakharov A. M., Kuznetsov N. N., Slizkov A. M., Zykov A. V. Method and Technical Means for Local Application of Solid Organic Fertilizers in Potato Planting. AgroEcoEngineering. 2020. № 4 (105). Pp. 62-79.
11. Perekopsky A. N., Zakharov A. M. Variants of Organic Fertilizer Application in a Biologized Crop Rotation. Journal of Advanced Research in Engineering Science. 2020. № 18. Pp. 61-63.
12. Zakharov A. M., Murzaev E. A., Ivanov D. Y. Substantiation of Design Parameters of the Dosing System of the Composting Machine. AgroEcoEngineering. 2022. № 2 (111). Pp. 73-83.
13. Sazonov F. Breeding opportunities for increasing the black currant large-fruited. BIO Web of Conferences. Orel, 2022. V. 47. P. 01003.
14. Zykov A. V., Egorova K. I., Yunin V. A. Analysis of the Effect of Different Doses of Biagum Fertilizer on the Morphological Parameters of Annual Apple Seedlings. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. № 2 (74). Pp. 148-156.

15. The main elements of planting, growing and harvesting black currant on industrial plantations. Association of Producers of Fruits, Berries and Planting Material. <http://asprus.ru/blog/osnovnye-elementy-posadki-vyrashhivaniya-i-sbora-urozhaya-smorodiny-chnoj-na-promyshlennyx-plantaciyax>.

16. Prospects for the use of innovative forms of fertilizers, plant protection products and regulators in agricultural technologies of agricultural crops: materials of reports of the participants of the 10th scientific and practical conference. Anapa: LLC "Plodorodie", 2018. 244 p.

17. Tarasov S. I., Arkhipchenko I. A. Influence of Intensive Use of Organic Fertilizers on Soil Fertility in Industrial Livestock Farms. Bulletin of the All-Russian Research Institute of Animal Husbandry Mechanization. 2017. № 3 (27). Pp. 169-176.

18. Bryukhanov A. Y., et al. Concept of Managing the Ecological Safety of Agroecosystems. AgroEcoEngineering. 2022. № 4 (113). Pp. 4-18.

19. Kasynkina O. M. Fruit Growing. Berry crops of the Middle Volga region: a textbook. Penza: RIO PGSHA, 2014. V. 2. 176 p.

20. Sirotkina N. A., Manatskov A. G., Tarasenko I. A. Phylloxera Tolerant Grape Varieties for Processing into Wine and Strong Drinks. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 3 (71). Pp. 173-182.

Информация об авторах

Зыков Андрей Владимирович, научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филитровское шоссе, 3), ORCID 0000-0002-3435-7468, e-mail: sznii@internet.ru

Юнин Вячеслав Александрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филитровское шоссе, 3), ORCID 0000-0002-8111-1727, e-mail: yunin.slava@mail.ru

Authors' Information

Zykov Andrey Vladimirovich, Researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – the branch of the Federal Scientific Agrarian Engineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tyarlevo village, Filirovskoe shosse, 3), ORCID 0000-0002-3435-7468, e-mail: sznii@internet.ru

Yunin Vyacheslav Aleksandrovich, Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – the branch of the Federal Scientific Agrarian Engineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tyarlevo village, Filirovskoe shosse, 3), ORCID 0000-0002-8111-1727, e-mail: yunin.slava@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-28

FEATURES OF THE TOMATOES WATER CONSUMPTION DURING IRRIGATION BY DRIP IRRIGATION IN CRIMEA

Tagirov F. G., Balakai G. T., Gurina I. V.

Russian Research Institute for Land Reclamation Problems
Novocherkassk, Rostov Region, Russian Federation

Corresponding author E-mail: balakaygt@rambler.ru

Received 22.05.2025

Submitted 04.06.2025

Summary

Introduction. The aim of the work is to establish the features of water consumption and water-saving options for elements of tomato cultivation technology when irrigated by drip irrigation system in the Republic of Crimea. **The object of the research** is water consumption of tomatoes (varieties and hybrids, irrigation and fertilization regime, sowing methods and seeding rates, seedling cultivation method and sowing seeds in open ground). **The research was** conducted in the Belogorsk district of the Republic of Crimea. Field experiments were laid out and research was carried out according to generally accepted methods (Dospekhov B. A., Pleshakov V. N., Moiseichenko V. F. et al.). **Results.** The following varieties used moisture more economically: Babai and Volgogradskaya 5/95, with a water consumption coefficient of 44 and 46 m³/t and a water capacity of 22 and 23 m³/t; when applying the calculated rate of fertilizers for the planned yield of 125 t/ha and maintaining the pre-irrigation threshold of soil moisture above 80 % of the HB throughout the growing season, the water consumption coefficient and water capacity were 51 m³/t and 32 m³/t, respectively, against 70 and 37 m³/t under control. **Conclusions.** The efficiency of irrigation water use can be improved by studying individual elements of tomato cultivation technology and determining the most water-saving options for elements of tomato cultivation technology based on average daily water consumption, water consumption coefficient, and water capacity of production (the ratio of the irrigation rate to the yield), while irrigation water savings can be up to 90 % for the best varieties, 21.8 % with a favorable irrigation and fertilization regime, 5-20 % in options with burrows and seedling planting methods.

Keywords: tomato cultivation, drip irrigation systems, tomato water consumption, water intensity of tomato production, tomato cultivation conditions.

Citation. Tagirov F. G., Balakai G. T., Gurina I. V. Features of the tomatoes water consumption during irrigation by drip irrigation in Crimea. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 266-274 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-28.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 635.1/8

ОСОБЕННОСТИ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ТОМАТОВ ПРИ ПОЛИВЕ СИСТЕМОЙ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ КРЫМА

Тагиров Ф. Г., научный сотрудник

Балакай Г. Т., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Гурина И. В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»
г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация*

Цель работы – установить особенности водопотребления и водосберегающие варианты элементов технологии возделывания томатов при поливе системой капельного орошения в условиях Республики Крым. **Материалы и методы.** Объектом исследований являлось водопотребление томата (сорта и гибриды, режим орошения и удобрения, способы посева и нормы высевы, метод возделывания рассадный и посевом семенами в открытый грунт). Исследования проводились в Белогорском районе Республики Крым. Закладка полевых опытов и исследования проводились по общепринятым методикам (Доспехов Б. А., Плешаков В. Н., Моисейченко В. Ф. и др.). **Результаты.** Более экономно использовали влагу сорта Бабай и Волгоградский 5/95, у которых при коэффициенте водопотребления 44 и 46 м³/т и водоемкости 22 и 23 м³/т; при внесении расчетной нормы удобрений на планируемую урожайность 125 т/га и поддержании предполивного порога влажности почвы выше 80 % НВ в течение всей вегетации коэффициент водопотребления и водоемкость составили 51 м³/т и 32 м³/т соответственно, против 70 и 37 м³/т на контроле. **Выводы.** Повышение эффективности использования оросительной воды возможно путем изучения отдельных элементов технологии возделывания томата и определения наиболее водосберегающих их вариантов по показателям среднесуточного водопотребления, коэффициенту водопотребления и водоемкости производства продукции (отношение оросительной нормы к урожайности), при этом экономия оросительной воды может составить до 90 % – у лучших сортов, 21,8 % – при благоприятном режиме орошения и удобрения, 5-20 % – на вариантах с нормами и способами посадки рассады.

Ключевые слова: возделывание томата, системы капельного орошения, водопотребление томата, водоемкость производства томата, условия возделывания томата.

Цитирование. Тагиров Ф. Г., Балакай Г. Т., Гурина И. В. Особенности водопотребления томатов при поливе системой капельного орошения в условиях Крыма. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 266-274. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-27.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Томаты являются одними из самых распространенных видов овощных культур, потребляемых в пищу [1]. Анализ результатов исследований Тютюмы Н. В., Плескачева Ю. Н., Анишко М. Ю. [2, 3], Джембулатова Т. В., Курбанова С. А., Магомедова Д. С., Плескачёва Ю. Н. [4] показал, что на Юге России имеются благоприятные агроклиматические ресурсы – тепло, свет, плодородные почвы, однако получению высокой урожайности томата препятствует дефицит влаги из-за неравномерно выпадающих осадков, поэтому получать гарантированно высокую урожайность возможно только при орошении.

По статистическим данным в среднем за 2021-2022 годы в Крыму было выращено всего лишь 8,3 тыс. тонн томатов при необходимом валовом производстве около 16,4 тыс. т для обеспечения населения Крыма и приезжающих на отдых туристов. Основными причинами, сдерживающими рост производства томатов в Крыму, являются дефицит водных ресурсов для орошения и упущения в технологиях их возделывания, в т. ч. несоблюдение режимов орошения, сроков, способов и норм высадки рассады и др. Поэтому научные учреждения занимаются актуальными и востребованными сельхозпроизводством вопросами усовершенствования технологий возделывания томата для увеличения его урожайности и валовых сборов [5].

В условиях дефицита оросительной воды выбор водосберегающих способов полива, режимов орошения и управление орошением являются одними из самых актуальных вопросов [6, 7, 8]. Концепцию водосбережения можно реализовать разными технологиями

орошения, например способами полива (системами капельного орошения) или дифференцированными режимами орошения с поддержанием более высокого уровня увлажнения почвы в критические периоды роста и развития растений [9]. Основными показателями эффективного использования оросительной воды являются коэффициент водопотребления и водоемкость продукции (отношение величины оросительной нормы к урожайности), поэтому повысить эффективность использования оросительной воды можно за счет экономии воды или повышения урожайности [10].

Новизна работы. Изучены особенности водопотребления томата и определены наиболее водосберегающие варианты при исследовании сортов и гибридов, режимов орошения и удобрения, способов посева (семенами в грунт и рассадного возделывания), способов и норм высадки рассады при поливе системой капельного орошения в условиях дефицита водных ресурсов Крыма.

Цель исследований – установить особенности водопотребления и водосберегающие варианты элементов технологии возделывания томатов при поливе системой капельного орошения в условиях Республики Крым.

Задачи исследований:

- определить особенности водопотребления томата при изучении различных элементов технологии возделывания томата: подбор сортов и гибридов томатов, режим орошения и удобрения, способы и нормы посева, возделывание рассадным методом и посевом семенами в открытый грунт,

- дать оценку водосбережения по вариантам опыта по показателям: среднесуточное водопотребление, коэффициент водопотребления, водоемкость продукции.

Материалы и методы. Изучение режима орошения томатов проводилось в Крымском филиале ФГБНУ «Российский НИИ проблем мелиорации», расположенном в Белогорском районе Республики Крым. Почвы опытного участка представлены черноземом предгорным остаточнок-карбонатным тяжелосуглинистым. В слое почвы 0,3 м содержание гумуса в исследуемой почве среднее, обеспеченность нитратами, подвижным фосфором и обменным калием высокая и очень высокая, плотность сложения – 1,26 г/см³, наименьшая влагоемкость (НВ) – 30,9 % от массы сухой почвы.

Посадка рассады производилась в первой-второй декадах мая. Поливы осуществлялись из бассейна суточного регулирования, вода в который закачивалась из скважины, а затем распределялась по площади опытного участка системой капельного орошения, представленной капельными линиями «Neo-drip» (эмиттерная лента диаметром 16 мм, толщиной 6 mils, шаг – 0,10-0,30 м, расход – 1,6 л/ч при давлении 0,8-1,0 бар). Годы исследований характеризуются по ГТК: 2022 год – 1,52 (влажный), 2023 и 2024 годы сухие – 0,38 и 0,43 соответственно, при среднемноголетнем ГТК=0,45. Поддерживался заданный режим орошения 80 % НВ в слое почвы 0,4 м в опытах: по подбору сортов и гибридов, способов и нормы высадки рассады и посева семенами в открытый грунт. Учет воды проводили счетчиком-водомером.

Водопотребление томатов изучалось в четырех опытах по совершенствованию элементов технологии возделывания томатов при поливе системой капельного орошения в условиях Крыма, в т. ч. режима орошения и удобрения, подборе сортов и гибридов, норм и способов высадки рассады, способов возделывания (безрассадный и рассадный). Высевали районированный сорт томатов Подарок Приднестровья. Схемы опытов приведены ниже в тексте статьи.

Закладка полевых опытов и наблюдения за ростом и развитием растений проводились по общепринятым методикам [11-13], определение расчетных норм удобрений на планируемую урожайность. Учет биологического урожая проводился на учетной площади делянки 20 м² в трех повторениях на каждой делянке при каждом сборе в четырех повторениях [11, 12]. Математическая обработка результатов исследований проводилась с использованием ПК по методикам [11, 12].

Результаты и обсуждения. Успех возделывания томата во многом зависит от правильно выбранного сорта или гибрида, адаптированного к конкретным агроклиматическим условиям произрастания и применяемой агротехнике, поэтому для изучения были выбраны районированные и распространенные в условиях Крыма восемь сортов: 1) Аделина, 2) Розовая Ляна, 3) Новинка Приднестровья, 4) Розовый фламинго, 5) Ямал 200, 6) Джина ТСТ, 7) Бабай, 8) Волгоградский 5/95 и три гибрида томата 9) Пинк Плам F1, 10) Черфилд F1, 11) Розы Хит F1.

В среднем за 2022-2024 годы для поддержания заданного режима орошения 80 % НВ в слое 0,4 м было проведено 22 полива нормой 180 м³/га. Оросительная норма составила 3960 м³/га, суммарное водопотребление изменялась от 5854 у сорта Розовая Ляна до 5939 м³/га у сорта Волгоградский 5/95 (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность и водопотребление сортов и гибридов томата при поливе системой капельного орошения в условиях Крыма, в среднем за 2022-2024 годы
Table 1 – Yield and water consumption of tomato varieties and hybrids when irrigated by a drip irrigation system in Crimea, on average for 2022-2024

Вариант / Variant	Суммарное водопотребление, м ³ /га / Total water consumption, m ³ /ha	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Среднесуточное водопотребление, м ³ /сут. / Average daily water consumption, m ³ /day	Коэффициент водопотребления, м ³ /т / Water consumption ratio, m ³ /t	Водоемкость, м ³ /т / Water capacity, m ³ /t
Аделина / Adeline	5879	69,5	45	83	42
Розовая Ляна / Rozovaya Lyana	5854	77,2	41	76	39
Новинка Приднестровья (К) / Novinka of Transnistria (K)	5888	100,0	45	59	30
Розовый фламинго / Rozovy flamingo	5893	103,0	43	57	29
Ямал 200 / Yamal 200	5880	106,3	45	55	28
Джина ТСТ / Gina TST	5918	104,6	42	57	29
Бабай / Babay	5932	135,0	45	44	22
Волгоградский 5/95 / Volgogradsky 5/95	5939	130,2	42	46	23
Пинк Плам F1 / Pink Plum F1	5900	117,0	46	51	26
Черфилд F1 / Cherfield F1	5911	105,4	48	56	28
Рози Хит F1 / Rosie Heat F1	5933	123,4	49	48	24
НСР ₀₅ , т (2022-2024 гг.)	-	3,55-5,25	-	-	-

Данные показывают, что при близких значениях суммарного водопотребления от 5854 до 5938 м³/га на среднесуточное водопотребление сортов томата (от посадки рассады до последнего сбора урожая) оказала продолжительность вегетации. Наименьшие показатели были у сорта Розовая Ляна – 41 м³/га в сутки и у Волгоградский 5/95 – 42 м³/га в сутки, более высокие – у гибридов Розы Хит F1 (49 м³/га в сутки) и Челфид F1 (48 м³/га в сутки).

На значения коэффициента водопотребления в большей степени повлияла величина урожайности. У сортов Бабай и Волгоградский 5/95 с более высокой урожайностью 135,0 т/га и 130,2 т/га коэффициент водопотребления был наименьшим 44 м³/т и 46 м³/т, в тоже время, у сортов с меньшей урожайностью Аделина – 69,5 т/га и Розовая Ляна – 77,2 т/га значения коэффициента водопотребления были самыми высокими – 83 м³/т и 76 м³/т соответственно.

Расход оросительной воды на одну тонну урожая (или водоемкость продукции) также был наименьшим у сортов Бабай и Волгоградский 5/95, соответственно, 22 м³/т и 23 м³/т, а наиболее высокий у сортов Аделина – 42 м³/т и Розовая Ляна 39 м³/т.

Особенности водопотребления томатов при различных режимах орошения и расчетных нормах удобрений на планируемую урожайность изучались при капельном орошении в двухфакторном опыте с изменением предполивного порога влажности почвы (75 % НВ (0,75НВ), 80 % НВ (0,80НВ) и 90 % НВ (0,90НВ)) и расчетной нормы удобрений на планируемую урожайность 80 т/га, 100 до 125 т/га (таблица 2).

Таблица 2 – Особенности водопотребления томата при различных режимах орошения и внесения расчетных норм удобрений на планируемую урожайность, в среднем за 2022-2024 гг.

Table 2 – Features of tomato water consumption under different irrigation regimes and application of estimated fertilizer rates for the planned yield, on average for 2022-2024

Вариант опыта / Variant of the experiment		Ороси- тельная норма, м ³ /га / Irrigation Norm, m ³ /ha	Водопотребление / Water consumption		Урожай- ность, т/га / Yield, t/ha	Коэффици- ент водопо- требления, м ³ /т / Water consumption coefficient, m ³ /t	Водоем- кость, м ³ /т / Water- bone, m ³ /t
режим орошения (фактор A) / irriga- tion re- gime (factor A)	удобрения на планируемую урожайность, т/га (фактор B) / fertilizers for the planned yield, t/ha (factor B)		Сум- марное, м ³ /сут. / Total, m ³ /day	сред- несу- точное м ³ /сут. / aver- age daily m ³ /day			
0,75НВ	80 (К)	3007	5530	40	79,0	70	37
	100	3007	5530	40	84,8	65	34
	125	3007	5530	39	94,8	58	34
0,80НВ	80	3960	6412	46	86,6	74	36
	100	3960	6412	46	101,6	63	33
	125	3960	6412	45	124,8	51	32
0,90НВ	80	4170	6541	46	82,2	80	39
	100	4170	6541	46	97,0	67	36
	125	4170	6541	45	116,8	56	35

Поливной режим томата зависел от погодных условий и заданного предполивного порога влажности почвы. С повышением предполивного порога увлажнения с 0,75 НВ до 0,8 НВ поливная норма уменьшилась с 220 до 180 м³/га, при дальнейшем повышении до 0,9 НВ поливная норма достигла 90 м³/га. Количество поливов за период вегетации повысилось с 14 до 46 шт., соответственно, увеличились и оросительная норма с 3007 м³/га до 3960 м³/га и 4170 м³/га и суммарное водопотребление с 5530 м³/га до 6412 м³/га и 6541 м³/га.

Значения среднесуточного водопотребления томата изменялись с 39 до 46 м³/га в сутки и были более низкими при поддержании предполивного порога влажности почвы более 0,75 НВ. Они увеличивались при повышении предполивного порога влажности до 0,80НВ и 0,90НВ – до 45-46 м³/га в сутки. Наблюдалась тенденция снижения среднесуточного водопотребления на вариантах с внесением расчетных норм удобрений на планируемую урожайность 100 и 125 т/га по сравнению с контрольным вариантом – на 80 т/га.

На величину коэффициента водопотребления в большей степени оказала влияние величина урожайности. Так, при внесении расчетной нормы удобрений на планируемую урожайность 125 т/га при 0,8 НВ коэффициент водопотребления был самым низким 51 м³/т, увеличивался 63 м³/т при снижении расчетной нормы удобрений на планируемую урожайность 100 т/га и при уменьшении урожайности до 101,6 т/га и повышался до 74 м³/т при снижении урожайности до 86,6 т/га. Такая же тенденция сохраняется и при изменении предполивного порога влажности почвы.

При поливе томата системой капельного орошения актуальными элементами технологии возделывания являются правильно подобранные нормы и способы посадки рассады. В полевом опыте изучалось три нормы высадки (47,6, 57,1 и 71,4 тыс. шт./га) и два

способа посадки (ленточный 0,5х0,9 м и строчный с междурядьями 0,7 м). Более высокая урожайность томата сорта Новинка Приднестровья была на варианте при ленточной посадке и норме высадки рассады 57,1 тыс. шт./га (таблица 3).

Таблица 3 – Биологическая урожайность томата при различных способах и нормах высадки рассады, 2022-2024 гг.

Table 3 – Biological yield of tomato under various methods and seedling planting standards, 2022-2024

Варианты опыта / Variant of the experiment		Урожайность, т/га / Yield, t/ha				Прибавка / Increase	
Норма высева (фактор А) / Seeding rate (Factor A)	Способ посадки (фактор В) / Planting method (factor B)	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Средняя за 2022-2024 гг. / Average for 2022-2024	±Δ, т/га	%
47,6	0,7 м (К)	95,3	96,9	87,4	93,2	–	–
	0,5х0,9 м	97,1	99,4	89,6	95,4	2,2	2,4
57,1	0,7 м	99,2	100,5	92,5	97,4	4,2	4,5
	0,5х0,9м	102,7	103,2	94,1	100,0	6,8	7,3
71,4	0,7 м	87,3	85,2	76,1	82,9	– 10,3	11,1
	0,5х0,9 м	89,8	87,3	80,3	85,8	– 7,4	7,9
HCP ₀₅ , т							
по фактору А / by factor A		2,9	2,3	2,3	-	-	-
по фактору В / by factor B		3,8	3,0	3,2			
частная АВ / Private AB		5,3	4,1	4,2			

Наблюдалось снижение урожайности томата на всех вариантах в 2024 году в связи с высокими температурами и более низкой относительной влажностью воздуха, что повлияло на среднюю урожайность и особенности водопотребления (таблица 4).

Таблица 4 – Особенности водопотребления томата при различных нормах и способах посадки, в среднем за 2022-2024 гг.

Table 4 – Features of tomato water consumption at different rates and planting methods, on average for 2022-2024

Вариант опыта / Variant of the experiment		Водопотребление / Water consumption		Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Коэффициент водопотребления, м³/т / Water consumption coefficient, m³/t	Водоёмкость, м³/т / Water-bone, m³/t
Норма высева (фактор А) / Seeding rate (Factor A)	Способ посадки (фактор В) / Planting method (factor B)	Суммарное, м³/га / Total, m³/ha	Среднесуточное, м³/сут. / Average daily, m³/day			
47,6	0,7 м (К)	5762	44,0	93,2	62	32
	0,5х0,9м	5790	44,2	95,4	61	31
57,1	0,7 м	5847	44,7	97,4	60	31
	0,5х0,9м	5888	45,0	100,0	59	30
71,4	0,7 м	6010	46,8	82,9	73	36
	0,5х0,9м	6049	47,1	85,8	71	35

С увеличением нормы высева с 47,6 до 71,4 тыс. шт./га наблюдалось увеличение суммарного водопотребления с 5762 м³/га до 6049 м³/га, соответственно увеличивалось и среднесуточное водопотребление – с 44,0 до 47,1 м³/сут. При повышении урожайности до 100 т/га показатели коэффициента урожайности и водоемкости снижались до 59 м³/т и 30 м³/т, соответственно, при этом наблюдалась тесная взаимосвязь коэффициента водопотребления и водоемкости продукции от величины урожая (рисунок 1).

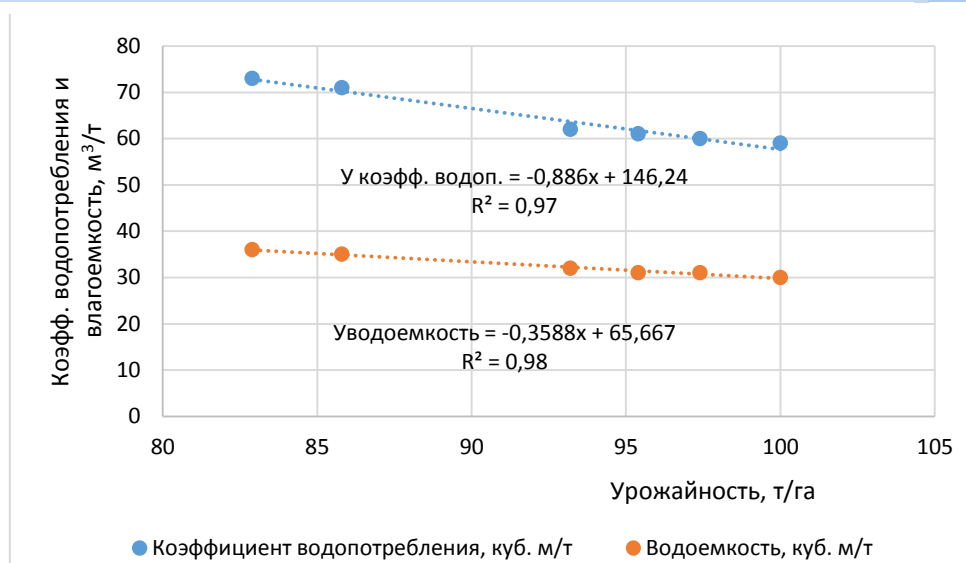


Рисунок 1 – Взаимосвязь коэффициента водопотребления и водоемкости продукции от величины урожая томата

Figure 1 – Relationship between the coefficient of water consumption and water intensity of products on the value of the tomato yield

Данные показывают, что более эффективно влага растениями томата использовалась при посадке рассады ленточным способом по схеме 0,5х0,9 м и норме высадки рассады 57,1 тыс. шт./га.

Возделывание томатов рассадным способом является довольно затратным, требует больших затрат материальных и трудовых ресурсов, поэтому были заложены опыты по изучению рассадного метода выращивания в сравнении с ресурсосберегающим методом – посевом семенами в открытый грунт, при капельном орошении.

Наблюдения показали, что посев семенами в открытый грунт позволяет экономить время и средства на выращивание рассады, однако первый сбор плодов по сравнению с рассадным методом возделывания томата того же сорта сдвигается на более поздний срок. При необходимости получения ранней продукции рассадный способ является более предпочтительным, так как первый сбор урожая наступает на 16-17 суток раньше, чем при посеве семенами в открытый грунт.

Варианты опыта имели близкие показатели водопотребления (таблица 5).

Таблица 5 – Водопотребление томата при посеве семенами в грунт и высадкой рассады, в среднем за 2022-2024 годы

Table 5 – Water consumption of tomatoes when sowing seeds in the ground and planting seedlings, on average for 2022-2024

Вариант / Variant	Водопотребление / Water consumption		Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Коэффициент водопотребления, м³/т / Water consumption coefficient, m³/t	Водоемкость, м³/т / Water capacity, m³/t
	Суммарное, м³/га / Total, m³/ha	Среднесуточное, м³/га в сутки / Average daily, m³/ha per day			
1. Рассада в горшках (К) / Seedlings in pots (K)	5872	44,5	98,4	59,7	30,4
2. Рассада в кассетах / Seedlings in cassettes	5888	44,6	100,5	59,0	29,9
3. Рассада в разброс / Seedlings in scatter	5867	44,4	95,2	61,7	31,4
4. Посев семенами в открытый грунт / Sowing seeds in the ground	5852	40,9	97,6	60,1	30,6

Исследования показали, что урожайность томатов при посеве семенами в открытый грунт составила 97,6 т/га и была на уровне контрольного 1 варианта. Полученное значение средней урожайности на данном варианте опыта уступало только 2 варианту, где высаживалась рассада в кассетах и в среднем за 3 года было собрано 100,5 т/га. Среднесуточное водопотребление при посеве семенами в открытый грунт составило 40,9 м³/га, что на 8,6-8,8 % меньше, чем при посадке рассадой, а коэффициент водопотребления и водоемкость отличались незначительно – на 0,6-1,6 м³/т.

Заключение. 1. Оценка водопотребления различных сортов и гибридов томата показала, что среднесуточное водопотребление было: наименьшим у сортов Розовая ляна – 41 м³/га в сутки и Волгоградский 5/95 – 42 м³/га в сутки, более высоким – у гибридов Розы Хит F1 – 49 м³/га и Челфид F1 – 48 м³/га в сутки; коэффициент водопотребления был более низким – 44 и 46 м³/га в сутки у сортов Бабай и Волгоградский 5/95, соответственно. У этих сортов водоемкость также была самой низкой. На формирование 1 тонны урожая плодов расходовалось оросительной воды по 22-23 м³/т против 39-42 м³/т у сортов Аделина и Розовая Ляна.

2. Более экономно расходовалась влага при внесении расчетной нормы удобрений на планируемую урожайность 125 т/га и поддержании предполивного порога влажности почвы выше 80 % НВ в течение всей вегетации, при этом коэффициент водопотребления и водоемкость составили 51 м³/т и 32 м³/т соответственно, против 70 и 37 м³/т на контроле.

3. Водопотребление томата было наименьшим при норме высадки рассады 57,1 тыс./га и способе посадки по схеме 0,5х0,9 м. Здесь коэффициент водопотребления и водоемкость составили соответственно 59 и 30 м³/т, что 5-20 % ниже, чем на других вариантах.

4. Установлено, что при возделывании томата посевом семенами в открытый грунт среднесуточное водопотребление на 8-9 % ниже, чем при рассадном возделывании. По показателям коэффициента водопотребления и водоемкости существенной разницы между вариантами не обнаружено.

Conclusions. 1. Assessment of water consumption of various varieties and hybrids of tomatoes showed that the average daily water consumption was: the lowest in the varieties Rozovaya Lyana – 41 м³/ha per day and Volgogradsky 5/95 – 42 м³/ha per day, higher – in the hybrids Rosi Hit F1 – 49 м³/ha and Chelfid F1 – 48 м³/ha per day; the coefficient of water consumption was lower – 44 and 46 м³/ha per day in the varieties Babai and Volgogradsky 5/95, respectively. These varieties also had the lowest water capacity. For the formation of 1 ton of fruit crop, irrigation water was consumed at 22-23 м³/t against 39-42 м³/t for the varieties Adelina and Rozovaya Lyana.

2. Moisture was used more economically when applying the estimated fertilizer rate for the planned yield of 125 t/ha and maintaining the pre-irrigation soil moisture above 80 % of HB during the entire growing season, while the coefficient of water consumption and water capacity amounted to 51 м³/t and 32 м³/t, respectively, against 70 and 37 м³/t under control.

3. Water consumption of tomatoes was the lowest with a seedling planting rate of 57.1 thousand/ha and a planting method of 0.5х0.9 m. Here, the water consumption coefficient and water capacity were 59 and 30 м³/t, respectively, which is 5-20 % lower than in other options.

4. It has been established that when cultivating tomatoes by sowing seeds in open ground, the average daily water consumption is 8-9 % lower than when seedlings are planted. In terms of water consumption and water intensity, no significant difference was found between the options.

Библиографический список

1. Govindasamy R., Ceylan R. F., Özkan B. Global Tomato Production: Price Sensitivity and Policy Impact in Mexico, Türkiye, and the United States. *Horticulturae*. 2025. No 11. 84.
2. Тютюма Н. В., Плещачёв Ю. Н., Анишко М. Ю. Фертигация томатов при капельном орошении в условиях Северного Прикаспия. Теоретические и прикладные проблемы АПК. 2021. № 1. С. 12-15.
3. Тютюма Н. В., Мухортова Т. В., Кудряшова Н. И., Солодовников А. П. Оптимальный режим орошения и питания томатов. Фермер. Поволжье. 2018. Сентябрь. С. 36-41.
4. Джамбулатова А. З., Курбанов С. А., Магомедова Д. С. Улучшение плодородия орошаемых земель равнинной зоны Дагестана при капельном орошении томатов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. 2019. № 1 (53). С. 130-136.
5. Балакай Г. Т., Гурина И. В., Тагиров Ф. Г. Эффективность использования оросительной воды при возделывании томатов открытого грунта в условиях республики Крым. Аграрная наука и производство в условиях становления цифровой экономики Российской Федерации: материалы международной научно-практической конференции. пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2023. Т. I. С. 81-85.
6. Пулатов Я. Э. Водосберегающие технологии орошения и эффективность использования воды в сельском хозяйстве. Экология и строительство. 2017. № 4. С. 21-25. <https://cyberleninka.ru/article/n/vodosberegayuschie-tehnologii-orosheniya-i-effektivnost-ispolzovaniya-vody-v-selskom-hozyaystve/viewer>.

7. Юсупова Ф. М. Водосберегающие технологии орошения – требование времени. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. Т. 91. № 3. С. 128-137.
8. Ильхамов Н. М., Асадов Ш. И., Режим водосберегающего способа орошения на культуре томата и сладкого перца. Овощеводство и тепличное хозяйство. 2019. № 2. <https://panor.ru/articles/rezhim-vodosberegayushchego-sposoba-orosheniya-na-kulture-tomata-i-sladkogo-pertsy/2116.html#>.
9. Гурина И. В., Солодовников А. П., Денисов К. Е. Опыт водосбережения при поливах овощных культур открытого грунта. Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 2. С. 39-54. https://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec1354-field12.pdf.
10. Калмыкова Е. В. и др. Комплексные научные исследования ресурсосберегающих приемов повышения продуктивности томата. Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 4. С. 329-346.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс, 2014. 351 с.
12. Шевченко П. Д., Ольгаренко Г. В., Иванова Н. А. Практическое руководство по методике проведения опытов на степных агроландшафтах. Новочеркасск, 2001. 114 с.
13. Плешаков В. Н. Методика полевого опыта в условиях орошения: рекомендации. Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. 149 с.

References

1. Govindasamy R., Ceylan R. F., Özkan B. Global Tomato Production: Price Sensitivity and Policy Impact in Mexico, Türkiye, and the United States. Horticulturae. 2025. No 11. 84.
2. Tyutyuma N. V., Pleskachev Y. N., Anishko M. Y. Fertigation of tomatoes under drip irrigation in the Northern Caspian region. Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. 2021. № 1. Pp. 12-15.
3. Tyutyuma N. V., Mukhortova T. V., Kudryashova N. I., Solodovnikov A. P. Optimal Irrigation and Nutrition Regime for Tomatoes. Farmer. Volga region. 2018. September. Pp. 36-41.
4. Dzhambulatova A. Z., Kurbanov S. A., Magomedova D. S. Improvement of Fertility of Irrigated Lands in the Plain Zone of Dagestan with Drip Irrigation of Tomatoes. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2019. № 1 (53). Pp. 130-136.
5. Balakay G. T., Gurina I. V., Tagirov F. G. Efficiency of Irrigation Water Use in Open Field Tomato Cultivation in the Republic of Crimea. Agrarian Science and Production in the Context of the Formation of the Digital Economy of the Russian Federation: Materials of the International Scientific and Practical Conference. pos. Persianovsky: Donskoy GAU, 2023. V. I. Pp. 81-85.
6. Pulatov Y. E. Water-saving irrigation technologies and water use efficiency in agriculture. Ecology and construction. 2017. № 4. Pp. 21-25. <https://cyberleninka.ru/article/n/vodosberegayushchie-tehnologii-orosheniya-i-effektivnost-ispolzovaniya-vody-v-selskom-hozyaystve/viewer>.
7. Yusupova F. M. Water-saving irrigation technologies – a requirement of time. Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2023. V. 91. № 3. Pp. 128-137.
8. Ilkhamov N. M., Asadov Sh. I., Regime of water-saving irrigation method on tomato and sweet pepper culture. Vegetable growing and greenhouse farming. 2019. № 2. <https://panor.ru/articles/rezhim-vodosberegayushchego-sposoba-orosheniya-na-kulture-tomata-i-sladkogo-pertsy/2116.html#>.
9. Gurina I. V., Solodovnikov A. P., Denisov K. E. Experience of Water Saving in Irrigation of Open Ground Vegetable Crops. Land reclamation and hydraulic engineering. 2023. V. 13. № 2. Pp. 39-54. https://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec1354-field12.pdf.
10. Kalmykova E. V., et al. Complex Scientific Studies of Resource-Saving Methods for Increasing Tomato Productivity. Vestnik RUDN. Series: Agronomy and Animal Husbandry. 2019. V. 14. № 4. Pp. 329-346.
11. Dospekhov B. A. Methods of field experiment with the basics of statistical processing of research results. Moscow, Alliance Publ., 2014. 351 p.
12. Shevchenko P. D., Olgarenko G. V., Ivanova N. A. Practical Guide to the Methodology of Conducting Experiments on Steppe Agrolandscapes. Novochoerkassk, 2001. 114 p. (In Russian).
13. Pleshakov V. N. Methods of field experience in irrigation conditions: recommendations. Volgograd, VNIIOZ Publ., 1983. 149 p.

Информация об авторах

Тагиров Федор Геннадьевич, научный сотрудник, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), e-mail: ftagirov@yandex.ru

Балакай Георгий Трифонович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), ORCID-0000-0001-8021-6853; e-mail: balakaygt@rambler.ru

Гурина Ирина Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), ORCID-0000-0002-4045-3480; e-mail: i-gurina@mail.ru

Authors' Information

Tagirov Fedor Gennadievich, Researcher, Russian Research Institute for Land Reclamation Problems (Russian Federation, 346421, Rostov Region, Novochoerkassk, Baklanovsky Ave., 190), e-mail: ftagirov@yandex.ru

Balakay Georgiy Trifonovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Russian Research Institute for Land Reclamation Problems (Russian Federation, 346421, Rostov Region, Novochoerkassk, Baklanovsky Ave., 190), ORCID-0000-0001-8021-6853; e-mail: balakaygt@rambler.ru

Gurina Irina Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Russian Research Institute for Land Reclamation Problems (Russian Federation, 346421, Rostov Region, Novochoerkassk, Baklanovsky Ave., 190), ORCID-0000-0002-4045-3480; e-mail: i-gurina@mail.ru

**THE EVALUATION OF THE SOURCE MATERIAL OF SEED PEAS IN BREEDING
FOR PRODUCTIVITY****Shaposhnikova Yu. V., Korobova N. A., Korobov A. P., Puchkova E. V.**Federal Rostov Agricultural Research Centre
Rassvet, Rostov Region, Russian Federation

Corresponding author E-mail: kornat58@mail.ru

Received 17.03.2025

Submitted 23.05.2025

The research was carried out within the framework of the state assignment of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Rostov Agricultural Research Centre" FNFZ-2022-0004 "To create new genotypes of grain peas with high yields, increased manufacturability, grain quality, resistance to the effects of abiotic and biotic stresses".

Summary

The article presents the results of a three-year study of 115 collection samples of grain peas in the conditions of the Azov zone of the Rostov region. High-yielding varieties have been identified, as well as samples that are sources of important productivity indicators. These varieties are recommended for use in breeding work as a valuable source material for hybridization.

Abstract

Introduction. The task of modern grain pea breeding is the creation and introduction into production of new, high-yielding, technological, adaptive varieties with high grain quality. Planning of breeding work is impossible without the availability and proper use of the source material. Analysis of the collection nursery makes it possible to identify potentially valuable parental forms suitable for crossbreeding. **The purpose of the research** is to study and identify highly productive genotypes among the collection samples of peas of domestic and foreign breeding, as well as varieties that are sources of the most important elements of productivity. **Materials and methods.** The research was carried out in the breeding crop rotation of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Rostov Agricultural Research Centre" in 2022-2024. To obtain the results, 115 genotypes of grain peas were used, differing both in morphotype and ecological and geographical origin. Field experiments, phenological observations, records and measurements were carried out in full, according to generally accepted methods. The material was harvested in sheaves, manually, as the varieties matured, the structural analysis of the plants was carried out in the laboratory. **Results and conclusions.** The study of the pea collection showed that modern genotypes demonstrate higher productivity compared to the genotypes of pea breeding in previous years. Despite the fact that older varieties may have comparable or even greater quantitative indicators such as the number of beans per plant, the quantity of seeds per bean, and the quantity of seeds per plant, their total yield is the same. This is due to the insufficient technological capacity of the old genotypes, which leads to their overgrowth and lodging of plants, and, as a result, to the loss of part of the crop by the time of harvesting. The analysis of the collection made it possible to identify promising pea samples with high rates of both total productivity and its individual components. These genotypes represent a valuable genetic resource for further breeding work and can be used as parental forms in the creation of new varieties with consistently high yields in the conditions of the Azov zone of the Rostov region: Talovets 55, Amulet, Kazachok, Boldor, Boxer, Kornet, Talovets 65, Donets.

Keywords: pea, pea selection, collection plant nurseries, pea source material, pea genotypes, pea varieties.

Citation. Shaposhnikova Yu. V., Korobova N. A., Korobov A. P., Puchkova E. V. The evaluation of the source material of seed peas in breeding for productivity. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 275-283 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-29.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

УДК 633.358:631.527

**ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ГОРОХА ПОСЕВНОГО В СЕЛЕКЦИИ
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ****Шапошникова Ю. В., научный сотрудник
Коробова Н. А., кандидат сельскохозяйственных наук
Коробов А. П., кандидат биологических наук,
Пучкова Е. В., научный сотрудник**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Федеральный Ростовский аграрный научный центр
п. Рассвет, Ростовская область, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках государственного задания ФГБНУ ФРАНЦ FNFZ-2022-0004 «Создать новые генотипы зернового гороха, обладающие высокой урожайностью, повышенной технологичностью, качеством зерна, устойчивостью к влиянию абиотических и биотических стрессов».

Актуальность. Задача современной селекции зернового гороха – создание и внедрение в производство новых, высокоурожайных, технологичных, адаптивных сортов с высоким качеством зерна. Планирование селекционной работы невозможно без наличия и грамотного использования исходного

материала. Анализ коллекционного питомника позволяет выявить потенциально ценные родительские формы, пригодные для скрещиваний. **Цель исследований** – изучить и выделить среди коллекционных образцов гороха отечественной и зарубежной селекции высокопродуктивные генотипы, а также сорта, являющиеся источниками важнейших элементов продуктивности. **Материалы и методы.** Исследования проводили в селекционном севообороте ФГБНУ ФРАНЦ в 2022-2024 годах. Для получения результатов использовали 115 генотипов зернового гороха, отличающихся как по морфотипу, так и по эколого-географическому происхождению. Полевые опыты, фенологические наблюдения, учеты и измерения проводили в полном объеме согласно общепринятым методикам. Материал убирали снопами, вручную, по мере созревания сортов, структурный анализ растений проводили в лабораторных условиях. **Результаты и выводы.** Изучение коллекции гороха показало, что современные генотипы демонстрируют более высокую продуктивность по сравнению с генотипами гороха селекции прошлых лет. Несмотря на то, что старые сорта могут иметь сопоставимое или даже большее значение таких количественных показателей, как число бобов на растении, количество семян в бобе и количество семян с растения, их общая урожайность ниже. Это обусловлено недостаточной технологичностью старых генотипов, приводящей к их израстанию и полеганию растений, и, как следствие, к потере части урожая к моменту уборки. Анализ коллекции позволил идентифицировать перспективные образцы гороха с высокими показателями как общей продуктивности, так и отдельных ее составляющих. Эти генотипы представляют собой ценный генетический ресурс для дальнейшей селекционной работы и могут быть использованы в качестве родительских форм при создании новых сортов со стабильно высокой урожайностью в условиях Приазовской зоны Ростовской области: Таловец 55, Амulet, Казачок, Болдор, Боксер, Корнет, Таловец 65, Донец.

Ключевые слова: горох посевной, селекция гороха, коллекционные питомники растений, исходный материал гороха, генотипы гороха, сорта гороха.

Цитирование. Шапошникова Ю. В., Коробова Н. А., Коробов А. П., Пучкова Е. В. Оценка исходного материала гороха посевного в селекции на продуктивность. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 275-283. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-29.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Зернобобовые культуры ценятся за высокое содержание в них протеина, витаминов и комплекса незаменимых аминокислот. Кроме того, обогащая почву доступным азотом, они улучшают ее и служат лучшими предшественниками под многие сельскохозяйственные культуры. Таким образом, при возделывании зернобобовых одновременно возможно решение трех задач: увеличение производства зерна с высоким содержанием белка для продовольственных целей, обеспечение животноводства качественным кормом и повышение плодородия почвы [1]. В мировом производстве сельскохозяйственных культур на долю зернобобовых приходится около 27 %, и они обеспечивают примерно 33 % от всего белка, потребляемого человеком [2].

Горох (*Pisum sativum* L.) является наиболее важной и распространенной культурой этого сектора. Россия занимает второе место в мире по площади посева и валовому сбору зерна гороха после Канады [3], обеспечивая 10-20 % его мирового производства [4]. Горох культивируется в различных почвенно-климатических регионах, включая Волго-Вятский, Уральский, Центрально-Чернозёмный и Северо-Кавказский [5].

В современных условиях деятельность агропромышленного комплекса, как и стабилизация производства зерна в стране, невозможны без использования научных достижений [6]. И первостепенная роль в достижении этой цели принадлежит селекции, которая играет ключевую роль в создании высокопродуктивных, скороспелых, технологичных, экологически пластичных и устойчивых к болезням сортов с высоким качеством зерна и улучшенной архитектоникой растений. Планирование направлений селекции требует наличия ценного исходного материала, полученного в результате изучения мирового генофонда гороха [7] и грамотного подбора родительских форм.

В современном селекционном процессе большая часть новых сортов гороха создается с использованием мировой коллекции ВИР им. Н. И. Вавилова, включающей более 8000 образцов из 93 стран мира [8]. Эта коллекция служит ценным ресурсом генетически разнообразного материала, отличающегося по морфологическим и экотипическим характеристикам. Рациональное использование потенциала изучаемых генотипов и научно обоснованное вовлечение их в селекцию позволяет значительно ускорить создание новых конкурентоспособных сортов с желаемыми хозяйственно-ценными свойствами.

Целью нашей работы являлось изучение и выделение в коллекционном питомнике высокопродуктивных сортов гороха российской и зарубежной селекции, а также генотипов, являющихся источниками важных признаков продуктивности.

Условия, материалы и методы. Исследования проводили в селекционном севообороте ФГБНУ ФРАНЦ в 2022-2024 годах на черноземе обыкновенном карбонатном среднемощном тяжелосуглинистом с содержанием гумуса в пахотном слое – 4,0-4,1 %, низким содержанием минерального азота и подвижного фосфора и повышенным содержанием обменного калия. Реакция почвенного раствора – близка к нейтральной.

Предшественником была озимая пшеница. Объектом исследования стали 115 сортов образцов зернового гороха разных морфотипов, полученных преимущественно из европейской группы мировой коллекции Федерального исследовательского центра «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова». Небольшую часть генотипов представляли образцы из Канады, Австралии, Азии и Средней Азии. Помимо зарубежных, в коллекционном питомнике изучались сорта российских селекционных учреждений и собственные сорта и линии с ценными хозяйственными признаками. Стандартом в опыте служил районированный сорт Аксайский усатый 5, являющийся сортом-стандартом в системе государственного сортоиспытания в Ростовской области.

Посев проводили ручным способом, с широким междурядьем, обеспечивая растениям площадь питания 10 x 30 см, в трехкратной повторности. Делянки состояли из трех рядков с посевной площадью 1 квадратный метр. Стандартный сорт высевали через каждые 10 делянок изучаемых коллекционных образцов. Уборку проводили вручную, снопами, по мере достижения сортами зрелости, для последующего проведения структурного анализа растений в лабораторных условиях.

Полевые эксперименты были заложены в соответствии с "Методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур" [9]. Все измерения и наблюдения проводили на основе "Методических указаний по изучению коллекции зерновых бобовых культур" [10]. Математическая обработка данных была выполнена с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. По данным аналитического исследования рынка, посевные площади под горохом в России в 2024 году значительно увеличились, достигнув 2220,8 тыс. га. Это превышает показатель 2023 года на 11,4 % (227,4 тыс. га). В том же году российские аграрии собрали рекордный урожай гороха – 4716,9 тыс. тонн, что является наивысшим результатом с 1990 года [11]. Этот впечатляющий рост обусловлен значительным увеличением урожайности культуры. Если в период с 1993 по 2002 год среднегодовая урожайность составляла 13,0 ц/га, то в 2013-2022 годах она возросла до 19,8 ц/га [12]. За последнее десятилетие урожайность гороха увеличилась в 3,5 раза, а за последние пять лет – в 2 раза [11].

Продуктивность растения – ключевой фактор, определяющий урожайность сорта. Это сложный многокомпонентный показатель, включающий целый ряд количественных характеристик, которым уделяется особое внимание при комплексной оценке растений: число бобов на растении, количество семян в бобе, количество семян с одного растения и масса 1000 семян.

Селекция на продуктивность является одной из самых важных и сложных задач, поскольку связана с необходимостью объединения в одном генотипе множества вышеуказанных признаков, имеющих хозяйственно-ценное значение. Некоторые исследователи предлагают использовать отдельные признаки в качестве критериев отбора на повышение урожайности [13]. Однако другие ученые отмечают, что современные сорта показывают высокую урожайность только при благоприятных условиях [14]. Также показано, что контролируемые целым рядом генов элементы продуктивности растений могут проявлять изменчивость под влиянием различных метеорологических, агротехнических и почвенно-климатических факторов, что в значительной степени затрудняет селекционный отбор [15].

В наших исследованиях изучение коллекции по признакам продуктивности показало, что формирование и величина каждого элемента урожая зависели как от условий внешней среды, так и от генотипических особенностей сортообразцов. Следует отметить, что метеорологические условия в годы наших наблюдений значительно различались. Так, 2022 год характеризовался умеренным количеством осадков и уровнем среднегодовых температур. 2023 год был наиболее благоприятным по погоде. В 2024 году в Ростовской области сложились экстремально неблагоприятные условия: высокая температура воздуха и дефицит осадков.

Число бобов на растении (ЧБР) – важный признак, который в значительной степени определяет продуктивность растений гороха. Оно, как правило, коррелирует с высотой растения и зависит от количества продуктивных узлов и нагрузки бобов на продуктивный узел. Признак относится к сильно изменчивым, поскольку находится под влиянием складывающихся погодных условий.

Число бобов на растении (ЧБР) – важный признак, который в значительной степени определяет продуктивность растений гороха. Оно, как правило, коррелирует с высотой растения и зависит от количества продуктивных узлов и нагрузки бобов на продуктивный узел. Признак относится к сильно изменчивым, поскольку находится под влиянием складывающихся погодных условий.

Число бобов на растении (ЧБР) – важный признак, который в значительной степени определяет продуктивность растений гороха. Оно, как правило, коррелирует с высотой растения и зависит от количества продуктивных узлов и нагрузки бобов на продуктивный узел. Признак относится к сильно изменчивым, поскольку находится под влиянием складывающихся погодных условий.

Трехлетние исследования показали, что среднее число бобов на растении варьировало от минимальных значений у сортов Приазовский (селекции ГНУ ДЗНИИСХ) – 4,0 шт. и ОЧК (Молдавия) – 4,6 шт. до максимального – у Таловца 65 (НИИСХ ЦЧП им. Докучаева) – 10,9 шт.

В одну группу с сортом-стандартом Аксайский усатый 5 с размахом варьирования значений от 7,2 до 7,9 шт., вошли 34 коллекционных образца (29,5 %), семь из которых имели равное со стандартом число бобов – 7,8 шт. (рисунок 1). У 55 сортов показатели были ниже стандарта (47,7 %). Превышение стандарта на 0,2-3,1 шт. бобов наблюдалось у 59 генотипов (51,3 %). Наибольшее количество образцов (36 шт.) попало в группу с диапазоном 8,0-8,6 шт. бобов с растения (31,3 %).

Существенным критерием оценки сортов выступает семенная продуктивность, которая определяется количеством семян, сформировавшихся на одном растении. Этот показатель зависит от общего числа бобов и количества зерен в каждом бобе. В ходе исследования наблюдалась вариативность этого признака, обусловленная как генетическими характеристиками образцов, так и переменчивыми погодными условиями.

Диапазон варьирования признака в годы исследований был значительным и составил в среднем от 19,7 до 43,0 зерен. Наименьшую семенную продуктивность показали сорта Приазовский (ДЗНИИСХ) – 19,7 шт. и Фаленский усатый (Фаленская селекционная станция) – 23,1 шт.

К группе с наибольшим количеством семян с растения (40,3-43,5 шт.) относились 7 генотипов: Немчиновский 100 (НИИСХ ЦРНЗ) – 40,5 шт., французские сорта Боксер – 40,6 шт. и Болдор – 40,8 шт., Мультик (ВНИИЗБК) – 41,4 шт., а также представители ФГБНУ ФРАНЦ: Казачок – 41,4 шт., Корнет – 42,5 шт. и сорт Донец, показавший максимальное значение в опыте – 43,0 шт. (рисунок 2).

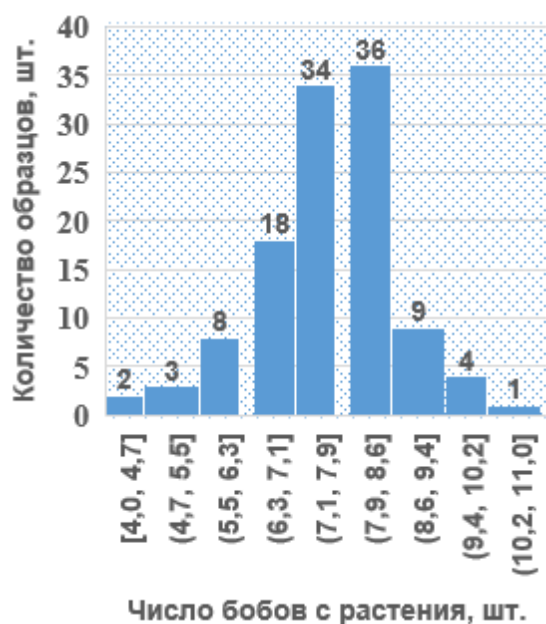


Рисунок 1 – Распределение образцов гороха по числу бобов с растения (2022-2024 гг.)
Figure 1 – Distribution of pea samples by the number of beans per plant (2022-2024)

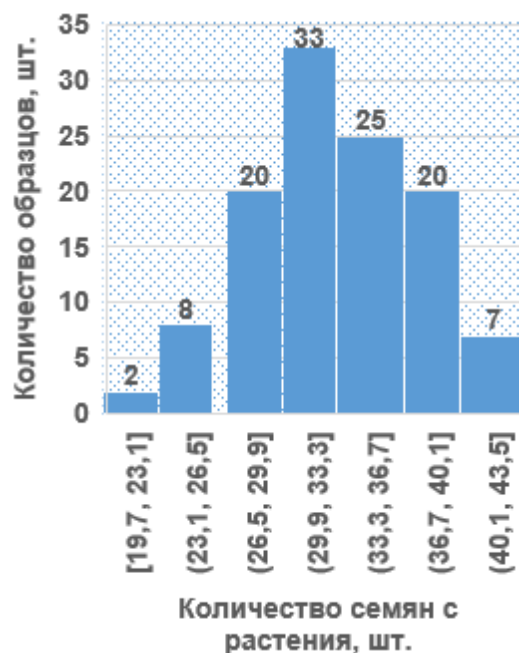


Рисунок 2 – Распределение образцов гороха по количеству семян с растения (2022-2024 гг.)
Figure 2 – Distribution of pea samples by the quantity of seeds per plant (2022-2024)

В период с 2022 по 2024 годы среднее значение количества семян с растения у эталонного сорта составило 34,6 штуки. Наиболее близкие к стандарту показатели – от 33,3 до 36,7 штук – были зафиксированы у 25 образцов (21,7 %). У большинства сортов (54,8 %) количество зерен на одном растении было меньше, чем у эталона, а у 23,5 % генотипов – выше на 2,2-8,4 шт.

Наиболее стабильным признаком является число семян в бобе (выполненность, озерненность боба). Этот показатель, будучи одним из ключевых элементов структуры урожая, в большей степени обусловлен генотипом, меньше подвержен влиянию погодных

условий и потому незначительно варьирует по годам. В конечном итоге, наряду с увеличением количества бобов на продуктивном узле, озерненность боба влияет на общее количество семян на растении, что особенно важно при ограниченном количестве продуктивных узлов на стебле. Поэтому выполненность боба играет важную роль в повышении семенной продуктивности гороха. Включение в селекционный процесс сортов с высоким значением этого признака весьма перспективно.

Минимальное количество зерен в бобе наблюдалось у сорта Шустрик (ВНИИЗБК) – 2,7 шт., максимальное – у французского сорта Кео – 7,0 шт. (рисунок 3). В первых трех вариационных рядах, куда вошло 35,6 % образцов, озерненность боба была ниже, чем у сорта-стандарта Аксайский усатый 5 (4,4 шт.). Большая группа образцов (35 штук или 30,4 %) имела близкие к стандарту показатели – 4,2-4,5 шт., а 6 из них показали равное с ним значение. Около трети выборки (33,9 %) превысили стандарт по числу семян в бобе на 0,2-2,7 шт.

Масса 1000 семян (крупность) является важным показателем, характеризующим продуктивность культуры. Это – изменчивый признак, зависящий как от генетических особенностей сорта, так и от условий окружающей среды. Фактически он отражает средний размер зерна и используется для определения нормы высева.

Селекция, направленная на увеличение крупности семян, призвана повысить урожайность. Однако значительное увеличение массы тысячи семян не всегда оправдано экономически [15]. У крупносемянных сортов увеличивается норма высева, а при механизированной уборке зерно сильнее травмируется и дробится. Поэтому в сельскохозяйственном производстве предпочтение отдается сортам со средней крупностью семян порядка 170-220 г.

В изучаемой нами коллекции гороха посевного наблюдался достаточно широкий размах варьирования средней массы 1000 семян – от 122,3 до 241,0 г. Большинство образцов (39 шт. или 33,9 %) имели массу 1000 семян в интервале от 182,4 до 197,3 г (рисунок 4).

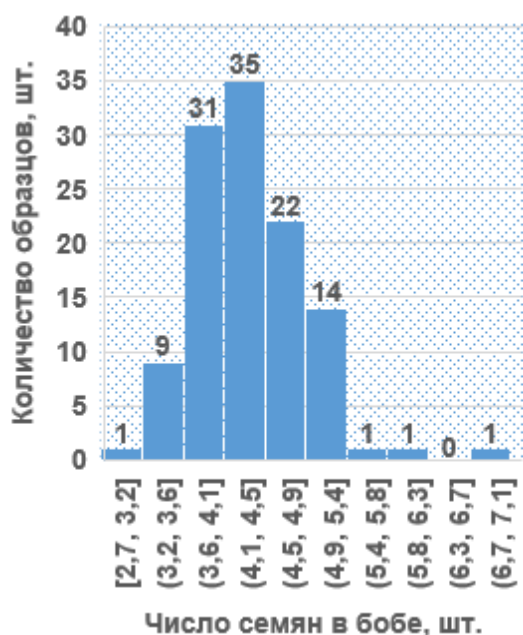


Рисунок 3 – Распределение образцов гороха по числу семян в бобе (2022-2024 гг.)

Figure 3 – Distribution of pea samples by the number of seeds in a bean (2022-2024)

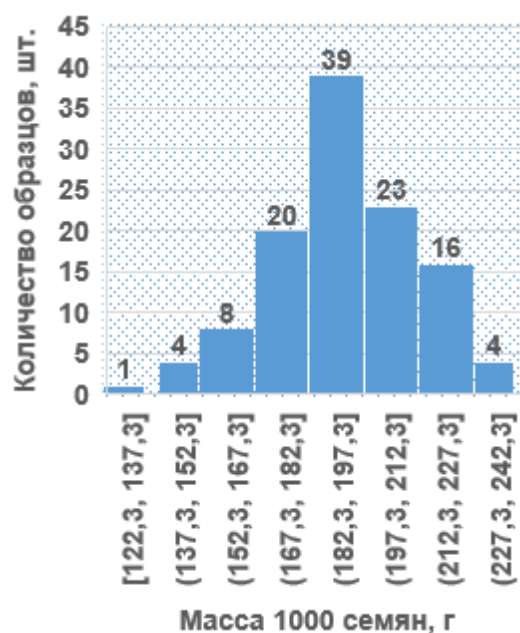


Рисунок 4 – Распределение образцов гороха по массе 1000 семян (2022-2024 гг.)

Figure 4 – Distribution of pea samples by weight of 1000 seeds (2022-2024)

У сорта-стандарта Аксайский усатый 5 данный показатель составил 169,7 г. В группу, близкую к нему по значению (от 167,7 до 182,3 г), вошло 20 генотипов (17,4 %). Параметры ниже стандартных наблюдались у 13 сортов (11,3 %), выше – у 82 образцов (71,3 %).

Самые мелкие семена отмечены у сорта Atol (Франция) – 122,3 г, самые крупные – у сортов Статус (КНИИСХ) – 227,7 г, Чишминский 95 (Башкирский НИИСХ) – 231,0 г, Триумф (ВНИИЗБК) – 238,3 г и Моравас (Югославия) – 241,0 г.

Одним из основных и наиболее комплексных признаков, определяющих урожайность сорта, является продуктивность, измеряемая как масса семян, полученных с одного растения. Этот показатель зависит от генетических особенностей сорта и в значительной степени подвержен воздействию различных агротехнических факторов, а также почвенно-климатических условий, что усложняет проведение отборов по данному признаку.

Анализ полученных данных выявил существенные различия изучаемых сортообразцов по данному признаку. Диапазон варьирования в среднем за 3 года составил от 2,8 до 8,6 г (рисунок 5).

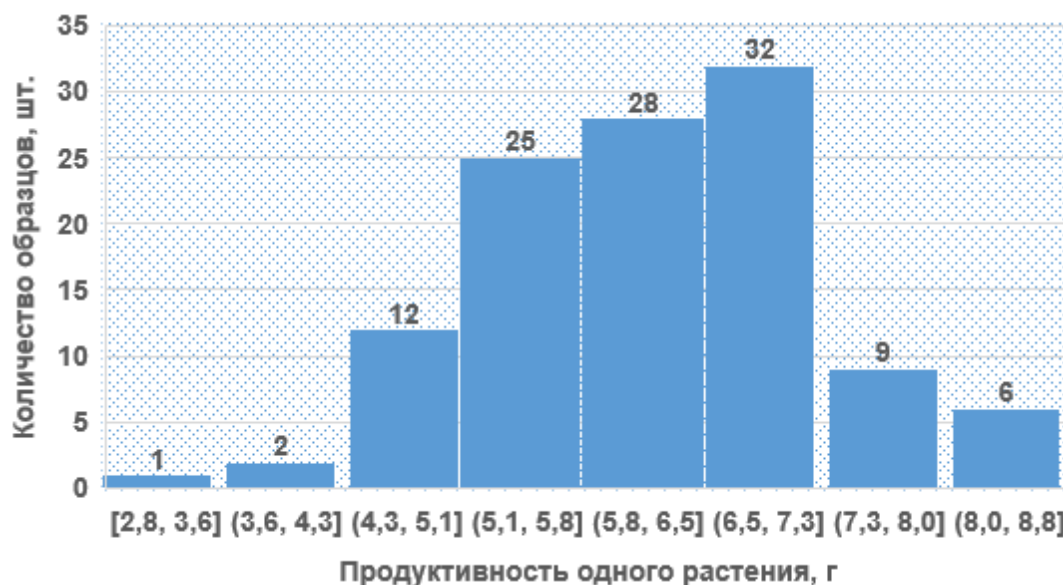


Рисунок 5 – Распределение образцов гороха по продуктивности растений, г (2022-2024 гг.)
Figure 5 – Distribution of pea samples by plant productivity, g (2022-2024)

Наименьшая продуктивность (2,8 г) была отмечена у сорта Шустрик (ВНИИЗБК). В группу наиболее продуктивных отнесены шесть образцов: два французских сорта Болдор (8,1 г) и Боксер (8,3 г), Таловец 65 (НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева) – 8,3 г, а также три образца ФГБНУ ФРАНЦ – Казачок (8,0 г), Корнет (8,2 г) и сорт Донец, показавший максимальную продуктивность среди всей коллекции – 8,6 г.

Продуктивность стандарта составила 5,9 г, аналогичное значение было отмечено еще у шести генотипов. Группа сортов, близких по продуктивности к Аксайскому усатому 5 (5,9-6,5 г), включала 28 образцов. Более половины исследованных генотипов (68 шт. или 59,1 %) имело продуктивность, превышающую стандарт на 6,0 до 8,6 г. Продуктивность 40 сортообразцов (34,8 %) была ниже уровня стандартного сорта.

На основе анализа полученных данных нами были определены наиболее перспективные образцы зернового гороха, сочетающие высокий уровень продуктивности с хорошими показателями составляющих ее компонентов. Отобранные генотипы (таблица 1) представляют собой ценный исходный материал для селекции гороха посевного с целью повышения продуктивности.

Необходимо отметить, что в результате изучения коллекции нами установлено, что генотипы гороха селекции прошлых лет, несмотря на сравнимые или даже превышающие значения таких количественных показателей, как число бобов на растении, количество семян в бобе и количество семян с растения, в конечном итоге уступали в продуктивности современным сортам. Это обусловлено недостаточной технологичностью старых генотипов, приводящей к их израстанию и полеганию растений и, как следствие, к потере части урожая к моменту уборки. Немаловажно и то, что сорта нового поколения отличаются высоким качеством семян (средней крупностью, выравненностью и желтой окраской семян).

Таблица 1 – Характеристика лучших по продуктивности образцов зернового гороха из коллекционного питомника (2022-2024 гг.)

Table 1 – Characteristics of the best productivity samples of grain peas from the collection nursery (2022-2024)

Название сорта, происхождение / Variety name, origin	Продуктивность, г / Productivity, g	Число бобов с растения, шт. / Number of beans per plant, pcs.	Количество семян с растения, шт. / Quantity of seeds per plant, pcs.	Число семян в бобе, шт. / Number of seeds in a bean, pcs.	Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g
Аксацкий усатый 5 (стандарт) / Aksajskij usatyj 5 (standard)	5,9	7,8	34,6	4,4	169,7
Таловец 55 / Talovets 55	7,8	8,8	37,9	4,3	203,7
Амулет / Amulet	7,8	7,8	38,0	4,8	203,0
Казачок / Kazachok	8,0	8,6	41,4	4,8	193,7
Болдор / Boldor	8,1	8,4	40,8	4,9	194,7
Боксер / Boxer	8,3	8,1	40,6	5,0	203,3
Корнет / Kornet	8,2	8,5	42,5	5,0	191,0
Таловец 65 / Talovets 65	8,3	10,9	37,7	3,5	220,7
Донец / Donets	8,6	8,8	43,0	4,9	187,7

Хорошо известно, что результат селекционной работы во многом зависит от правильного выбора исходного материала при гибридизации. Подбор родительских форм в скрещиваниях, как правило, начинается с оценки генетического потенциала изучаемых сортообразцов в коллекции. Опираясь на отобранный ранее высокоурожайный материал, селекционерами ФГБНУ ФРАНЦ созданы новые сорта гороха с улучшенными технологическими и хозяйственно-ценными характеристиками: Премьер, Сотник, Амулет, Донец, Казачок и Корнет. По результатам Государственного сортоиспытания, их реализованная урожайность в благоприятные по погодным условиям годы достигает 4,5-7,4 т/га. Кроме того, сорта Премьер, Амулет и Казачок обладают ценным качеством зерна, а также хорошими товарными и кулинарными достоинствами. Благодаря своим отличным характеристикам, указанные генотипы активно используются в настоящее время нами в селекционной работе.

Закключение. Наши исследования позволили выделить из коллекционного материала образцы гороха с высокими показателями как общей продуктивности, так и отдельных ее составляющих. Эти образцы представляют интерес для дальнейшей селекционной работы и могут быть использованы в качестве родительских форм при скрещиваниях: Таловец 55, Амулет, Казачок, Болдор, Боксер, Корнет, Таловец 65, Донец.

В качестве источников отдельных признаков, определяющих продуктивность, выделены сорта: Рамбел, АМЗК 99, Заига, Красноуфимский 93, Глянс, Таловец 65 (по количеству бобов); Боксер, Болдор, Мультик, Казачок, Корнет, Донец (по количеству семян с растения); Кео, Плутон (по количеству семян в бобе); Сатурн чешский, Аннушка, Вейделевский, Статус, Baroness, Чижминский 95, Триумф, Моравас (по массе 1000 семян). Данные генотипы представляют собой ценный генетический ресурс для селекции гороха с целью создания новых сортов со стабильно высокой урожайностью в условиях Приазовской зоны Ростовской области.

Conclusions. Our research has allowed us to identify pea samples from the collection material with high indicators of both overall productivity and its individual components. These samples are of interest for further breeding work and can be used as parental forms for crosses: Talovets 55, Amulet, Kazachok, Boldor, Boxer, Cornet, Talovets 65, Donets.

The following varieties were identified as sources of individual characteristics that determine productivity: Rambel, AMZK 99, Zaiga, Krasnoufimskij 93, Glyants, Talovets 65 (by the quantity of beans); Boxer, Boldor, Multik, Kazachok, Kornet, Donets (by the quantity of seeds per plant); Keo, Pluton (by the quantity of seeds in a bean); Saturn Cheshskij, Annushka, Veidelevskij, Status, Baroness, Chishminskij 95, Triumph, Moravac (by weight of 1000 seeds). These genotypes represent a valuable genetic resource for pea breeding in order to create new varieties with consistently high yields in the conditions of the Azov zone of the Rostov region.

Библиографический список

1. Пучкова Е. В., Коробова Н. А., Коробов А. П. Продуктивность и технологичность стародавних и современных сортов гороха донской селекции. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. Т. 1-2. № 40. С. 40-44.
2. Guindon M. F., Cazzola F., Palacios T. Et al. Biofortification of pea (*Pisum sativum* L.). JSciFoodAgric. 2021. V. 101. №. 9. Pp. 3551-3563.

3. Зотиков В. И., Вилунов С. Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. № 25 (4). С. 381-387.
4. Зотиков В. И. Отечественная селекция зернобобовых и крупяных культур. Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 3 (35). С. 12-19.
5. Вошедский Н. Н., Ильинская И. Н., Гаевая Э. А. и др. Усовершенствованная эколого-адаптивная технология возделывания новых сортов гороха применительно к почвенно-климатическим условиям Приазовской зоны Ростовской области в различных агроландшафтах: рек. ФГБНУ ФРАНЦ. Рассвет, 2021. 60 с.
6. Зотиков В. И., Полухин А. А., Грядунова Н. В. Развитие инновационных технологий в растениеводстве на основе селекционных достижений. Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 2 (46). С. 5-9.
7. Шакирзянова М. С., Шагаев Н. А. Результаты селекции гороха посевного в Ульяновском НИИСХ – филиале Самарского ФИЦ РАН. Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 2 (46). С. 10-18.
8. Семенова Е. В., Бойко А. П., Новикова Л. Ю., Вишнякова М. А. Фенотипические признаки, определяющие дифференциацию генофонда гороха (*Pisum sativum* L.) по направлениям использования. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2022. № 26(7). С. 599-608.
9. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1971. Вып. 1. 248 с. Вып. 2. 240 с.
10. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур. Ленинград, 1975. 60 с.
11. Урожай гороха в России вырос до исторического максимума, но прогнозы на 2024 год не столь оптимистичны, показал исследовательский отчет. <https://forkagro.com/news/v/urozhaj-goroha-v-rossii-vyros-do-istoricheskogo-maksimuma-no-prognozy-na-2024-god-ne-stol-optimistichny-pokazal-issledovatel'skij-otchet?ysclid=m6qn7vtq9b646994670>
12. Маркетинговое исследование российского рынка гороха (2023). <https://ank76.pdf/?p=7353&ysclid=lpriedbs1h728713108>
13. Singh A., Singh S., Babu J. D. P. Heritability, Character Association and Path Analysis Studies in Early Segregating Population of Field Pea (*Pisum sativum* L. var. *arvense*). International Journal of Plant Breeding and Genetics. 2011. № 1. Pp. 86-92.
14. Чекалин Е. И., Кондыков И. В., Амелин А. В. Устойчивость гороха посевного и полевого к экстремальным факторам погоды. Новые сорта с.-х. культур – основная часть инновационных технологий в растениеводстве. Орел, 2011. С. 297-304.
15. Коробова Н. А., Шапошникова Ю. В., Коробов А. П., Козлов А. А. Исходный материал в селекции гороха на продуктивность. Инновационные разработки по селекции и технологии возделывания сельскохозяйственных культур. М.: Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», 2018. С. 181-187.
16. Гайнуллина К. П., Давлетов Ф. А., Сафин Ф. Ф. Исходный материал для селекции гороха в условиях Республики Башкортостан. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (77). С. 103-106.

References

1. Puchkova E. V., Korobova N. A., Korobov A. P. Productivity and technology of ancient and modern varieties of peas of the Don selection. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2020. V. 1-2. No 40. Pp. 40-44.
2. Guindon M. F., Cazzola F., Palacios T. et al. Biofortification of pea (*Pisum sativum* L.). JSciFoodAgric. 2021. V. 101. No 9. Pp. 3551-3563.
3. Zotikov V. I., Vilunov S. D. Modern selection of legumes and cereals in Russia. Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021. No 25 (4). Pp. 381-387.
4. Zotikov V. I. Domestic selection of legumes and cereals. Legumes and cereals. 2020. No 3 (35). Pp. 12-19.
5. Voshedsky N. N., Ilyinskaya I. N., Gaevaya E. A., et al. Improved ecological and adaptive technology of cultivation of new varieties of peas in relation to the soil and climatic conditions of the Azov zone of the Rostov region in various agricultural landscapes: rec. Federal State Budget Scientific Institution "Federal Rostov Agricultural Research Centre". Rassvet, 2021. 60 p.
6. Zotikov V. I., Polukhin A. A., Gryadunova N. V. The development of innovative technologies in crop production based on breeding achievements. Legumes and cereals. 2023. No 2 (46). Pp. 5-9.
7. Shakyrzyanova M. S., Shagaev N. A. The results of the selection of seed peas in the Ulyanovsk Research Institute of Agricultural Sciences – a branch of the Samara FIT RAS. Legumes and cereals. 2023. No 2 (46). Pp. 10-18.
8. Semenova E. V., Boyko A. P., Novikova L. Yu., Vishnyakova M. A. Phenotypic features that determine the differentiation of the gene pool of peas (*Pisum sativum* L.) according to the directions of use. Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2022. No 26 (7). Pp. 599-608.
9. Methodology of the State variety testing of agricultural crops. M.: Kolos, 1971. I. 1. 248 p. I. 2. 240 p.
10. Methodological guidelines for the study of the collection of grain legumes. Leningrad, 1975. 60 p.
11. <https://forkagro.com/news/v/urozhaj-goroha-v-rossii-vyros-do-istoricheskogo-maksimuma-no-prognozy-na-2024-god-ne-stol-optimistichny-pokazal-issledovatel'skij-otchet?ysclid=m6qn7vtq9b646994670>
12. Marketing research of the Russian pea market (2023). <https://ank76.pdf/?p=7353&ysclid=lpriedbs1h728713108>
13. Singh A., Singh S., Babu J. D. P. Heritability, Character Association and Path Analysis Studies in Early Segregating Population of Field Pea (*Pisum sativum* L. var. *arvense*). International Journal of Plant Breeding and Genetics. 2011. No 1. Pp. 86-92.
14. Chekalin E. I., Kondykov I. V., Amelin A. V. The resistance of seed and field peas to extreme weather factors. New varieties of agricultural crops are the main part of innovative technologies in crop production. Ore, 2011. Pp. 297-304.
15. Korobova N. A., Shaposhnikova Yu. V., Korobov A. P., Kozlov A. A. The source material in the selection of peas for productivity. Innovative developments in breeding and technology of cultivation of agricultural crops. M.: Federal Research Center "Nemchinovka". 2018. Pp. 181-187.
16. Gainullina K. P., Davletov F. A., Saphin F. F. The source material for the selection of peas in the conditions of the Republic of Bashkortostan. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2019. No 3 (77). Pp. 103-106.

Информация об авторах

Шапошникова Юлия Владимировна, научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346735, Ростовская область, Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, 1), ORCID: 0000-0003-3627-4532, e-mail: juliasha.72@yandex.ru

Коробова Наталья Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией, ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346735, Ростовская область, Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, 1), ORCID: 0000-0003-3363-4395, e-mail: kornat58@mail.ru

Коробов Андрей Петрович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346735, Ростовская область, Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, 1), ORCID: 0000-0002-0879-8470, e-mail: korobov1956@internet.ru

Пучкова Елена Викторовна, научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346735, Ростовская область, Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, 1), ORCID: 0000-0002-7464-3047, e-mail: elena.puchkova.68@mail.ru

Authors' Information

Shaposhnikova Yulia Vladimirovna, Researcher, Federal Rostov Agricultural Research Centre (Russian Federation, 346735, Rostov region, Aksay District, Rassvet village, Institutsкая St., 1), ORCID: 0000-0003-3627-4532, e-mail: juliasha.72@yandex.ru

Korobova Natalya Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Head at the Laboratory, Federal Rostov Agricultural Research Centre (Russian Federation, 346735, Rostov region, Aksay District, Rassvet village, Institutsкая St., 1), ORCID: 0000-0003-3363-4395, e-mail: kornat58@mail.ru

Korobov Andrey Petrovich, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Federal Rostov Agricultural Research Centre (Russian Federation, 346735, Rostov region, Aksay District, Rassvet village, Institutsкая St., 1), ORCID: 0000-0002-0879-8470, e-mail: korobov1956@internet.ru

Puchkova Elena Viktorovna, Researcher, Federal Rostov Agricultural Research Centre (Russian Federation, 346735, Rostov region, Aksay District, Rassvet village, Institutsкая St., 1), ORCID: 0000-0002-7464-3047, e-mail: elena.puchkova.68@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-30

THE MODERN USE AND TRANSFORMATION OF AGRICULTURAL LANDSCAPES OF THE VOLGA-AKHTUBA FLOODPLAIN AND DELTA OF THE VOLGA RIVER**Vasilchenko A. A.**

*Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vasilchenko-a@vfanc.ru

Received 11.05.2025

Submitted 21.06.2025

The research was conducted within the framework of the state assignment of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences No. FNFE-2025-0001 "Scientific foundations of the functioning of agroforest landscapes and pasture ecosystems, spatio-temporal patterns of such changes and forecast of their state in conditions of degradation of land and plant resources based on the dynamics of spectral characteristics, updating of spatial data, geoinformation technologies and aerospace methods".

Summary

The article presents the results of mapping the current use of agricultural landscape components (agricultural fields, hayfields) within the Volga-Akhtuba floodplain and the Volga River delta. The research results showed that 22 % of agricultural fields are used, 30 % are in the state of fallow lands without tree and shrub vegetation, and 48 % are with it. About 11 % of all fields are subject to anthropogenic transformation.

Abstract

Introduction. One of the important areas in modern research of agricultural landscapes is monitoring their use. In the conditions of improving irrigation of the Volga-Akhtuba floodplain, increasing the load on agricultural landscapes, monitoring the state of agricultural lands allows us to identify intensively used, anthropogenically transformed, and potential lands for inclusion in circulation. **The object of the study** is the components (agricultural fields and hayfields) of the agricultural landscapes of the Volga-Akhtuba floodplain and the Volga River delta. **Materials and methods.** The study is based on modern methods for identifying the usability of agricultural fields, as well as mapping hayfields in natural landscapes, based on the use of seasonal space imagery data. **Results and conclusions.** It has been established that within the Volga-Akhtuba floodplain and the Volga River delta, The Volga River has 42.8 thousand hectares of used fields and about 146.6 thousand hectares of fallow land, including 57.5 thousand hectares without trees and shrubs and 89.1 thousand hectares with them. More than half of the areas used for growing agricultural products are located in the Volga River delta, within the Kamyzyak (12.6 thousand hectares) and Privolzhsky (12.8 thousand hectares) districts. By comparing the boundaries and use of fields, a transformation was revealed on 21.7 thousand hectares (11 % of the total area), which is mainly anthropogenic in nature and affects fallow lands. The current spatial distribution of hayfields has been transformed compared to 1990: both their number and size have increased.

Keywords: Volga-Akhtuba floodplain, river deltas, remote sensing of territories, monitoring of agricultural landscapes.

Citation. Vasilchenko A. A. The modern use and transformation of agricultural landscapes of the Volga-Akhtuba floodplain and delta of the Volga River. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 283-290 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-30.

Author contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Author of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

УДК 528.854

СОВРЕМЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ТРАНСФОРМАЦИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ И ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГА

Васильченко А. А., младший научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН № FNFE-2025-0001 «Научные основы функционирования агролесоландшафтов и пастбищных экосистем, пространственно-временные закономерности таких изменений и прогноз их состояния в условиях деградации земельных и растительных ресурсов на основе динамики спектральных характеристик, актуализации пространственных данных, геоинформационных технологий и аэрокосмических методов».

Актуальность. Одним из важных направлений в современных исследованиях агроландшафтов является мониторинг их использования. В условиях улучшения обводнения Волго-Ахтубинской поймы, повышения нагрузки на агроландшафты, мониторинг состояния сельскохозяйственных земель, позволяет выявить интенсивно используемые, антропогенно-трансформированные, а также потенциальные к вовлечению в оборот земли. **Объектом** исследования являются компоненты (сельскохозяйственные поля и сенокосы) агроландшафтов Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волга. **Материалы и методы.** В основу исследования положены современные методики идентификации использования сельскохозяйственных полей, а также картографирования сенокосов в пойменных ландшафтах, основанные на использовании сезонных данных космической съемки. **Результаты и выводы.** Установлено, что в пределах Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волга используемых полей насчитывается 42,8 тыс. га, залежей – около 146,6 тыс. га, среди которых 57,5 тыс. га без древесно-кустарниковой растительности и 89,1 тыс. га с ней. Более половины используемых площадей под выращивание сельскохозяйственной продукции находятся в дельте р. Волга, в пределах Камызякского (12,6 тыс. га) и Приволжского (12,8 тыс. га) районов. Путем сравнения границ и использования полей выявлена антропогенная трансформация на 21,7 тыс. га (11 % от всей площади), которая преимущественно затрагивает залежные земли. Современное пространственное распределение сенокосов трансформировалось по сравнению с 1990 г. увеличилось их количество и размеры.

Ключевые слова: Волго-Ахтубинская пойма, дельты рек, дистанционное зондирование территорий, мониторинг агроландшафтов.

Цитирование. Васильченко А. А. Современное использование и трансформация агроландшафтов Волго-Ахтубинской поймы и дельты реки Волга. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 283-290. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-30.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Ландшафты Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волга являются интразональными и охватывают три региона: Волгоградскую и Астраханскую области, а также Республику Калмыкия. В зависимости от комплекса гидрологических и геоморфологических условий, в них выделяются следующие районы: северная и центральная часть поймы, а также дельта р. Волга [1]. Климат в северной части поймы можно характеризовать как умеренно-континентальный, а в дельте – резко континентальный [2, 3]. В теплый период года господствуют ветра восточного и юго-восточного румбов. Нередки суховеи, пыльные бури. Среднегодовые температуры в период с 1990 по 2023 год в разных частях поймы повысились на 1,45 °С-2,04 °С [4]. Почвы поймы, преимущественно аллювиальные [5, 6]. Среди гидролого-геоморфологических районов поймы больше всего затопляется наиболее по-

логая её часть – центральная [7]. При этом, для районов поймы роль сброса воды с Волжской ГЭС проявляется по-разному: для Волго-Ахтубинской поймы большую роль играет пиковый объем сброса в половодье, тогда как для дельты Волги и района подстепных ильменей – максимальный расход.

В условиях реализации программ по оздоровлению р. Волга, в том числе её нижнего течения, проводятся мероприятия по улучшению гидрологической ситуации Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волга. В результате, площадь используемых сельскохозяйственных полей ежегодно увеличивается как в пределах Астраханской области [8], так и в пределах поймы и дельты р. Волга [9]. Современная сельскохозяйственная привлекательность региона во многом зависит от постоянно изменяющихся климатических условий (например, весенних заморозков), гидрологических условий (улучшение обводнения поймы), потребностей рынка в сельскохозяйственной продукции.

Выращивание овощей в пойме и дельте р. Волга является одним из важнейших направлений в растениеводстве Астраханской области, которое занимает треть посевной площади региона. Значимость интразональных ландшафтов Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волга для Астраханской, Волгоградской областей, а также Республики Калмыкия подкрепляется наличием лугов (в том числе заливных), являющихся одним из немногих источником заготовки сена для аридных и субаридных окружающих территорий. Динамичность использования земель сельскохозяйственного назначения отмечается многими исследователями [10-12].

Обеспеченность информацией о состоянии сельского хозяйства в регионах не только в виде сводов и таблиц, но и в виде пространственно-ориентированной информации является актуальной задачей. Одним из оптимальных способов мониторинга используемости сельскохозяйственных полей и сенокосов поймы и дельты р. Волга являются геоинформационные технологии в совокупности с данными космической съемки. Благодаря современным алгоритмам картографирования агроландшафтов возможно оперативно оценивать текущую нагрузку на пойменные ландшафты и оперативно регулировать сельскохозяйственную деятельность с целью уменьшения воздействия деструктивных факторов.

Целью работы является картографирование актуального использования компонентов агроландшафтов (сельскохозяйственных полей и сенокосов) Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волга с использованием космических снимков, а также выявление их трансформации на основе ретроспективного анализа.

Материал и методы. Для определения актуального использования сельскохозяйственных полей был использован ранее разработанный алгоритм идентификации [9]. Основанный на использовании диапазонов значений в сезонных композитных изображениях вегетационного индекса NDVI, соответствующих уникальным состояниям поля (обработанная почва, вегетация растительности), он позволяет выделять используемые поля в пределах известных границ с точностью до 93 %. Границы сельскохозяйственных полей созданы в рамках предыдущих исследований Волго-Ахтубинской поймы [13]. Состояние залежных земель определялось с помощью визуального дешифрирования.

Для определения площадей сенокосов использован ранее разработанный алгоритм картографирования [14]. В данном алгоритме учитывается факт скоса и высыхания растительности (характеризуется высокими значениями спектральной яркости в красном диапазоне), а также высокие значения биомассы (характеризуются значениями вегетационного индекса NDVI). Фиксация максимальных за сезон скоса (июль-сентябрь) значений спектральной яркости в красном диапазоне, а также индекса NDVI проводится с помощью композитных изображений.

Определение антропогенной трансформации проводилось на основе визуального дешифрирования и сравнения актуальных космических снимков сверхвысокого пространственного разрешения с открытых источников Google Maps [15], ESRI World Imagery [16] и архивных снимков серии Landsat и топографических карт масштаба 1:200000 за 1990 г.

В качестве исходных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) использовались бесплатно распространяемые безоблачные космические снимки спутников Sentinel-2A MSI и Sentinel-2B MSI пространственного разрешения 10 м/пикс, а также Landsat-5 TM пространственного разрешения 30 м/пикс. Уровень обработки снимков – L1A. Источник получения – Copernicus Data Space Ecosystem [17] и USGS Earthexplorer [18]. Количество

снимков со спутников Sentinel-2 – 111 за период апрель-октябрь 2024 года на 10 тайлов покрытия поймы и дельты р. Волга, а также 20 снимков Landsat-5 периода апрель-октябрь 1990 года на 8 тайлов покрытия. С помощью бесплатно распространяемого программного обеспечения SNAP снимки приведены к уровню обработки L2A. Геоинформационное обеспечение для проведения исследования – QGIS.

Результаты и их обсуждение. На основе использования алгоритма идентификации используемых полей, а также визуальному дешифрированию данных ДЗЗ, по состоянию на 2024 г. в пределах Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волга выявлено 42,8 тыс. га используемых полей, 57,5 тыс. га залежей не имеют на своей территории древесно-кустарниковой растительности (ДКР), а 89,1 тыс. га залежей имеют на своей территории ДКР (рисунки 1-4). Заращение оросительных каналов ДКР не являлось фактором отнесения полей к категории «залежь с ДКР». Всего, в пределах Астраханской области в 2024 году посевная площадь под урожай составила 93,4 тыс. га. Залежи без ДКР (молодые) могут быть рекомендованы к вовлечению в сельскохозяйственный оборот как экономически эффективные. При том, что на некоторых из них требуются мероприятия по восстановлению плодородия почвы, систем орошения, защитных сооружений и лесных насаждений, отсутствие ДКР на полях значительно экономит материальные вложения.

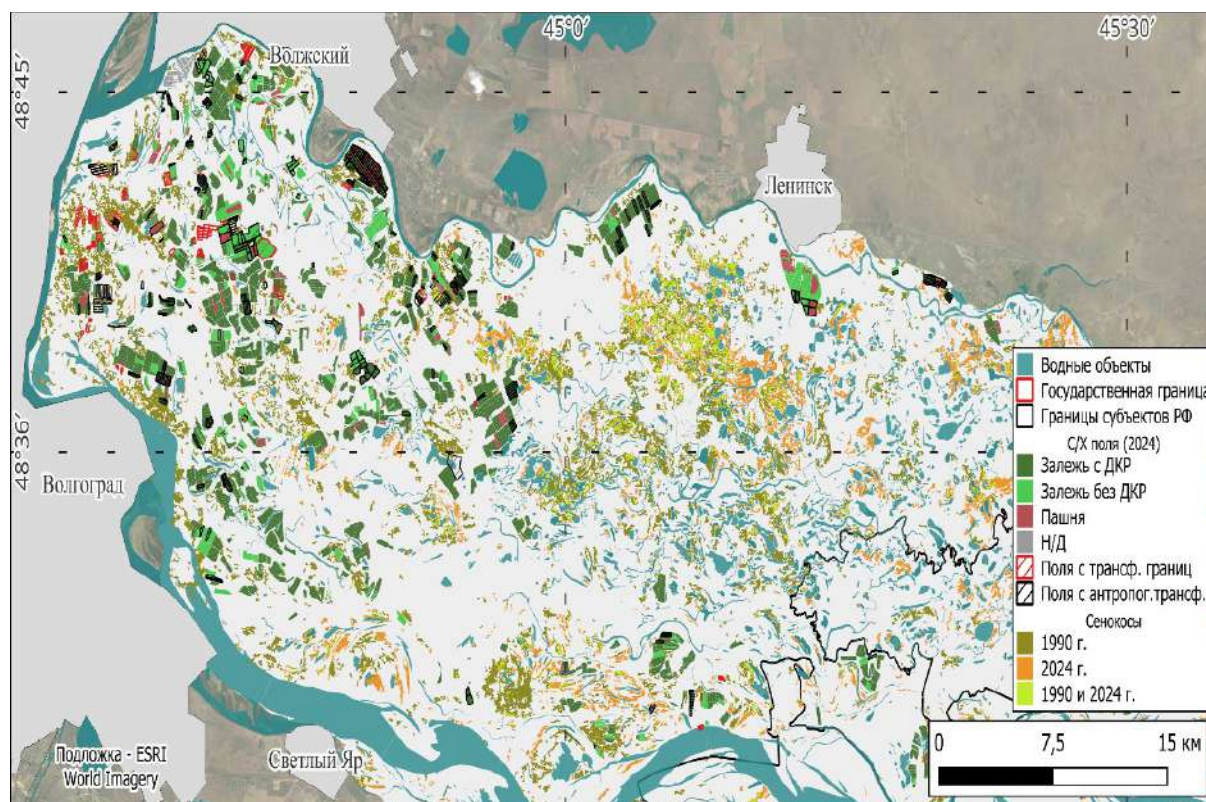


Рисунок 1 – Современное использование и трансформация компонентов агроландшафтов в северной части Волго-Ахтубинской поймы

Figure 1 – Current use and transformation of agricultural landscape components in the northern part of the Volga-Akhtuba floodplain

Без учета полей Волгоградской части Волго-Ахтубинской поймы площадь используемых полей на территории исследования составляет 41 тыс. га. Соответственно, доля пойменных используемых сельскохозяйственных полей в агроландшафтах Астраханской области составляет около 44 %. Важно понимать, что данное значение имеет некоторую погрешность, которая складывается от значения ошибки при использовании алгоритма идентификации используемых полей (около 7 %), а также значений посевной площади Астраханской области, которая отлична от значений площади используемых полей.

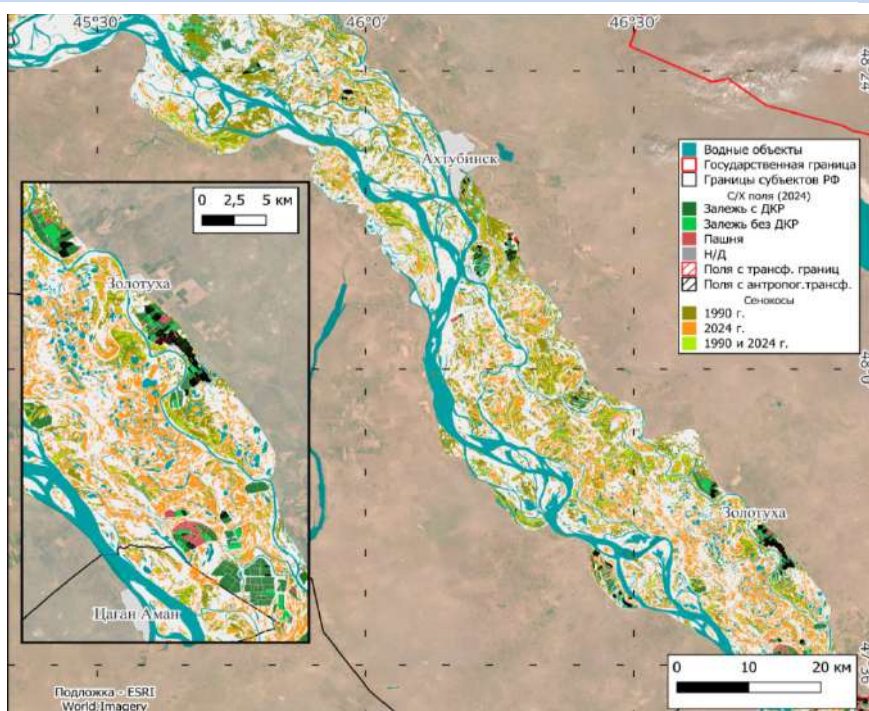


Рисунок 2 – Современное использование и трансформация компонентов агроландшафтов в верхней части центральной Волго-Ахтубинской поймы

Figure 2 – Current use and transformation of agricultural landscape components in the upper part of the central Volga-Akhtuba floodplains

Более половины используемых площадей под выращивание сельскохозяйственной продукции территориально находятся в дельте р. Волга, в пределах Камызякского (12,6 тыс. га) и Приволжского (12,8 тыс. га) районов. Среди районов Волго-Ахтубинской поймы выделяется Харабалинский район, площадь используемых пойменных полей которого составляет 64 % от всех используемых полей в пойме.

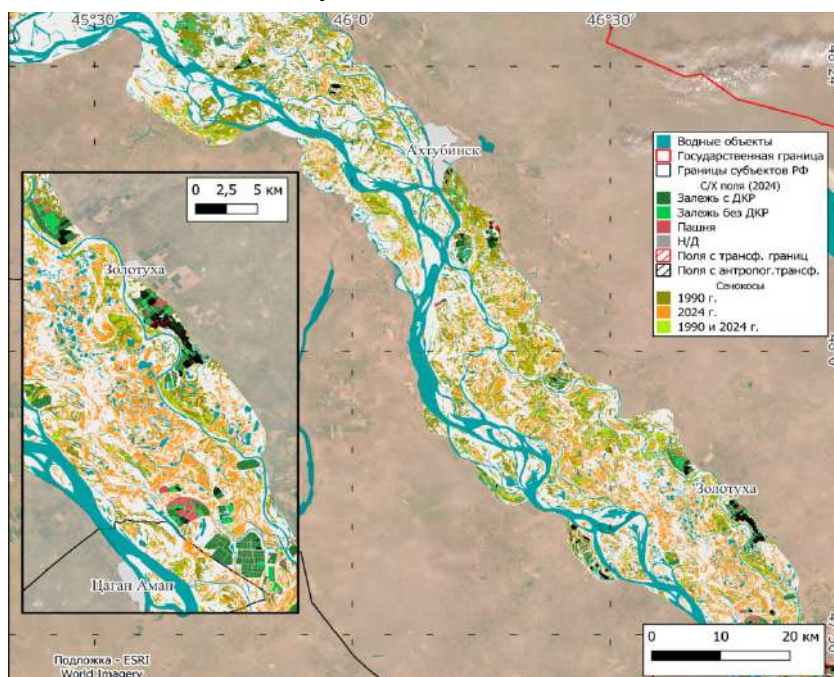


Рисунок 3 – Современное использование и трансформация компонентов агроландшафтов в нижней части центральной Волго-Ахтубинской поймы

Figure 3 – Current use and transformation of agricultural landscape components in the lower part of the central Volga-Akhtuba floodplain

На основе алгоритма картографирования сенокосов выделены их площади в 1990 г. (109,4 тыс. га) и в 2024 г. (162,3 тыс. га). Пространственное распределение сенокосов в пойме и дельте Волги значительно изменилось в исследуемый промежуток времени. В северной части поймы увеличение площадей сенокосов достигалось за счет увеличения территорий скопа по периферии. Новые сенокосы располагаются, преимущественно, на левобережье р. Волга. В центральной части поймы значительно возросли площади сенокосов в междуречье р. Волга и р. Ахтуба, в понижениях рельефа. С точки зрения инфраструктуры, до этих территорий достаточно сложно добраться на большегрузном транспорте. Однако потребность сельхозтоваропроизводителей в сенозаготовке открывает новые маршруты и места скопа растительности. В дельте р. Волга ситуация аналогичная: площади сенокосов в 2024 году, по сравнению с 1990 годом расширены по периферии. Заметно увеличилось количество и площадь сенокосов в восточной части дельты р. Волга.

Выявлена трансформация сельскохозяйственных полей Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волга на основе сравнения пространственной информации о современном использовании, архивных карт и спутниковых снимков. Характер трансформации – преимущественно антропогенный. Всего трансформировано около 21,7 тыс. га полей, что составляет более 11 % от всех их площади. С точки зрения используемости сельскохозяйственных полей, на основе архивных карт и спутниковых снимков выделено 4 класса: поля, рисовые чеки, сады, пруды, по которым выявлялась трансформация. Замечено, что трансформация сельскохозяйственных полей за исследуемый промежуток времени частично проходила с изменением их границ.

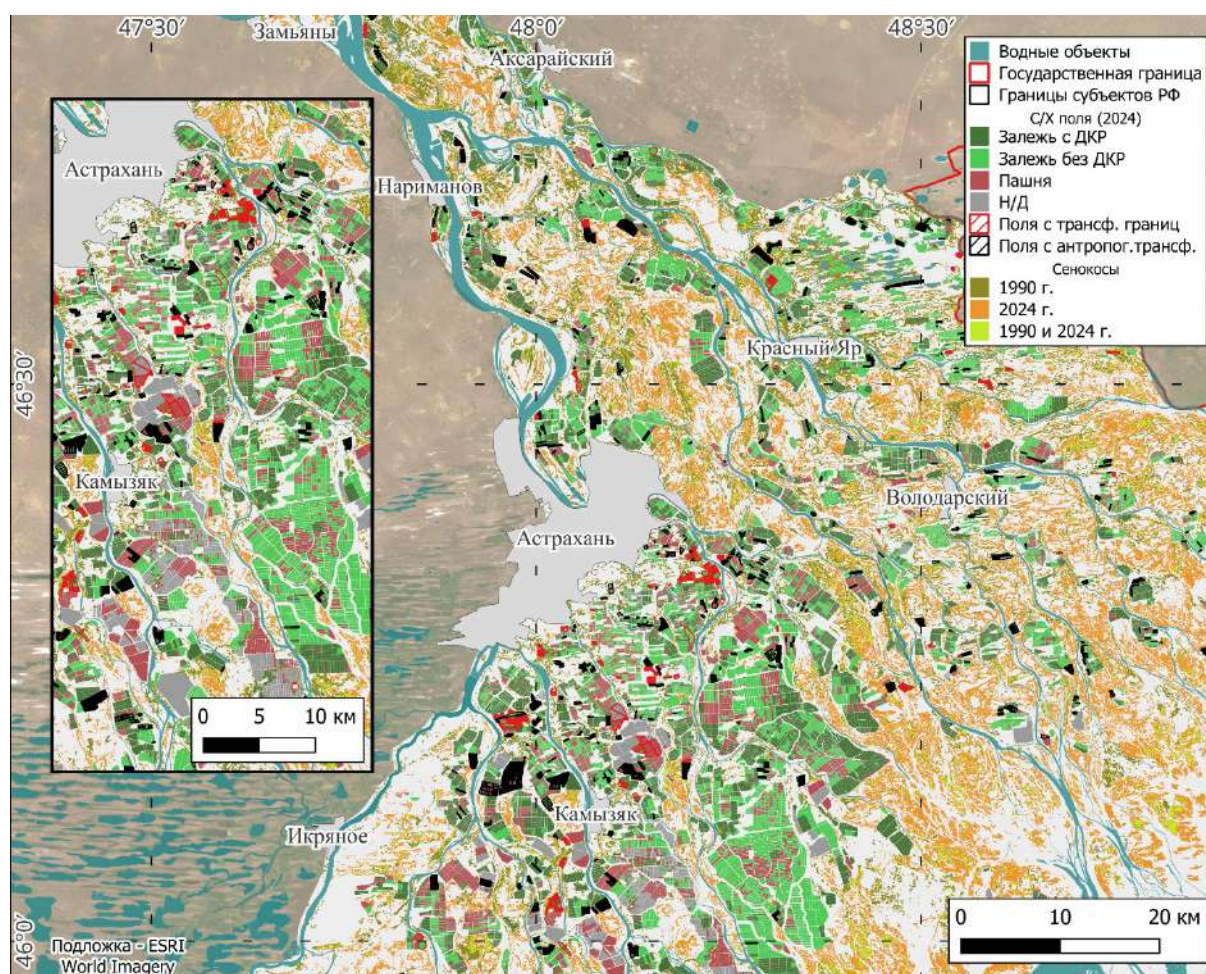


Рисунок 4 – Современное использование и трансформация компонентов агроландшафтов в дельте р. Волга

Figure 4 – Current use and transformation of agricultural landscape components in the Volga River delta

Около 2,4 тыс. га сельскохозяйственных полей трансформировано территориально, и преимущественно – человеком. Такая трансформация, в основном, связана с изменением орошаемых массивов (изменение площади с засыпанием каналов, образованием новых полей, прудов), выводом из оборота (строительство населенных пунктов и промышленных объектов). Более 16 тыс. га сельскохозяйственных полей Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волга трансформированы без изменения границ. Такая трансформация, преимущественно антропогенного характера, связана с созданием полевых дорог поперек залежей, изменением оросительной сети, образованием прудов, а также строительством хозяйственных и животноводческих объектов.

Около 1,2 тыс. га рисовых чеков трансформированы территориально. Это связано с образованием прудов (с объединением нескольких чеков), выводом из оборота и строительством населенных пунктов, а также образованием круговых полей с изменением системы орошения. Около 1,3 тыс. га рисовых чеков трансформированы без изменения границ. Такая трансформация связана со строительством хозяйственных и животноводческих объектов, а также образованием полевых дорог. В пределах Волго-Ахтубинской поймы (её центральной части) и дельты р. Волга, рисовые чеки составляют 1/3 всех сельскохозяйственных полей. Однако большинство из них не затопляются в настоящее время и не используются по назначению.

Сады в пойме и дельте Волги территориально трансформированы на 59,6 га, а без изменения границ – на 679 га. Изменение границ связано с уменьшением площади и трансформацией в сельскохозяйственные угодья. Трансформация без изменения границ связана с трансформацией в пашню или залежь. Также замечены небольшие площади трансформированных садов, которые в настоящее время периодически затопляются.

Заключение. На основе ранее разработанных алгоритмов идентификации выявлена современная используемость и трансформация компонентов агроландшафтов (сельскохозяйственных полей и сенокосов) в пределах Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волга. Выявлено 42,8 тыс. га используемых полей, 57,5 тыс. га залежей без ДКР и 89,1 тыс. га с ДКР. Более половины используемых площадей под выращивание сельскохозяйственной продукции на территории исследования находятся в дельте р. Волга, в пределах Камызякского (12,6 тыс. га) и Приволжского (12,8 тыс. га) районов. Более 60% используемых полей в Волго-Ахтубинской поймы находятся в Харабалинском районе Астраханской области. Во временной промежуток исследования (1990-2024) выявлена трансформация на 21,7 тыс. га сельскохозяйственных полей (11 % от всей площади), которая имеет, преимущественно, антропогенный характер и затрагивает залежные земли. Площади сенокосов в исследуемый промежуток времени выросли. Их пространственное распределение изменилось: территории, скашиваемые в 1990 г. ныне увеличились по периферии, а к новым территориям распространения сенокосов добавились понижения в центральной части Волго-Ахтубинской поймы и восточная часть дельты р. Волга.

Conclusions. Based on previously developed identification algorithms, the current use and transformation of agricultural landscape components (agricultural fields and hayfields) within the Volga-Akhtuba floodplain and the Volga River delta were identified. 42.8 thousand hectares of used fields, 57.5 thousand hectares of fallow lands without DKR and 89.1 thousand hectares with DKR were identified. More than half of the areas used for growing agricultural products in the study area are located in the Volga River delta, within the Kamzyyasky (12.6 thousand hectares) and Privolzhsky (12.8 thousand hectares) districts. More than 60 % of the used fields in the Volga-Akhtuba floodplain are located in the Kharabalinsky district of the Astrakhan region. During the study period (1990-2024), a transformation was revealed on 21.7 thousand hectares of agricultural fields (11 % of the total area), which is predominantly anthropogenic in nature and affects fallow lands. The areas of hayfields increased during the study period. Their spatial distribution has changed: the areas mown in 1990 have now increased along the periphery, and depressions in the central part of the Volga-Akhtuba floodplain and the eastern part of the Volga River delta have been added to the new areas of hayfield distribution.

Библиографический список

1. Кузьмина Ж. В., Трешкин С. Е., Каримова Т. Ю. Динамические изменения наземных экосистем поймы и дельты Нижней Волги под влиянием зарегулирования речного стока и климатических флуктуаций. Аридные экосистемы. 2015. Т. 21. № 4 (65). С. 39-53.
2. Бармин А. Н., Бармина Е. А., Безуглова М. С. и др. Атлас Астраханской области. Астрахань, 2023. 128 с.
3. Брылев В. А. Экскурсии в родную природу. Волгоград: Нижневолжское книж. Издательство, 1984. 96 с.
4. Harris I., Osborn T. J., Jones P., et al. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Sci Data 7. 2020. No. 109.

5. Почвенная карта Астраханской области (М 1:300000). Южный государственный проектный институт по землеустройству, 1985.
6. Почвенная карта Волгоградской области (М 1: 400 000). Под ред. Е. М. Цвылева. ГУГК СССР, 1989.
7. Шинкаренко С. С., Барталев С. А., Богодухов М. А. и др. Классификация пойменных земель Нижней Волги на основе многолетних данных дистанционного зондирования и гидрологической информации. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 3. С. 119-135.
8. Муниципальная статистика. Управление Федеральной службы государственной статистики по Астраханской области и Республике Калмыкия. <https://30.rosstat.gov.ru/about#>
9. Васильченко А. А. Динамика используемых сельскохозяйственных угодий Волго-Ахтубинской поймы на основе сезонных композитных изображений Sentinel-2. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. Т. 21. № 5. С. 203-218
10. Белякова Ю. В., Гусева Е. С., Бармин А. Н. Земельно-ресурсный потенциал сельскохозяйственного производства Астраханской области. Геология, география и глобальная энергия. 2011. № 1 (40). С. 100-104.
11. Рулев А. С., Анопин В. Н. Проблемы лесомелиоративного обустройства урбанизированных деградированных ландшафтов Нижнего Поволжья. Основы рационального природопользования: сборник научных работ по материалам заочной Международной научно-практической конференции. Саратов: ИЦ "Наука", 2007. С. 12-16.
12. Шуваев Н. С., Бармин А. Н., Колчин Е. А., Минеев Е. А. Конфликты природопользования: типизация и анализ на современном этапе. Региональные геосистемы. 2018. Т. 42. № 3. С. 446-458.
13. Васильченко А. А. Анализ индикаторов идентификации состояния сельскохозяйственных угодий Волго-Ахтубинской поймы на основе материалов дистанционного зондирования Земли и полевых исследований. Геодезия и картография. 2024. Т. 85. № 5. С. 37-47.
14. Васильченко А. А. Картографирование сенокосов в пойменных ландшафтах юга России по разновременным данным Sentinel-2. Исследование Земли из космоса. 2023. № 4. С. 72-82.
15. Google maps. Google Карты. <https://www.google.com/maps>
16. ESRI World Imagery. ArcGIS Online. <https://www.arcgis.com/apps/mapviewer>
17. Copernicus Data Space Ecosystem. Europe's eyes on Earth. <https://dataspace.copernicus.eu>
18. EarthExplorer. United States Geological Survey. <https://earthexplorer.usgs.gov>

References

1. Kuzmina Zh. V., Treshkin S. E., Karimova T. Yu. Dynamic changes in terrestrial ecosystems of the floodplain and delta of the Lower Volga under the influence of river flow regulation and climatic fluctuations. Arid ecosystems. 2015. Vol. 21. No. 4 (65). Pp. 39-53.
2. Barmin A. N., Barmina E. A., Bezuglova M. S., et al. Atlas of the Astrakhan Region. Astrakhan, 2023. 128 p.
3. Brylev V. A. Excursions to native nature. Volgograd: Lower Volga Book Publishing House, 1984. 96 p.
4. Harris I., Osborn T. J., Jones P., et al. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Sci Data 7. 2020. No. 109.
5. Soil map of the Astrakhan region (M 1:300000). Southern State Design Institute for Land Management, Astrakhan branch, 1985.
6. Soil map of the Volgograd region (M 1:400 000). Ed. by E. M. Tsvylev. GUGK USSR, 1989.
7. Shinkarenko S. S., Bartalev S. A., Bogodukhov M. A., et al. Classification of floodplain lands of the Lower Volga based on long-term remote sensing data and hydrological information. Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2023. Vol. 20. No. 3. Pp. 119-135.
8. Municipal statistics. Office of the Federal State Statistics Service for the Astrakhan Region and the Republic of Kalmykia. <https://30.rosstat.gov.ru/about#>
9. Vasilchenko A. A. Dynamics of used agricultural lands of the Volga-Akhtuba floodplain based on seasonal composite images of Sentinel-2. Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2024. Vol. 21. No. 5. Pp. 203-218.
10. Belyakova Yu. V., Guseva E. S., Barmin A. N. Land and resource potential of agricultural production in the Astrakhan region. Geology, Geography and Global Energy. 2011. No. 1 (40). Pp. 100-104.
11. Rulev A. S., Anopin V. N. Problems of forest reclamation arrangement of urbanized degraded landscapes of the Lower Volga region. Fundamentals of rational nature management: Collection of scientific papers based on the materials of the correspondence International scientific and practical conference. Saratov: IC "Nauka", 2007. Pp. 12-16.
12. Shuvaev N. S., Barmin A. N., Kolchin E. A., Mineev E. A. Conflicts of nature management: typification and analysis at the present stage. Regional geosystems. 2018. Vol. 42. No. 3. Pp. 446-458.
13. Vasilchenko A. A. Analysis of indicators for identifying the state of agricultural lands in the Volga-Akhtuba floodplain based on Earth remote sensing and field research. Geodesy and Cartography. 2024. Vol. 85. No. 5. Pp. 37-47.
14. Vasilchenko A. A. Mapping hayfields in floodplain landscapes of southern Russia using multi-temporal Sentinel-2 data. Earth Exploration from Space. 2023. No. 4. Pp. 72-82.
15. Google maps. Google Maps. <https://www.google.com/maps>
16. ESRI World Imagery. ArcGIS Online. <https://www.arcgis.com/apps/mapviewer>
17. Copernicus Data Space Ecosystem. Europe's eyes on Earth. <https://dataspace.copernicus.eu>
18. EarthExplorer. United States Geological Survey. <https://earthexplorer.usgs.gov>

Информация об авторах

Васильченко Александр Анатольевич, младший научный сотрудник, ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: 0000-0001-9591-6895, e-mail: vasilchenko-a@vfanc.ru

Author's Information

Vasilchenko Aleksander Anatolyevich, Junior Researcher, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskyy Ave., 97), ORCID: 0000-0001-9591-6895, e-mail: vasilchenko-a@vfanc.ru

**THE INFLUENCE OF CALLIGONUM APHYLLUM PLANTINGS ON THE SOIL FERTILITY
IN ARID CONDITIONS OF THE NORTHERN CASPIAN REGION****Podoprigorov Yu. N., Bakaneva A. A., Khyupinin A. A., Khyupinina E. V.***Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Solenoye Zaimishche, Astrakhan Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: podoprigorov.85@mail.ru

Received 28.03.2025

Submitted 05.06.2025

The research was carried out within the framework of the state assignment on the topic: № FNMW-2022-0008 "To develop scientifically based agrophytomeliorative technologies to prevent desertification and degradation of arid forage lands, floodplain forest phytocenoses and agricultural lands, increase their productivity, increase biodiversity to restore soil fertility and form stable steppe, semi-desert and forest ecosystems."

Summary

The article reveals the topic of preserving and improving the main property of soils – fertility. Hot dry climate, insufficient moisture, anthropogenic influence leads to land degradation, thereby disrupting natural processes in the environment.

Abstract

Introduction. The article discusses the issue of preserving and improving the basic quality of soils – their fertility. High temperatures and arid climate, lack of moisture, as well as human activity contribute to land degradation, which disrupts natural ecological processes. The purpose of the work is to determine the phytomeliorative effect of planting *calligonum aphyllum* on soil fertility and biodiversity of dry-steppe pasture phytocenoses. The tasks included: monitoring and comparative analysis of dry-steppe pasture phytocenoses with and without calligonum. **Objects of research.** The research was conducted in 2022-2024 in the Astrakhan region and the Republic of Kalmykia (RK), a total of three sections of dry steppe pastures were surveyed: section 1 – Astrakhan region, Kharabalinsky district (Kordon Kharabalinsky tract), calligonum plantings of 1980, total area – 30 hectares, section 2 – Astrakhan region, Narimanov district, natural pasture with the participation of leafless calligonum, total area – 15 hectares, section 3 – Republic of Kalmykia, Yustinsky district, Dolan farm, Erdnievsky settlement (calligonum plantings of 1991), total area – 30 hectares. **Materials and methods.** In the course of the work, various methods were used to identify the main indicators of soil fertility. **Results and conclusions.** The results of the conducted studies revealed that planting of calligonum with moderate livestock load has a positive meliorative effect on semi-desert pastures, namely, increases: total projective cover (TPC), grass height, productivity, species diversity, nutritional value of pasture forage, as well as all indicators of soil fertility. With a very high load, such an effect was not noted.

Keywords: *calligonum aphyllum*, leafless dzhuzgun, arid pastures, soil fertility, pasture degradation, pasture restoration.

Citation. Podoprigorov Yu. N., Bakaneva A. A., Khyupinin A. A., Khyupinina E. V. The influence of *calligonum aphyllum* plantings on the soil fertility in arid conditions of the Northern Caspian region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 291-299 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-31.

Author's contribution. The authors are directly related to this study. Participated in the implementation and analysis of the experiment. The authors of this publication have reviewed the final result for publication.

Conflict of interests. The author of this publication declares that there is no conflict of interest.

УДК 633.39

**ВЛИЯНИЕ ПОСАДОК ДЖУЗГУНА БЕЗЛИСТНОГО (CALLIGONUM APHYLLUM)
НА ПОЧВЕННОЕ ПЛОДОРОДИЕ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ****Подопригоров Ю. Н., младший научный сотрудник
Баканева А. А., младший научный сотрудник
Хюпинин А. А., младший научный сотрудник
Хюпинина Е. В., младший научный сотрудник***ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»
Соленое Займище, Астраханская область, Российская Федерация*

Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме: № FNMW-2022-0008 «Разработать научно обоснованные агрофитомелиоративные технологии предотвращения опустынивания и деградации аридных кормовых угодий, пойменных лесных фитоценозов и земель сельхозназначения, повышения их продуктивности, увеличения биоразнообразия для восстановления почвенного плодородия и формирования стабильных степных, полупустынных и лесных экосистем».

Актуальность. В статье рассматривается вопрос сохранения и улучшения основного качества почв – их плодородия. Высокие температуры и засушливый климат, дефицит влаги, а также человеческая деятельность способствуют деградации земель, что нарушает естественные экологиче-

ские процессы. Цель работы – определение фитомелиоративного влияния посадок джужгуна безлистного на плодородие почв и биоразнообразие сухостепных пастбищных фитоценозов. В задачи входило: мониторинг и сравнительный анализ сухостепных пастбищных фитоценозов с участием джужгуна и без него. **Объекты исследования.** Исследования проводились в 2022-2024 гг. в Астраханской области и Республике Калмыкия (РК), всего было обследовано три участка сухостепных пастбищ: участок 1 – Астраханская область, Харабалинский район (Урочище Кордон Харабалинский), посадки джужгуна 1980 г., общая площадь – 30 га, участок 2 – Астраханская область, Наримановский район, природное пастбище с участием джужгуна безлистного, общая площадь – 15 га, участок 3 – Республика Калмыкия, Юстинский район, ферма Долан, пос. Эрдниевский (посадки джужгуна 1991 г.), общая площадь – 30 га. **Материалы и методы.** В ходе работы были использованы различные методики для выявления основных показателей почвенного плодородия. **Результаты и выводы.** По результатам проведенных исследований было выявлено, что посадки джужгуна при умеренной животноводческой нагрузке оказывают позитивное мелиоративное влияние на полупустынные пастбища, а именно увеличивают: общее проективное покрытие (ОПП), высоту травостоя, урожайность, видовое разнообразие, питательную ценность пастбищного корма, а также – все показатели почвенного плодородия. При очень высокой нагрузке такое влияние не отмечено.

Ключевые слова: джужгун безлистный, аридные пастбища, почвенное плодородие, деградация пастбищ, восстановление пастбищ.

Цитирование. Подопригоров Ю. Н., Баканева А. А., Хюпинин А. А., Хюпинина Е. В. Влияние посадок джужгуна безлистного (*Calligonum aphyllum*) на почвенное плодородие в аридных условиях Северного Прикаспия. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 291-299. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-31.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В России аридные пастбища сосредоточены в основном в Прикаспии, предгорьях Кавказа, Южной Сибири и Забайкалье [1]. К Прикаспию относятся север Дагестана, Чечни и северо-восток Ставропольского края (Кизлярские пастбища), Калмыкия, Астраханская область и Западный Казахстан. До советского периода местное население этих регионов кочевало и применялась система пастбищеоборотов, когда отдельные участки использовались в разные сезоны года. В середине XX века был принят ряд постановлений, которые закрепляли земли за колхозами, соответственно все поголовье было «привязано» к определенным участкам, где выпасалось круглый год (Постановление от 28 мая 1954 года № 1023 «О закреплении за колхозами зимних пастбищ госфонда Черные земли и Кизлярских пастбищ»). Аридные пастбища Прикаспия представляют собой относительно молодую морскую равнину [2], вышедшую на поверхность после Хвалынской трансгрессии Каспия всего 10-12 тыс. лет назад. Поэтому почвы здесь молодые и слабо сформированные, на значительной площади почвообразующими породами являются пески. В условиях жаркого засушливого климата сочетание неблагоприятных факторов приводило к активизации процессов дефляции и эолового переноса песка. Отмечалось несколько всплесков антропогенного влияния, приводящего к деградации полупустынной экосистемы в Прикаспии: в бронзовом веке, в период Золотой Орды, в начале XIX в. и, наиболее сильное, – современное. В 2020 году из-за неблагоприятных метеоусловий и перевыпаса возникла угроза очередной вспышки антропогенного опустынивания в Калмыкии, Астраханской области и Дагестане. Осенью 2019 года в течение недели в этом регионе наблюдались пыльные бури, в результате которых площадь лишенных растительного покрова земель превысила 10 тыс. км² [3].

Значение почвы как основного средства сельскохозяйственного производства определяется ее основным свойством – плодородием [4].

В науке не выработано четких критериев количественной оценки почвенного плодородия в настоящее время и не может быть выработано из-за различной и нечеткой трактовки данного природного явления различными учеными [5].

По мнению Х. Руша плодородие не выражается в конкретных показателях, а является лишь биолого-функциональной способностью почвы. Вернадский В. И. и Никитин Б. А. подчеркивали, что плодородие почвы является неотъемлемой частью плодородия всей биосферы [6]. В. В. Докучаев считал «естественную правоспособность» почв (которая соответствует применяемому сейчас термину «естественное плодородие») основным и наиболее объективным мерилom их продуктивности [7].

В своей статье «Плодородие и продуктивность почв: соотношение понятий» И. Б. Макаров (МГУ им. М. В. Ломоносова) делает выводы, что почва как среда обитания живых организмов качественно отличается от других сред, так как структурная и функцио-

нальная организация почвы возникла при участии и под частичным контролем биоты и в большой мере адаптирована к ее нуждам [8]. Вне экосистемы почва как природное тело не существует без живых организмов – это биогенное геологическое образование. Плодородие почв – это качественная характеристика, обозначающая способность почв участвовать в создании биологической продукции экосистемой [9].

Плодородие – это способность почвы удовлетворять потребность растений во всех необходимых им условиях (элементах питания, воде, воздухе, тепле и др.) для нормального роста и развития.

Развитие учения о плодородии почв связано с именем русского почвовед В.Р.Вильямса. Он изучил формирование и развитие плодородия в ходе процесса почвообразования, показал взаимосвязь со свойствами почв и пути его повышения при сельскохозяйственном использовании. Различают следующие основные виды плодородия: естественное (природное) и искусственное.

Деградация создает множество социально-экономических и демографических проблем не только в ареалах своего воздействия, но и на прилегающих землях. Экологические связи пустынных и полупустынных территорий очень хрупки, и поэтому так важно расширить площади лесного фонда, закреплять подвижные пески, создавать защитные лесные насаждения на деградированных пастбищах. Все это позволит производить конкурентоспособную сельскохозяйственную продукцию на базе естественных кормовых угодий, а значит, решить вопросы продовольственной и экологической безопасности [10, 11, 12].

Поэтому необходим комплекс различных мероприятий по изучению фитомелиоративного влияния растений различных жизненных форм на пастбищные экосистемы, улучшению хозяйственного состояния кормовых угодий, повышению их плодородия и охраны земель.

Цель работы – определение фитомелиоративного влияния посадок джугуна безлистного на плодородие почв и биоразнообразие сухостепных пастбищных фитоценозов.

Задачи исследований:

- провести мониторинг и сравнительный анализ сухостепных пастбищных фитоценозов с участием джугуна и без него по следующим показателям:
- основные агрохимические параметры почвы;
- ботанический состав растительного покрова;
- урожайность пастбищ;
- кормовая ценность пастбищного корма;
- общее проективное покрытие;
- высота растений.

Впервые в современных климатических условиях Прикаспия проведен мониторинг сухостепных экосистем с посадками и естественным произрастанием джугуна безлистного для определения его фитомелиоративного влияния на основные составляющие компоненты пастбищных фитоценозов.

Материалы и методы. Объекты исследования – растительный и почвенный покров сухостепных пастбищ. Исследования проводились по следующим методикам: методика ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса (1971), методические указания Кутузовой А. А., Зотова А. А. и др. (1995), методика Л. Г. Раменского, И. А. Цаценкина (1956), методика Доспехова Б. А. 1985 с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Климат на изучаемых участках умеренный, резко-континентальный – с высокими температурами летом, низкими зимой, большими годовыми и летними суточными амплитудами температуры воздуха, малым количеством осадков и большой испаряемостью.

Результаты и обсуждение. Исследования проводились в Астраханской области и Республике Калмыкия.

Всего было обследовано три участка сухостепных пастбищ:

- участок 1 – Астраханская область, Харабалинский район (Урочище Кордон Харабалинский), посадки джугуна 1980г., общая площадь – 30 га. GPS координаты места: 47°24'39"N; 47°26'3"E. Участок 1.1 – пастбище с посадками джугуна, участок 1.2 – пастбище без джугуна. Почва – светло-каштановая полупустынная в комплексе со слабогумусированными песками.

- участок 2 – Астраханская область, Наримановский район, природное пастбище с участием джугуна безлистного, общая площадь – 15 га. GPS координаты места: участок 2.1-46°43'26"C; 47°47'24"B (с посадками джугуна); участок 2.2 – 46°43'22"C; 47°47'30"B (пастбище без джугуна). Почва – бурая полупустынная с супесями и суглинками.

На участке 2 распространение джужгуна безлистного произошло от старых посадок защитных лесных насаждений 80-90-х годов, которые проводились по «Генеральной схеме по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ» [13].

- участок 3 – Республика Калмыкия, Юстинский район, ферма Долан, пос. Эрдниевский (посадки джужгуна 1991г.), общая площадь – 30га. GPS координаты места: участок 3.1 – 46°46'С; 46°6'5"В; (с посадками джужгуна); участок 3.2 – 46°4"С; 46° 6'В (пастбище без джужгуна). Почва – бурая полупустынная со слабогумусированными песками.

Для определения экологического состояния пастбищных экосистем исследуемых участков, в 2022 году была определена нагрузка животных с использованием данных Минсельхоз Астраханской области и Республики Калмыкия, нагрузка в 2023 и 2024 годах не менялась.

Таблица 1 – Показатели фактической животноводческой нагрузки на пастбища исследуемых участков
Table 1 – Indicators of actual livestock load on pastures of the study areas

Участки и названия МО / Plots and names of municipalities	Фактическая нагрузка, усл. гол. овец/га / Actual load, sheep/ha	Предельно допустимые нормативы*, усл.гол. овец / га / Maximum permissible standards*, sheep/ha	Превышение / Excess
Участок 1 Тамбовский с/с Харабалинский район / Section 1 Tambov village council Kharabalinsky District	1,5	0,51	в 2.9 раза / 2.9x
Участок 2 Рассветский с/с Наримановский район / Section 2 Rassvetsky s/s Narimanov district	1,3	0,43	в 3.0 раза / 3.0x
Участок 3 Эрдниевский с/с Юстинский район Республика Калмыкия / Section 3 Erdnievsky village council Justinsky District Republic of Kalmykia	2,5	0,52	в 4.8 раза / 4.8x

(Постановление правительства АО 2017; Постановление правительства РК 2006).

Таким образом, исследуемые пастбища подвергаются очень высокой нагрузке, превышающей предельно допустимые нормы в 2.9-4.8 раза.

На следующем этапе были проведены исследования растительного покрова пастбищ.

Таблица 2 – Показатели экологического состояния растительного покрова пастбищ исследуемых участков, 2022-2024 г.

Table 2 – Indicators of the ecological state of the vegetation cover of pastures in the study areas, 2022-2024

Участки и названия МО / Plots and names of municipalities	Варианты пастбищ / Pasture options	ОПП, % / GPP, %	Средняя высота растений, м / Average plant height, m		Ассоциация / Association
			пастбища / Pastures	джужгуна / Calligonum aphyllum	
1	2	3	4	5	6
Участок 1 Харабалинский район / Section 1 Kharabalinsky District	с джужгуном / with calligonum aphyllum	85,3	0,49	1,5	Джужгуново-полынно- мятликовая / calligonum aphyllum - wormwood bluegrass
	без джужгуна / without calli- gonum aphyllum	55,5	0,19	-	Мятликово- разнотравная / Bluegrass

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
НСП ₀₅	2022	12,0	0,25	-	
	2023	12,1	0,20	-	
	2024	12,7	0,23	-	
Участок 2 Наримановский район / Section 2 Narimanov district	с джугуном / with calligonum aphyllum	85,1	0,44	1,5	Джугуново-полынно- мятликовая / calligonum aphyllum - wormwood-bluegrass
	без джугуна / without calli- gonum aphyllum	65,4	0,15	-	Мятликовая / Bluegrass
НСП ₀₅	2022	12,4	0,25	-	
	2023	12,1	0,24	-	
	2024	12,3	0,21	-	
Участок 3 Республика Кал- мыкия / Section 3 Republic of Kalmykia	с джугуном / with calligonum aphyllum	50,1	0,36	1,0	Джугуново- мятликовая / calligonum aphyllum - bluegrass
	без джугуна / without calli- gonum aphyllum	60,2	0,37	-	Эфемерово-полынная / Ephemeral-wormwood
НСП ₀₅	2022	4,9	0,07	-	
	2023	4,8	0,08	-	
	2024	4,7	0,07	-	

Трехлетние исследования показали:

- состояние посадок джугуна (80-90-х годов XX века) на участках 1 и 2 было удовлетворительное, высота кустарников составляла в среднем 1.5 м (0.9-2.5 м), при этом, до 30 % посадок кустарника были частично обломаны;

- на участке 3 (РК) посадки джугуна (1991 г.) имели угнетенное состояние, высота их в среднем составляла 1.0 м (0.5-1.1 м), более 70 % кустарника – обломаны;

- средняя высота травостоя на участках с джугуном существенно превышала травостой без джугуна на 0.3 м (участок 1) и на 0.29 м (участок 2) в основном за счет полыни Лерха, которая на участках без джугуна или отсутствовала, или встречалась единично (Sol);

- в Республике Калмыкия на участке 3 высота травостоя была почти одинаковой (разность 1 см – в пределах ошибки) в связи с очень высокой нагрузкой животных;

- на участках 1 и 2 с джугуном была определена джугуново-полынно-мятликовая ассоциация с ОПП – 85 % и доминантными видами: джугуном безлистным, полынью Лерха и мятликом луковичным, которые являются хорошо поедаемыми, наиболее устойчивыми к нагрузке животных и аридному климату; без джугуна был выявлен очень бедный ботанический состав пастбищ, в т.ч., мятликово-разнотравная (участок 1) и мятликовая (участок 2) ассоциации с одним доминантом – мятликом луковичным, при этом на участке 1 ОПП составило 55 %, поскольку здесь нагрузка была выше, а на участке 2 – 65 %;

- на калмыцком участке, где фактическая нагрузка превысила предельно допустимую норму в 4.8 раза, на участке с джугуном была отмечена джугуново-мятликовая ассоциация, с очень бедным видовым составом, в т.ч. джугун и мятлик луковичный; такие злаки, как костер и типчак (умеренное обилие), располагались только в пределах куста джугуна, а в междурядьях отсутствовали;

- растительный покров пастбища без джугуна на участке 3 также имел очень бедный ботанический состав (мятлик, бурачок и полынь), однако ОПП было выше на 10 %, чем на пастбище с джугуном, как и обилие полыни и типчака (Сор – обильно и Sp – умеренно, соответственно), в связи с тем, что для выпасаемого скота пастбища с джугуном являются более привлекательными и удобными, поскольку кустарниковые посадки защищают животных от пыльных бурь и жары.

Исследование урожайности фитоценозов проводилось в раннелетний и осенний периоды, чтобы учесть ранне- и позднеспелые растения. Кустарник джугун относится к раннеспелым полупустынным растениям, поскольку начинает плодоносить уже в июне. Для проведения дисперсионного анализа участки без джугуна были взяты за контроль.

Таблица 3 – Показатели урожайности и кормовой ценности фитоценозов пастбищ исследуемых участков, 2022-2024 гг.

Table 3 – Indicators of productivity and feed value of phytocenoses of pastures in the study areas, 2022-2024

Участки / Areas	Варианты / Options	Урожайность СВ, т/га / Yield of dry matter, t/ha			Корм. Ед. в 1 кг корма (СВ) / feed units per 1 kg of feed (DM)
		лето / summer	осень / autumn	средняя / average	
Участок 1 Харабалинский район / Section 1 Kharabalinsky District	с джузгуном / with calligonum aphyllum	1.82	0.98	1.40	0.72
	без джузгуна / without calligonum aphyllum	0.54	0.41	0.48	0.61
НСП ₀₅	2022 г	0,25	0,37	-	0,02
	2023 г	0,27	0,36	-	0,04
	2024 г	0,29	0,37	-	0,01
Участок 2 Наримановский район / Section 2 Narimanovsky district	с джузгуном / with calligonum aphyllum	1.79	0.81	1.35	0.76
	без джузгуна / without calligonum aphyllum	0.57	0.35	0.46	0.58
НСП ₀₅	2022 г	0.66	0.12	-	0,05
	2023 г	0.67	0.10	-	0,05
	2024 г	0,69	0,14	-	0,06
Участок 3 Республика Калмыкия / Section 3 Republic of Kalmykia	с джузгуном / with calligonum aphyllum	0.84	0.52	0.68	0.68
	без джузгуна / without calligonum aphyllum	0.51	0.15	0.33	0.56
НСП ₀₅	2022	0.12	0.12	-	0,05
	2023	0,14	0,11	-	0,02
	2024	0,11	0,13	-	0,03

По результатам исследования было выявлено:

- урожайность сухого вещества (СВ) пастбищных фитоценозов с джузгуном превышала контрольные участки в летний период на 38-70 %, в осенний – на 57-71 %, разность была признана существенной;

- питательность пастбищного корма на участках 1 и 2 с джузгуном существенно превышала контрольные участки на 0.11-0.18 к.ед. в 1 кг корма, поскольку в состав корма входила полынь, а на участках 1 и 2 без джузгуна она встречалась очень редко (Sol – единично);

- более высокая урожайность СВ была отмечена на харабалинском участке с посадками джузгуна № 1.1 – 1.82 т/га, в РК урожайность оказалась ниже на 54 % с джузгуном и на 6 % – без джузгуна в связи с тем, что в Калмыкии нагрузка животных превысила другие участки на 40-48 %;

- на калмыцком участке без джузгуна (3.2) было отмечено обилие полыни австрийской 4 балла (Сор – много, обильно), поэтому пастбищный корм имел более высокую кормовую ценность – 0.56 к.ед. в 1 кг корма, т.е. всего на 3-8 % ниже таких же участков в других районах.

По результатам анализа 2022-2024 гг. (таблица 4) и по данным группировок почв по обеспеченности анализируемых показателей было выявлено, что почвы участков в основном идентичны и имеют обеспеченность по содержанию: гумуса – очень низкую (< 2 %, по методике Тюрина); азота щелочногидролизующего – низкое (по методике Корнфилда); фосфора подвижного – очень низкое (0-20 мг/кг) и низкое (20-50 мг/кг) (по методике Мачигина); калия подвижного – высокое (> 180 мг/кг, по методике Мачигина).

По результатам исследования было выявлено:

Таблица 4 – Основные показатели плодородия и засоленности почвы пастбищ, исследуемых участков (данные ФГБУ «ЦАС «Волгоградский»), 2022-2024 гг.

Table 4 – Main indicators of soil fertility and salinity in pastures of the studied areas (data from the Federal State Budgetary Institution "CAS Volgogradsky"), 2022-2024

Показатели / Indicators	Единица измерения / Unit	Участок 1 / Section 1		Участок 2 / Section 2		Участок 3 / Section 3	
		с джужгуном / with calligonum aphyllum	без джужгуна / without calligonum aphyllum	с джужгуном / with calligonum aphyllum	без джужгуна / without calligonum aphyllum	с джужгуном / with calligonum aphyllum	без джужгуна / without calligonum aphyllum
Массовая доля подвижного фосфора / Mass fraction of mobile phosphorus	мг/кг / мг/кг	20.4	15.7	30.4	11.6	19.7	40.1
Массовая доля обменного калия / Mass fraction of exchangeable potassium	мг/кг / мг/кг	273.5	216.5	268.0	215.0	210.0	321.0
Массовая доля азота щелочногидролизуемого / Mass fraction of alkaline-hydrolyzable nitrogen	мг/кг / мг/кг	9.8	3.8	8.4	2.8	7.0	11.2
рН (водная вытяжка) / pH (water extract)	Ед. / Ед.	7.92	8.5	8.31	8.36	8.48	7.55
Массовая доля органического вещества (гумус) / Mass fraction of organic matter (humus)	%	0.94	0.47	0.90	0.35	0.51	0.94
Плотный остаток водной вытяжки / Dense residue of water exhaust	%	0.027	0.025	0.031	0.029	0.040	0.038

- на участках 1 и 2 с джужгуном массовая доля подвижного фосфора на 23 и 62 %, соответственно, превысила эти показатели почвы без джужгуна, а на калмыцком участке больше фосфора отмечено в почве фитоценоза без джужгуна на 51 %;

- обменного калия в почве оказалось больше на астраханских участках 1 и 2 с джужгуном на 20 %, в РК – на участке 3 без джужгуна – на 35 %;

- щелочногидролизуемого азота также было определено больше на астраханских участках с джужгуном на 60 (1) и 67 % (2), на калмыцком участке – без джужгуна на 37 %;

- реакция рН почвы на всех участках – слабощелочная (7.1-8) и щелочная (> 8);

- содержание главного показателя плодородия почвы, гумуса, было выше в Астраханской области на участках с джужгуном на 50 (1) и 61 % (2), а в РК – без джужгуна – на 46 % (3);

- анализ на засоленность почвы показал, что все три участка являются незасоленными (плотный остаток < 0.3 %).

Таким образом, участие джужгуна в пастбищном фитоценозе улучшило все показатели почвенного плодородия (Астраханская область, участки 1 и 2), кроме участков с очень сильной нагрузкой пастбищных животных (Республика Калмыкия, участок 3).

По результатам трехлетних исследований были сделаны следующие основные выводы.

1. Определение нагрузки животных на исследуемые пастбища показало, что имеется превышение предельно допустимых норм в 2.9-3.0 (Астраханская область) и в 4.8 раза (Республика Калмыкия).

2. На Астраханских участках с посадками джужгуна в сравнении с естественным пастбищем, отмечено увеличение высоты травостоя в среднем на 0.29 м, ОПП – на 30 %, увеличение урожайности в летний период на 38-70 %, в осенний на 51-71 %, питательная ценность была выше в 1 кг на 0.11-0.18 к. ед.

3. На Калмыцком участке с очень высокой нагрузкой в сравнении с естественным пастбищем на участках с джужгуном было отмечено: отсутствие разности по высоте травостоя, наличие бедного видового состава (Мятлик луковичный), ОПП травостоя было ниже на 10 %, но урожайность – выше на 0.31 т/га летом, на 0.37 т/га – осенью и питательная ценность корма была выше на 0.12 к. ед. в 1 кг, поскольку в урожайность был включен джужгун.

4. На участках 1 и 2 с джужгуном массовая доля подвижного фосфора на 23 и 62 %, соответственно, превысила эти показатели почвы без джужгуна, а на калмыцком участке больше фосфора отмечено в почве фитоценоза без джужгуна на 51 %;

5. Обменного калия в почве оказалось больше на астраханских участках 1 и 2 с джужгуном на 20 %, в РК – на участке 3 без джужгуна – на 35 %;

6. Щелочногидролизуемого азота также было определено больше на астраханских участках с джужгуном на 60 (1) и 67 % (2), на калмыцком участке – без джужгуна на 37 %;

7. Содержание главного показателя плодородия почвы, гумуса, было выше в Астраханской области на участках с джужгуном на 50 (1) и 61 % (2), а в РК – без джужгуна – на 46 % (3);

Выводы. По результатам исследований было выявлено, что посадки джужгуна при умеренной животноводческой нагрузке оказывают позитивное мелиоративное влияние на полупустынные пастбища, а именно увеличивают: общее проективное покрытие (ОПП), высоту травостоя, урожайность, видовое разнообразие, питательную ценность пастбищного корма, а также все показатели почвенного плодородия. При очень высокой нагрузке такое влияние не отмечено.

Conclusions. Thus, it was found that planting calligonum under moderate livestock load has a positive meliorative effect on semi-desert pastures, namely, it increases: total projective cover (TPC), grass height, productivity, species diversity, nutritional value of pasture forage, as well as all indicators of soil fertility. Under very high load, such an effect was not noted.

Библиографический список

1. Трофимова И. Е., Бальбина А. С. Климатическая обусловленность современного развития островных степей юга Восточной Сибири. Аридные экосистемы. 2024. Том 30. № 2 (99). С. 12-23.
2. Кулик К. Н., Петров В. И., Юферов В. Г., Ткаченко Н. А., Шинкаренко С. С. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикаспия. Аридные экосистемы. 2020. Том 26. № 2 (83). С. 16-24.
3. Подопригоров Ю. Н., Хюпинин А. А. Джужгун безлистный (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Gürke) – эффективный фитомелиорант в засушливых условиях Северного Прикаспия. Известия НВ АУК. 2023. № 2 (70). С. 288-298.
4. Evangelista S. J., et al. A proposal for the assessment of soil security: Soil functions, soil services and threats to soil. Soil Security. 2023. Vol. 10. P. 100086.
5. Шевченко В. А., Дедова Э. Б., Дедова А. А., Широкова В. А., Шабанов Р. М. Агрофитомелиорация в борьбе с опустыниванием и деградацией земель аридных территорий. Плодородие. 2024. № 3. С. 95-99.
6. Осипов В. И., Аксютин О. Е., Ишков А. Г., Грачёв В. А. Взаимодействие человека с природной средой – важнейший фактор существования цивилизации. Итогам года экологии в России посвящается. Вестник Российской академии наук. 2018. Т. 88. № 2. С. 99-106.
7. Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П., Рыбальский Н. Г., Муравьёва Е. В., Снакин В. В., Емельянов А. В., Скрипникова Е. В. Использование, сохранение земель и плодородия почв – дело государственное (к 75-летию государственного плана преобразования природы). Жизнь Земли. 2023. Т. 45. № 3. С. 379-388.
8. Просьянников Е. В. Плодородие почвы и продуктивность земли. Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 3-8.
9. Javed A., et al. Soil Fertility: Factors Affecting Soil Fertility, and Biodiversity Responsible for Soil Fertility. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences. 2022. Vol. 12. No. 01.
10. Тютюма Н. В., Булахтина Г. К., Тютюма Н. А. Антропогенный фактор опустынивания аридных территорий Астраханской области. Аридные экосистемы. 2023. Т. 29. № 1 (94). С. 53-58.
11. Булахтина Г. К., Тютюма Н. А. Оценка аридных кормовых растений в качестве фитомелиорантов опустыненных пастбищных экосистем. Известия НВ АУК. 2023. № 1 (69). С. 148-157.
12. Кулик К. Н., Булахтина Г. К., Тютюма Н. А. Изучение факторов влияния мелиоративно-кормовых лесных насаждений на аридные пастбищные экосистемы. Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2021. № 2. С. 8-39.
13. Кулик К. Н., Петров В. И., Рулев А. С., Кошелева О. Ю., Шинкаренко С. С. К 30-летию «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ». Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 1 (74). С. 5-12.

References

1. Trofimova I. E., Balybina A. S. Climatic Conditionality of Modern Development of Island Steppes in the South of Eastern Siberia. Arid ecosystems. 2024. Volume 30. № 2 (99). Pp. 12-23.
2. Kulik K. N., Petrov V. I., Yuferev V. G., Tkachenko N. A., Shinkarenko S. S. Geo-information analysis of desertification in the North-Western Caspian region. Arid ecosystems. 2020. Volume 26. № 2 (83). Pp. 16-24.
3. Podoprigorov Y. N., Hyupinin A. A. *Calligonum aphyllum* (Pall.) Gürke is an effective phytomeliorant in the arid conditions of the Northern Caspian Sea. Proceedings of the LV AUC. 2023. № 2 (70). Pp. 288-298.
4. Evangelista S. J., et al. A proposal for the assessment of soil security: Soil functions, soil services and threats to soil. Soil Security. 2023. Vol. 10. P. 100086.

5. Shevchenko V. A., Dedova E. B., Dedova A. A., Shirokova V. A., Shabanov R. M. Agro-phyto-reclamation in the fight against desertification and land degradation in arid territories. *Fertility*. 2024. № 3. Pp. 95-99.
6. Osipov V. I., Aksyutin O. E., Ishkov A. G., Grachev V. A. Interaction of Man with Natural Environment – the Most Important Factor in the Existence of Civilization. Dedicated to the results of the Year of Ecology in Russia. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2018. V. 88. № 2. Pp. 99-106.
7. Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P., Rybalsky N. G., Muravyova E. V., Snakin V. V., Emelyanov A. V., Skripnikova E. V. Use, Preservation of Soil Land and Fertility as a State Matter (To the 75th Anniversary of the State Plan for the Transformation of Nature). *Life of the Earth*. 2023. V. 45. № 3. Pp. 379-388.
8. Prosyannikov E. V. Soil Fertility and Land Productivity. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2023. № 6 (100). Pp. 3-8.
9. Javed A., et al. Soil Fertility: Factors Affecting Soil Fertility, and Biodiversity Responsible for Soil Fertility. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. 2022. Vol. 12. No. 01.
10. Tyutyuma N. V., Bulakhtina G. K., Tyutyuma N. A. Anthropogenic factor of desertification of arid territories of the Astrakhan region. *Arid ecosystems*. 2023. T. 29. № 1 (94). Pp. 53-58.
11. Bulakhtina G. K., Tyutyuma N. A. Evaluation of arid fodder plants as phytomeliorants of desertified pasture ecosystems. *Izvestiya NV AUK*. 2023. № 1 (69). Pp. 148-157.
12. Kulik K. N., Bulakhtina G. K., Tyutyuma N. A. Study of factors of influence of reclamation and fodder forest plantations on arid pasture ecosystems. *Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry*. 2021. № 2. Pp. 8-39.
13. Kulik K. N., Petrov V. I., Rulev A. S., Kosheleva O. Yu., Shinkarenko S. S. On the 30th Anniversary of the "General Scheme to Combat Desertification of the Black Lands and Kizlyar Pastures". *Arid ecosystems*. 2018. V. 24. № 1 (74). Pp. 5-12.

Информация об авторах

Подопригоров Юрий Николаевич, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черныярский район, с. Солонное Займище, кв. Северный, 8), ORCID 0000-0003-0073-8702, e-mail: podoprigorov.85@mail.ru

Баканева Анна Александровна, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черныярский район, с. Солонное Займище, кв. Северный, 8), ORCID 0000-0002-2619-8794, e-mail: solnce5508@mail.ru

Хюпинин Андрей Алексеевич, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черныярский район, с. Солонное Займище, кв. Северный, 8), ORCID 0000-0003-4453-308x, e-mail: anhpupinin_1981@mail.ru

Хюпинина Екатерина Викторовна, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук», (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черныярский район, с. Солонное Займище, кв. Северный, 8), ORCID 0000-0002-3449-8658, e-mail: lapinaekaterina_87@mail.ru

Authors' Information

Podoprigorov Yuri Nikolaevich, Junior Researcher, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251 Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solenoye Zaimishche village, Severny quarter, 8), ORCID 0000-0003-0073-8702, e-mail: podoprigorov.85@mail.ru

Bakaneva Anna Aleksandrovna, Junior Researcher, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251 Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solenoye Zaimishche village, Severny quarter, 8), ORCID 0000-0002-2619-8794, e-mail: solnce5508@mail.ru

Khyupinin Andrey Alekseevich, Junior Researcher, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251 Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solenoye Zaimishche village, Severny quarter, 8), ORCID 0000-0003-4453-308x, e-mail: anhpupinin_1981@mail.ru

Khupinina Ekaterina Viktorovna, Junior Researcher, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251 Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solenoye Zaimishche village, Severny quarter, 8), ORCID 0000-0002-3449-8658, e-mail: lapinaekaterina_87@mail.ru

DOI:10.32786/2071-9485-2025-04-32

PATHOGENS OF «CRAZY ROOTS» OF ORNAMENTAL AND VEGETABLE CROPS: A BRIEF REVIEW

¹Gaisina E. M., ²Akhatov A. K., ¹Pakina E. N., ¹Ignatov A. N., ^{1,3}Zelenev A. V.

¹Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba
Moscow, Russian Federation

²AO Schetelig RUS

Saint-Petersburg, Russian Federation

³Federal Research Center «Nemchinovka»
Moscow, Russian Federation

Corresponding author E-mail: zelenev.a@bk.ru

Received 25.04.2025

Submitted 04.06.2025

Summary

The article presents a brief overview of the disease known as «crazy roots» or «root mat», which affects ornamental and vegetable crops grown in protected soil. The pathogens belong to the genus *Agrobacterium*, and research into their taxonomy, genome diversity, and infection mechanisms has revealed new insights for combating the disease and utilizing the bacteria in plant genetic engineering.

Abstract

Introduction. The disease «crazy roots» or «root mat» attracts special attention in the context of its impact on vegetable and ornamental crops grown in protected soil and significant economic losses associated with its spread. Research in the field of taxonomy, genomic diversity, and biological characteristics of pathogens from the genus *Agrobacterium* opens new perspectives for both pathogen control and the use of these bacteria in plant genetic engineering. This review examines the main stages of studying the disease, including its history, the mechanism of infection, taxonomic changes in the pathogen and modern methods of combating it, as well as the prospects for use in the breeding process. **Materials and methods.** The review is based on an analysis of scientific literature, as well as on taxonomic classification bases. To systematize information on the genomic diversity of bacteria, comparative analysis methods were used, including the assessment of phylogenetic trees and the description of plasmid profiles. **Results and conclusions.** «Crazy roots» disease, caused by rhizogenic strains of *Agrobacterium*, is a complex problem affecting the productivity and economic sustainability of agricultural production. The integration of biological, chemical and agronomic methods has proven effective, especially when combined with new data on the genetic structure and mechanisms of pathogen adaptation. In addition, the use of *Agrobacterium* in plant genetic engineering illustrates its potential as a tool for creating stress- and disease-resistant crops.

Keywords: *agrobacterium, crazy roots, plasmid, taxonomy, genetic engineering.*

Citation. Gaisina E. M., Akhatov A. K., Pakina E. N., Ignatov A. N., Zelenov A. V. Pathogens of "crazy roots" of ornamental and vegetable crops: a brief review. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 299-311 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-32.

Author's contribution. All authors participated in the planning, execution, and writing of the experiment. All authors have approved the final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 632.3:635.9:635.1/1.8

**ВОЗБУДИТЕЛИ БОРОДАТОСТИ КОРНЕЙ ДЕКОРАТИВНЫХ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР:
КРАТКИЙ ОБЗОР**

¹Гайсина Э. М., магистрант

²Ахатов А. К., ведущий специалист

¹Пакина Е. Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Игнатов А. Н., доктор биологических наук, профессор

^{1,3}Зеленов А. В., доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, профессор

¹ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

г. Москва, Российская Федерация

²АО ШЕТЕЛИГ РУС

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

г. Москва, Российская Федерация

Введение. Заболевание «бешеные корни» («crazy roots») или «бородатость корней» привлекает особое внимание в контексте его воздействия на овощные и декоративные культуры, выращиваемые в защищенном грунте. Исследования в области таксономии, геномного разнообразия и биологических особенностей возбудителей болезни из рода *Agrobacterium* открывают новые перспективы как для борьбы с патогеном, так и для использования этих бактерий в генной инженерии растений. В данном обзоре рассматриваются основные этапы изучения заболевания, включая его историю, механизм инфицирования, таксономические изменения патогена, современные методы борьбы с ним, а также перспективы использования в селекционном процессе. **Материалы и методы.** Обзор основан на анализе научной литературы, а также на базах таксономической классификации. Для систематизации информации о геномном разнообразии бактерий применялись методы сравнительного анализа, включая оценку филогенетических деревьев и описание плазмидных профилей. **Результаты и обсуждение.** Заболевание «crazy roots», вызванное ризогенными штаммами *Agrobacterium*, представляет собой сложную проблему, влияющую на продуктивность и экономическую устойчивость сельскохозяйственного производства. Интеграция биологических, химических и агротехнических методов показывает свою эффективность, особенно в сочетании с новыми данными о генетической структуре и механизмах адаптации патогена. Кроме того, применение агробактерий в генной инженерии растений иллюстрирует их потенциал как инструмента для создания устойчивых к стрессам и болезням культур.

Ключевые слова: агробактерии, «бешеные корни», плазмиды, генная инженерия, таксономия.

Цитирование. Гайсина Э. М., Ахатов А. К., Пакина Е. Н., Игнатов А. Н., Зеленев А. В. Возбудители бородастости корней декоративных и овощных культур: краткий обзор. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 299-311. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-32.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного опыта. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Первые упоминания об образовании на растениях корончатых галлов (англ.: *crown galls*) – стеблевого рака, принадлежат итальянцу Марчелло Мальпиги, но только Фридиано Кавара в 1897 г. впервые связал образование опухолей на виноградной лозе с действием бактериального изолята. Э. Ф. Смит и С. О. Таунсенд в 1907 году подтвердили бактериальную природу сходной болезни маргаритки, выполнив для этого заболевания все постулаты Коха. Первоначально патоген был назван *Bacterium tumefaciens*, а современное название рода *Agrobacterium* было предложено Х. Дж. Конном в 1942 году. С течением времени систематика этого рода претерпела значительные изменения, включая предложения по переносу вида в род *Rhizobium*.

Возбудители заболевания – бактерии рода *Agrobacterium* (син. *Rhizobium radiobacter*), принадлежат к порядку *Rhizobiales*; семейству *Rhizobiaceae*; роду *Rhizobium*. Фитопатологи чаще используют название *Agrobacterium*, а микробиологи – *Rhizobium*, что является скорее данью традиции, чем правильной таксономической практикой. Всего в пределах рода *Agrobacterium* выделяют уже более 20 видов бактерий, специализирующихся, преимущественно, на растениях-хозяевах отдельных видов и родов, или определяемых по генетическому или геномному разнообразию.

Хотя еще в 1974 году было сделано предположение, что патоген использует перенос плазмиды для инфицирования растения-хозяина, понадобились десятилетия исследований, чтобы установить механизм переноса специфических *Ti/Ri* – плазмид из клетки патогена в клетку растения-хозяина, и также определить роль отдельных генов в патогенезе. Сейчас понятно, что сложность классификации этих бактерий рода *Agrobacterium* / *Rhizobium* вызвана частым переходом *Ti/Ri* плазмид между родственными альфа-протеобактериями. Штаммы родов *Ochrobactrum* и *Sinorhizobium* с *Ri*-плазмидой, перенесенной из вирулентного *Agrobacterium* sp., показали частоту заражения тест-растений сравнимую или превосходящую такую у исходного штамма фитопатогена.

Разновидность болезни – пролиферация корневой системы, была впервые обнаружена в середине 1920-х годов. Сравнение культуральных свойств ризогенных бактерий, *A. tumefaciens* и ряда клубеньковых бактерий бобовых культур выявило различия в подвижности, морфологии, поглощении красителей, редукции нитратов, серологических свойствах, росте на лакмусовом молоке, и особенно – на глицерофосфатной среде. В глицерофосфатной среде с маннитом в качестве источника углерода рост ризогенных штаммов был особенно обильным, с заметным коричневым ореолом вокруг штриха на агаре; рядом со штрихами был явно виден беловатый осадок (седиментация). Колонии штаммов ризогенных бактерий не адсорбировали краситель Конго красный (*Congo red*) в отличие от *A. tumefaciens*. Однако некоторые штаммы, вызывавшие пролиферацию корней, биохимически сходные *A. tumefaciens*, не росли на глицерофосфатной среде.

Традиционно, по биохимическим признакам *A. rhizogenes* относили к биовару 2 (bv1) в то время как штаммы *A. tumefaciens* – к биовару 1 (bv2). Биовары различают по росту на трех селективных средах (*Schroth's Medium*, *2E u RSM*), росту при 35 °C, на среде с 2 % хлорида натрия, синтезу 3-кеталактозы, оксидазы и по образованию кислоты из сахарозы и мелицитозы. Первые исследования подвергали сомнению, что штаммы *A. rhizogenes* отличаются от *A. tumefaciens*, поскольку оба типа симптомов воспроизводились одними и теми же изолятами, но, скорее всего, это было вызвано смешанными культурами двух бактерий одного рода. Считается, что в теплицах, на растениях огурца, зараженных ризогенными агробактериями, иногда появляются большие опухоли на стебле, тем не менее экспериментально этот факт проверен не был.

После экспериментов по выделению и инокуляции, результаты которой подтвердили дифференциацию симптомов *A. rhizogenes* и *A. tumefaciens*, вирулентность штаммов была подтверждена для парижской маргаритки (*Chrysanthemum frutescens*), фасоли, сахарной свеклы и седума (*Sedum spectabile*). Полевые наблюдения, подкрепленные серией экспе-

риментов, показали тесную связь поражения ризогенными бактериями с насекомыми. Гистологические исследования показали, что *A. rhizogenes* находятся в межклеточной жидкости паренхимы корней, на поверхности корневых волосков, и в ризосфере вокруг корней.

Искусственное заражение показало, что возбудитель бородатости корней может поражать не менее 18 % растений среди 30 родов и 15 семейств двудольных. Большая их часть принадлежит таксонам *Asteridae* (Сложноцветные) и *Rosidae* (Розоцветные), характеризующихся специфическим составом фенольных веществ. При этом патоген не поражал однодольные культуры.

Заболевание овощных культур, вызываемое ризогенными штаммами *Agrobacterium* bv1, со сходными симптомами, впервые проявилось в промышленных масштабах, в 1970-х годах в Великобритании. На культурах огурца (*Cucumis sativus*), выращиваемых в почвенных и соломенных субстратах, наблюдалось образование плотного мата из корней на поверхности, а также утолщение отдельных корней. Однако к концу 1970-х годов заболевание неожиданно исчезло, что остается предметом для дискуссий. Заболевание вновь проявилось в 1993 году на гидропонной культуре огурца и получило название «бешенные корни – crazy roots» или «корневой мат – root mat». Этот неожиданный возврат болезни привлек внимание ученых, поскольку совпал с началом активных исследований возможности использования штаммов *Agrobacterium* bv1, выделенных в 1970-е годы в Великобритании, в качестве инструмента генетической трансформации растений. Ризогенные штаммы *Agrobacterium* bv1, аналогичные коллекционным культурам, были выделены как из почвы, так и из субстратов гидропонных культур [1]. В этот период заболевание стало причиной значительных экономических потерь среди производителей огурцов в Великобритании. С тех пор случаи заражения регистрировались в таких странах, как Россия, Япония, Франция, Бельгия, Польша и Нидерланды. Исследования многих авторов подтвердили, что причиной заболевания являлись штаммы *Agrobacterium* bv1, с Ri-плазмидой, идентичной штаммам, обнаруженным впервые в Великобритании в 1970-е [2]. Заболевание наблюдалось как на тепличных культурах огурца и томата, так и на других растениях, выращиваемых в гидропонной культуре. В дальнейшем поражение растений было отмечено и в открытом грунте, на молодых растениях яблони, физалиса, моркови, подсолнечника и огурца [3].

Из-за отсутствия информации о генетических особенностях природных штаммов *A. rhizogenes*, выделенных в России до 2014 г., мы не можем сравнить отличие ризогенных штаммов, которые вызывали ранее и вызывают теперь бородатость корней на культурных растениях. Большинство работ в СССР и РФ выполнялись с коллекционными штаммами, включая А4, выделенный в Калифорнии в 1970-х годах. Было отмечено, что на ряде растений, например каланхое, эти штаммы вызывали опухоли, а не пролиферацию корней.

С 2014 г. «бешеные корни» в защищенном грунте приобрели характер эпифитотии, распространяясь в 70 % современных теплиц в РФ. Экономические потери связаны как с уменьшением урожайности, так и с повышенными затратами на санитарные мероприятия. Пораженные растения имеют плоды с дефектами, что снижает их товарную ценность. В России наиболее восприимчивыми оказались тепличные хозяйства Центрального и Южного Федеральных округов, где изоляты *Agrobacterium* демонстрировали высокую вирулентность и устойчивость к традиционным методам борьбы и антибактериальным агентам, включая антибиотики. В результате заболевание стало одной из серьезных проблем овощеводства в тепличных хозяйствах [4].

Материалы и методы. Обзор основан на анализе научной литературы, а также на базах таксономической классификации. Для систематизации информации о геномном разнообразии бактерий применялись методы сравнительного анализа, включая оценку филогенетических деревьев и описание плазмидных профилей.

Результаты и обсуждение. Таксономия патогена в свете разнообразия плазмид. Таксономия рода *Agrobacterium* на протяжении десятилетий была предметом активного изучения, особенно в свете накопления геномных данных и их корреляции с физиологическими особенностями [5].

Исторически, агробактерии подразделялись по биохимическим признакам на три основных биовара: bv1 (*A. tumefaciens*), bv2 (*A. rhizogenes*), bv3 (*A. vitis*), которые, как позже выяснилось, внутри себя тоже варьируют существенно как по генетическим, так и по фенотипическим признакам. С появлением более точных методов анализа генетических и геномных данных (рисунок 1) выяснилось, что классическая классификация нуждается в серьезной переоценке [5].

На основе сравнения генетического разнообразия биовар 1 был разделен на несколько геномов, таких как G1, G4 и G8 (таблица 1). Например, геном G4 соответствует *A. radiobacter*, в то время как геном G8, включающий типовой штамм вида C58, получил название *A. fabrum* [6, 7]. Геном G8 обладает способностью к эндофитному росту внутри растения благодаря специфическим генам, отсутствующим у других геномов. Геном G3 включает штаммы, изолированные из совершенно разных мест обитания, таких как почва глубоких пещер и микробиота корней *Arabidopsis thaliana*. В настоящее время часть прежних геномов получила статус отдельных видов, были также описаны новые геномы, показанные на рисунке 1.

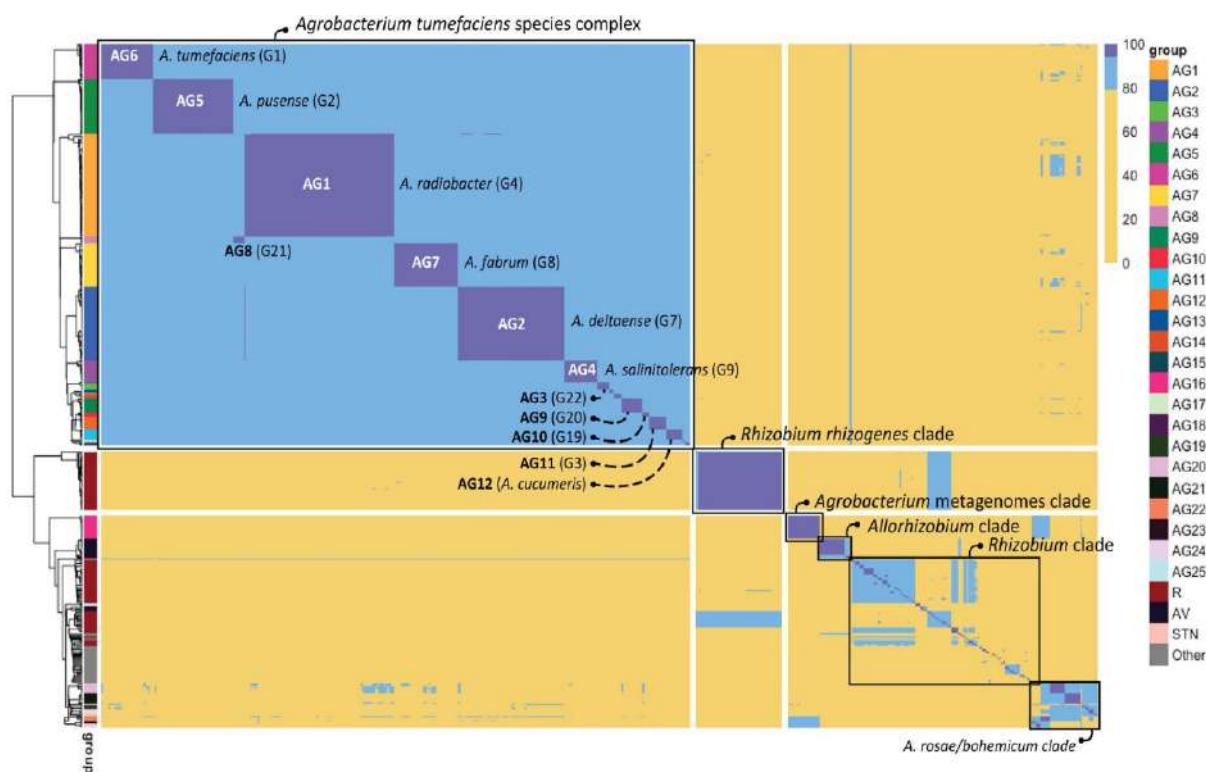


Рисунок 1 – Тепловая карта средней нуклеотидной идентичности, полученная при помощи попарного использования BLAST (ANiB)

Figure 1 – Heat map of average nucleotide identity obtained using pairwise BLAST (ANiB)

Тем не менее путаница в таксономической номенклатуре оставалась значительной, особенно из-за использования фенотипов, обусловленных плазмидами, для определения видовой принадлежности. Современные исследования, в частности работы Александры Вейсберг, показали, что плазмиды агробактерий играют ключевую роль в адаптации к различным экологическим нишам [8]. Например, штаммы BV2, ранее классифицировавшиеся как *Agrobacterium radiobacter*, теперь относятся к *Rhizobium rhizogenes*. Важной особенностью этого биовара является наличие плазмид, определяющих вирулентность и экологические стратегии, такие как патогенность или симбиотические взаимодействия.

Значения ANIb показаны для геномов 412 штаммов *Agrobacterium*, 8 *Allorhizobium*, и 159 штаммов *Rhizobium*. 25 геномных групп ANIb (AG1-25) выделены для рода *Agrobacterium* [5].

Важным этапом в изучение агробактерий стало выявление возбудителей заболевания «crazy roots» у огурца в гидропонной культуре в Польше [8]. Авторы исследования идентифицировали штаммы, несущие высоко консервативные комбинации генов вирулентности и адаптации, которые были получены при горизонтальном переносе Ri-плазмиды кукумопинового типа. На основе многочисленных сообщений о возбудителе пролиферации корневой системы в разных странах, можно достоверно утверждать, что все они несут Ri-плазмиды. Генетический анализ помещал их в различные геномывиды bv1 рода *Agrobacterium*, в основном G1, G3, G7, G8 и G9.

Таблица 1 – Фитопатогенные «старые» и «новые» виды клады *Rhizobium-Allorhizobium-Agrobacterium* (*Agrobacterium vitis* = *Allorhizobium vitis*) и встречаемость у них Ri плазмиды кукумопинового типа, ассоциированной с симптомами пролиферации корней у растений защищенного грунта
Table 1 – Phytopathogenic «old» and «new» species of the *Rhizobium-Allorhizobium-Agrobacterium* clade (*Agrobacterium vitis* = *Allorhizobium vitis*) and the occurrence of the cucumopine-type Ri plasmid associated with root proliferation symptoms in protected ground plants

№	Вид по NCBI* / NCBI View*	Вид по LPSN** / LPSN view**	Ri+ ***
1	<i>Agrobacterium agile</i>	<i>A. agile</i> Ahrens 1968	
2	<i>A. albertimagni</i>	<i>A. albertimagni</i> Salmassi et al. 2002	
3	<i>A. arsenijevicii</i>	<i>A. arsenijevicii</i> Kuzmanović et al. 2019	
4	<i>A. aurantiacum</i>	<i>A. aurantiacum</i>	
5	<i>A. bohemicum</i>	<i>A. bohemicum</i> Zahradnik et al. 2018	
6	<i>A. cavarae</i> Flores-Felix et al. 2020	-	
7	<i>A. cucumeris</i> Warabieda et al. 2023	-	+
8	<i>A. deltaense</i> Yan et al. 2017	<i>A. deltaense</i> (genomosp. 7)	+
9	<i>A. divergens</i> Naranjo et al. 2023	-	
10	<i>A. larrymoorei</i>	<i>A. larrymoorei</i> Bouzar and Jones 2001	
11	<i>A. leguminum</i> Castellano-Hinojosa et al. 2021	-	
12	<i>A. pusense</i> (Panday et al. 2011) Mousavi et al. 2016	-	
13	<i>Rhizobium rhizogenes</i>	<i>A. rhizogenes</i> (<i>Agrobacterium</i> bv2)	+
14	<i>A. rosae</i>	<i>A. rosae</i> Kuzmanović et al. 2019	
15	<i>A. rubi</i> (Hildebrand 1940) Starr and Weiss 1943	<i>A. rubi</i> (genomosp. 11)	
16	<i>A. salinitolerans</i> Yan et al. 2017	<i>A. salinitolerans</i> (genomosp. 9)	+
17	<i>A. tumefaciens</i> complex	<i>A. tumefaciens</i> complex	
17.1	<i>A. burrii</i> Mafakheri et al. 2022	<i>A. tumefaciens</i> (genomosp. 19)	
17.2	<i>A. fabrum</i> Lassalle et al. 2011	<i>A. tumefaciens</i> (genomosp. 8)	+
17.3	<i>A. genomosp. 13</i>	-	
17.4	<i>A. genomosp. 2</i>	-	
17.5	<i>A. genomosp. 5</i>	-	
17.6	<i>A. genomosp. 6</i>	-	
17.7	<i>A. radiobacter</i>	<i>Rhizobium radiobacter</i> (Beijerinck and van Delden 1902) Conn 1942	
17.8	<i>A. shirazense</i> Mafakheri et al. 2022	<i>A. tumefaciens</i> (genomosp. 20)	+
17.9	<i>Agrobacterium tomkonis</i> Singh et al. 2022	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> (genomosp. 3)	+
17.10	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	<i>Agrobacterium</i> bv 1	
17.11	<i>Agrobacterium fabacearum</i> Delamuta et al 2020	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> (genomosp. 1)	+
18	<i>A. vaccinii</i> Puławska et al. 2022	-	
19	<i>A. viscosum</i>	<i>A. viscosum</i>	
20	<i>A. vitis</i> = <i>Allorhizobium vitis</i> (Ophel and Kerr 1990) Mousavi et al. 2016***	<i>A. vitis</i>	+

*Schoch CL, et al. NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. Database (Oxford). 2020: baaa062;

**List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature

***Включая *Agrobacterium vitis* pv. *musae* и *Agrobacterium vitis* pv. *vitis*.

***Including *Agrobacterium vitis* pv. *musae* and *Agrobacterium vitis* pv. *vitis*.

Кроме этого, некоторые штаммы возбудителя идентифицировали как *Rhizobium rhizogenes* (*Agrobacterium* biovar 2) и *Allorhizobium vitis* (*Agrobacterium vitis* или *Agrobacterium* biovar 3). Согласно данным, [9], *A. cucumeris* (патоген тепличных растений из Польши) формирует сестринскую кладу для *A. tomkonis*, выделенного на Международной космической станции [1], *A. burrii* и *A. shirazense*, выделенных из галл розы, причем последний вид включает штамм из огурца, выделенный в 1974 г. в Великобритании (рисунок 2) [9].

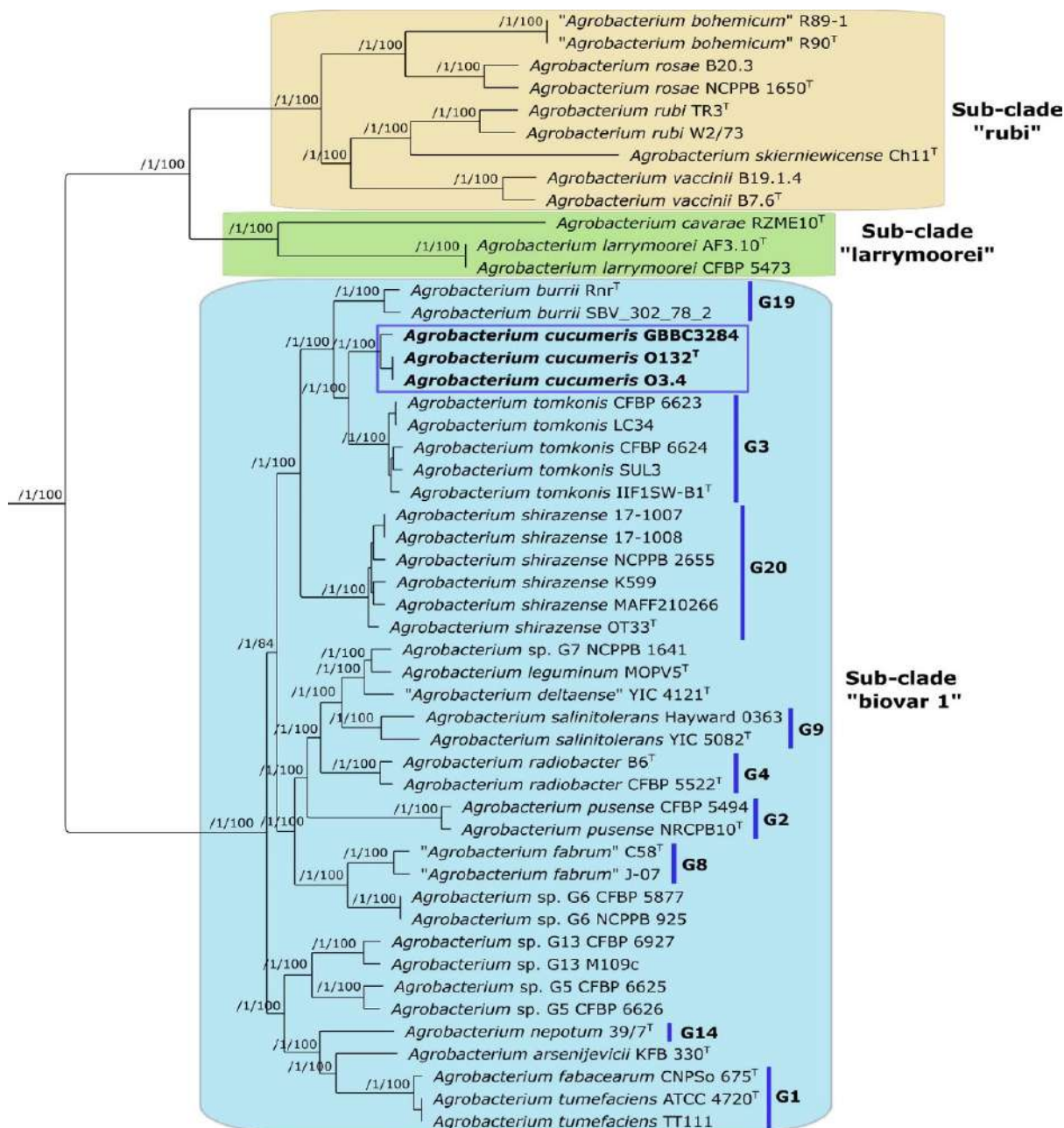


Рисунок 2 – Филогенетическое дерево видов рода *Agrobacterium*, построенное на основе сравнения генетических расстояний, определенных для 737 маркерных генов

Figure 2 – Phylogenetic tree of species of the genus *Agrobacterium*, constructed based on a comparison of genetic distances determined for 737 marker genes

Штаммы *A. cucumeris* (GBBC3284, O132^T и O34) (выделены и обведены) образуют сестринскую кладу с *A. tomkonis* (G3), *A. burrii* (G19) и *A. shirazense* (G20). Виды *Neorhizobium* использованы в качестве внешней группы [9].

Анализ генома типового для вновь определенного вида *A. cucumeris* штамма O132^T показал, что он имеет три плазмиды, средняя из которых была идентифицирована как Ri-плазмида *pRiO132* (202,3 тыс. п. о.), несущая гены, вызывающие пролиферацию корней растений. Плазмида *pRiO132* была почти идентична (одна нуклеотидная замена и одна 24-п.о. делеция в межгенном участке) плазмиде *pRi2659* (CP019703.3) из штамма *A. shirazense* K599 [9]. Обе плазмиды относятся к кукумопиновому типу Ri-плазмид, и интересно, что штамм, несущий *pRi2659* (K599=NCPPB 2659) был выделен из растений огурца (*Cucumis sativus*) во время первой документированной вспышки болезни в Великобритании в 1974.

Поэтому Warabieda с коллегами повторяют вывод Симона Веллера и других авторов [2] о горизонтальном переносе кукумопиновой Ri плазмиды между разными группами штаммов *Agrobacterium* как о главном механизме распространения и адаптации патогена к различным экологическим условиям и растениям – хозяевам во всем мире [10]. Уникальность такой консервативности ДНК кукумопиновой Ri плазмиды в течение почти 50 лет требует существования особого механизма селективного отбора или систематического обновления генотипа из консервативного источника. Симон Веллер ранее отмечал, что кукумопиновая Ri плазида обладает высокой устойчивостью в окружающей среде и выдерживает не только нагрев до 75 °C, но и воздействие различных химических дезинфектантов.

Сравнение кукумопиновой Ri плазмиды с другими показало, что многие ДНК регионы у нее и у микомпиновой Ri плазмиды pRi1724 были консервативными, но обе они значительно отличались от плазмиды pRi1855 агропинового типа, характерной для ранее изученных штаммов *Agrobacterium rhizogenes* [11].

Другие две плазмиды *A. cucumeris* (pO132a, 302 тыс. п. о. и pO132c, 7 тыс. п. о.) также имели отношение к высокой конкурентоспособности и устойчивости патогена. Мы провели предварительный анализ сходства плазмид *A. cucumeris* среди других агробактерий и ризобий, и нашли, что pO132a несла фрагменты, близкие к плазмидам *Shinella* sp., почвенного сапрофита с мощным механизмом биodeградации токсичных веществ, *A. vaccinii*, патогена голубики и *A. pusense*, фитопатогена и факультативного возбудителя сепсиса человека. Малая плазида *A. cucumeris* pO132c (CP080391) несла ген токсина Zot (*Zonula occludens toxin*), гомологичный *Pandoraea anapnoica* (сем. Burkholderiaceae) и многим энтеробактериальным патогенам человека, и гены белков секреторной системы 2 типа (type II secretion system protein GspD), гомологичные *A. leguminum*, и также важные для патогенеза [12].

Влияние патогена на растения. Заболевание, вызываемое ризогенными штаммами *Agrobacterium*, развивается в растении из-за переноса участка ДНК из бактериальной Ri-плазмиды (Т-ДНК) в ядро клетки хозяина. Там она интегрируется в геном растения, что приводит к развитию опухолеподобных образований или «crazy roots». Процесс переноса Т-ДНК контролируется двумя основными регионами плазмиды: участком Т-ДНК и вирулентным (vir) регионом. На начальной стадии инфицирования агробактерии внедряются в раневые участки растений, где происходит утечка из растения фенольных соединений, таких как ацетосиригон, которые индуцируют экспрессию генов вирулентности. Т-ДНК, связанная с белками VirD2 и VirE2, транспортируется в ядро растительной клетки, где происходит ее интеграция в хромосому хозяина. Этот процесс создает благоприятную питательную среду для бактерий, что обеспечивает их длительное существование в тканях хозяина [13].

Когда 350 последовательностей Т-ДНК из 400 штаммов агробактерий были сопоставлены, были обнаружены 92 уникальных варианта, разделенных по меньшей мере на три типа: I. Типичный для *Agrobacterium rhizogenes* Т-ДНК регион с генами rol. II. Т-ДНК регионы с генами iaa и ipt (с 7 полиморфными подгруппами). III. Небольшая группа уникальных Т-ДНК. Такие различия предполагают медленную эволюцию ключевых генов, сопровождающуюся быстрыми изменениями состава генов благодаря рекомбинациям Т-ДНК регионов разного происхождения и участия мобильных элементов [14].

Т-ДНК регион и белки вирулентности перемещаются в растительную клетку благодаря секреторной системе 4 типа (type IV secretion system). Белок VirD2, прикрепленный к 5' концу одноцепочечной молекулы ДНК, перемещает ее в цитоплазму клетки растения, а белок VirE2 помогает ей попасть в ядро. Группа бактерий, вызывающая пролиферацию корней тепличных растений, не имеет гена, кодирующего VirE2, вместо него, в плазмиде кукумопинового типа присутствуют гены GALLS, функциональные гомологи virE2.

Развитие пролиферации тканей растения связано с нарушением гормонального баланса в трансформированных клетках, в частности с повышением уровня ауксина и цитокининов. На ранних этапах инфицирования ауксин способствует синтезу этилена, который, как предполагалось, должен был бы активировать защитные механизмы растения. Однако этилен в данном случае снижает вирулентность агробактерий, выступая как регулятор баланса между развитием опухоли и восприимчивости культур. Важную роль играет также салициловая кислота, уровень которой возрастает на поздних стадиях инфицирования, однако ее сигнальные пути могут подавляться ауксином. Поэтому наблюдается сложная регуляция взаимодействия фитогормонов (ауксина, этилена и салициловой кислоты), что поз-

воляет агробактериям адаптироваться и стабильно существовать в тканях растения, предотвращая чрезмерное разрастание опухоли. Гамма-аминомасляная кислота (GABA) была определена как негативный фактор во взаимодействии агробактерий и растений. GABA поглощается агробактериями и инициирует деградацию сигнала кворум-сенсинг, что снижает горизонтальный перенос плазмид и вирулентность бактерий. В растениях GABA участвует в модуляции процессов клеточного роста и отвечает за адаптацию к абиотическим стрессам и атакам патогенов. Использование фермента GABA-трансаминазы (GabT), катализирующего деградацию GABA, способствует повышению частоты трансформации, как это было показано в экспериментальных условиях на томатах [15].

Естественная трансформация растений и использование агробактерий для селекции растений. Горизонтальный перенос генов из агробактерий в растения – широко распространенное явление. Анализ геномов растений показывает, что около 7 % изученных геномов (более 100 видов) двудольных растений являются естественными ГМО и в основном несут T-DNA плазмид кукумопинового ряда. Среди них много культурных растений, используемых человеком со времен античности. Включая *Averrhoa carambola* L.), *Diospyros kaki* Thunb., *Eutrema japonicum* (Miq.) Koidz., *Rubus idaeus* L., *Luffa acutangula* (L.) Roxb [16]. Очевидно, что успех естественной агробактериальной трансформации связан с фактом системного распространения патогена в ксилеме до генеративных органов и заражения семян [2]. Хорошо известно, что перенос гена *rolB*, одного из генов *rol*, обнаруженных в области T-ДНК плазмиды Ri, придает растению не только чувствительность к ауксинам, но и модифицирует синтез вторичных метаболитов и придает устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам, и улучшает фотосинтез. Некоторые из наблюдаемых эффектов позволяют предположить участие микроРНК и эпигенетический контроль, опосредованный геном *rolB*. Ambreetha и Balachandar отмечают, что использование ризобактерий и агробактерий может значительно улучшить устойчивость растений к стрессам и повысить урожайность. Применение этих микроорганизмов в сочетании с биотехнологическими методами открывает новые перспективы для создания культур с повышенной продуктивностью и устойчивостью к засухе и болезням [17].

С момента первого успешного переноса генов с помощью *A. rhizogenes* был достигнут значительный прогресс в разработке методов трансформации растений. Агробактерии стали универсальным вектором для введения генетического материала в клетки растений, что обеспечивает стабильную интеграцию трансгена и минимизирует риск возникновения мозаичных растений, характерных для методов прямой трансформации. Хотя традиционно считалось, что агробактерии инфицируют преимущественно двудольные растения, современные исследования и оптимизация методик трансформации позволили значительно расширить диапазон, включая злаковые культуры [18].

Использование *A. rhizogenes* для трансформации растений сопряжено с рядом сложностей, включая гетерозиготность семенного материала, деформация тканей и сложность культивирования *in vitro*. Тем не менее, недавние разработки, такие как использование срезов стебля и семян в качестве эксплантов, позволили преодолеть эти ограничения. Например, применение данной методики для *Citrus* spp. позволило создавать генетически идентичные химерные растения, пригодные для биологических исследований и селекции [19, 20].

Традиционные методы селекции требуют строгих стерильных условий и специализированных сред для культивирования тканей. Однако методики прямого инфицирования *A. rhizogenes*, такие как технология Collier, позволяют обойтись без сложных процедур стерилизации и снизить затраты на процессы селекции. Этот подход был успешно применен для получения химерных растений из широкого спектра древесных пород, таких как *Taxus baccata*, *Camellia sinensis*, и *Persea americana* [21].

Химерные растения, состоящие из трансформированных корней и нетрансформированных побегов, находят широкое применение в изучении биотического и абиотического стресса, а также в анализе взаимодействия подземных и надземных органов растений. Благодаря интеграции чужеродных генов в корневую систему становится возможным оценить влияние генетических модификаций на физиологию растений без необходимости трансформации всего организма [22].

Выбор штамма *A. rhizogenes* является ключевым этапом, определяющим успех трансформации. Например, гипервирулентные штаммы, такие как AGL0, демонстрируют высокую эффективность благодаря дополнительным копиям генов вирулентности. Кроме того, плотность бактериальной суспензии, время инокуляции и состав среды для совмест-

ного культивирования играют важную роль в увеличении числа трансформированных линий. Древесные растения зачастую демонстрируют низкую регенерационную способность из-за отсутствия доступного исходного материала. Например, у видов рода *Prunus* регенерация возможна преимущественно из семенных эксплантов. Для улучшения регенерации используются гены морфогенеза, такие как *Baby boom* и *Wuschel2*, которые успешно применялись в трансформации цитрусовых [23].

Для обеспечения стабильности результатов при селекции требуется использование значительного числа трансформированных линий. Однако разработка методов без использования селекционных маркеров (SMG), таких как гены устойчивости к антибиотикам, остается важной задачей в контексте биобезопасности [24].

Потенциальные методы борьбы с заболеванием. Борьба с агробактериальными инфекциями требует комплексного подхода, включающего химические, биологические и агротехнические меры. Биологические методы, включая использование антагонистических микроорганизмов и устойчивых органических субстратов, показывают высокую эффективность благодаря их устойчивости. В то же время агробактерии остаются незаменимым инструментом в области генетической инженерии растений. Интеграция методов борьбы с патогеном и его использования для селекции растений является ключом к устойчивому развитию сельского хозяйства [5].

Современные подходы к борьбе с агробактериями требуют комплексного подхода, включающего биологические, химические и агротехнические методы. Исследования показывают, что использование химических средств, направленных на снижение патогенности агробактерий, может быть эффективным для контроля заболевания на томатах. В экспериментальных условиях были протестированы различные дезинфицирующие средства, такие как соединения меди и пероксид водорода. Авторы отмечают, что эти соединения успешно снижают плотность популяции патогена при выращивании. Исследования также подчеркивают важность выбора подходящей концентрации препаратов для достижения максимальной эффективности и предотвращения резистентности у бактерий [25].

Важную роль в борьбе с заболеваниями, вызванными агробактериями, играют биологические методы. Исследования показали, что использование антагонистических микроорганизмов, таких как *Pseudomonas fluorescens* и *Bacillus subtilis*, может эффективно подавлять развитие агробактерий в условиях теплиц. Эти микроорганизмы конкурируют с агробактериями за ресурсы и субстрат, а также продуцируют антимикробные соединения, которые ингибируют рост патогена [26].

В научной работе показано, что применение ризобактерий, стимулирующих рост растений (*plant growth-promoting rhizobacteria*), может не только снижать патогенность агробактерий, но и улучшать архитектуру корневой системы растения-хозяина [27]. Это открывает новые возможности для интеграции методов биологической защиты с подходами, направленными на улучшение продуктивности культур. Исследования демонстрируют, что использование органических субстратов для выращивания томатов может существенно снизить вероятность заражения агробактериями. В работе указано, что субстраты на основе кокосового волокна и торфа не только обеспечивают благоприятную среду для роста растений, но и снижают выживаемость агробактерий по сравнению с традиционными субстратами. Авторы отмечают, что устойчивость к агробактериальной инфекции может быть дополнительно повышена за счет оптимизации водного и питательного режимов [28].

Многие авторы подчеркивают важность дезинфекции теплиц и инструмента, используемого при выращивании растений [29].

Заключение. Заболевание «crazy roots», вызванное ризогенными штаммами *Agrobacterium*, представляет собой сложную проблему, влияющую на продуктивность и экономическую устойчивость сельскохозяйственного производства. Интеграция биологических, химических и агротехнических методов показывает свою эффективность, особенно в сочетании с новыми данными о генетической структуре и механизмах адаптации патогена. Кроме того, применение агробактерий в генной инженерии растений иллюстрирует их потенциал как инструмента для создания устойчивых к стрессам и болезням культур.

Conclusions. «Crazy roots» disease, caused by rhizogenic strains of *Agrobacterium*, is a complex problem affecting the productivity and economic sustainability of agricultural production. The integration of biological, chemical and agronomic methods has proven effective, especially when combined with new data on the genetic structure and mechanisms of pathogen adaptation. In addition, the use of *Agrobacterium* in plant genetic engineering illustrates its potential as a tool for creating stress- and disease-resistant crops.

Библиографический список

1. Singh N. K., Lavire C., Nesme J. et al. Comparative genomics of novel *Agrobacterium* G3 strains isolated from the International Space Station and description of *Agrobacterium tomkonis* sp. nov. *Frontiers in Microbiology*. 2021. Vol. 12. Pp. 765943.
2. Лазарев А. М., Игнатов А. Н., Воронина М. В. Бактериальный рак плодовых, ягодных и декоративных культур, вызываемый *Agrobacterium* SPP. *Вестник защиты растений*. 2020. № 103 (2). С. 87-93.
3. Игнатов А. Н., Егорова М. С., Ходыкина М. В. Распространение бактериальных и фитоплазменных болезней растений в России. *Защита и карантин растений*. 2015. № 5. С. 6-10.
4. Бободжанова Х. И., Джураева М. М., Биркеланд Н. К. Биохимические свойства изолятов рода *Agrobacterium*, выделенных в Таджикистане. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2024. № 1. С. 46-50.
5. Vargas Ribera P. R., Kim N., Venbrux M., et al. Evaluation of sequence-based tools to gather more insight into the positioning of rhizogenic *agrobacteria* within the *Agrobacterium tumefaciens* species complex. *PLoS ONE*. 2024. Vol. 19. № 11. P. e0302954.
6. Lassalle F., Muller D., Nesme X. Ecological speciation in bacteria: reverse ecology approaches reveal the adaptive part of bacterial cladogenesis. *Research in Microbiology*. 2015. Vol. 166. № 10. Pp. 729-741.
7. Flores-Félix J. D., Menéndez E., A. Peix A. et al. History and current taxonomic status of genus *Agrobacterium*. *Systematic and Applied Microbiology*. 2020. Vol. 43. № 1. P. 126046.
8. Weisberg A.J., Wu Y., Chang J. H. et al. Virulence and Ecology of *Agrobacteria* in the Context of Evolutionary Genomics. *Annual Review of Phytopathology*. 2023. Vol. 61. Pp. 1-23.
9. Warabieda M., Kuzmanović N., Trzciński P. et al. *Agrobacterium cucumeris* sp. nov. isolated from crazy roots on cucumber (*Cucumis sativus*). *Systematic and Applied Microbiology*. 2023. Vol. 46. № 2. P. 126402.
10. Warabieda M., Mikiciński A., Oleszczak M. et al. Identification of the causal agents of crazy root disease on hydroponically cultivated cucumber plants in Poland. *European Journal of Plant Pathology*. 2021. Vol. 161. № 3. Pp. 543-552.
11. Шлеева М. О., Демина Г. Р., Капрельянц А. С. Биохимия реактивации покоящихся микобактерий. *Успехи биологической химии*. 2025. Т. 65. С. 281-310.
12. Aujoulat F., Marchandin H., Zorogniotti I. et al. *Rhizobium pusense* is the main human pathogen in the genus *Agrobacterium*. *Rhizobium. Clinical Microbiology and Infection*. 2015. Vol. 21. № 5. Pp. 472.e1-472.e5.
13. Hwan, H. H., Yu M., Lai E. M. *Agrobacterium*-mediated plant transformation: biology and applications. *Arabidopsis Book*. 2017. Vol. 15. P. e0186.
14. Otten L. T-DNA regions from 350 *Agrobacterium* genomes: maps and phylogeny. *Plant Molecular Biology*. 2021. Vol. 106. Pp. 239-258.
15. Nonaka S., Someya T., Kadota Y. et al. Super-*Agrobacterium* ver. 4: Improving the Transformation Frequencies and Genetic Engineering Possibilities for Crop Plants. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. P. 1204.
16. Shaposhnikov A. D., Matveeva T. V. New naturally transgenic crop. *Ecological Genetics*. 2023. Vol. 21. № S. P. 70.
17. Mauro M. L., Bettini P. P. *Agrobacterium rhizogenes* rolB oncogene: An intriguing player for many roles. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021. Vol. 165. Pp. 10-18.
18. Gelvin S. B. Plant DNA Repair and *Agrobacterium* T-DNA Integration. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. Vol. 22. № 16. P. 8458.
19. Калинина Н. В., Донцова В. Ю., Черткова Н. Г. и др. Получение растений-регенерантов межвидовых гибридов пшеницы с использованием незрелых зародышей в качестве эксплантов. *Зерновое хозяйство России*. 2023. Т. 15. № 6. С. 52-58.
20. Salonia F., Ciacciulli A., Poles L. et al. New Plant Breeding Techniques in Citrus for the Improvement of Important Agronomic Traits. *Front. Plant Sci*. 2020. № 11. P. 1234.
21. Ying W., Wen G., Xu W. et al. *Agrobacterium rhizogenes*: paving the road to research and breeding for woody plants. *Front. Plant Sci*. 2023. № 14. P. 1196561.
22. Чумикина Л. В., Арапова Л. И., Колпакова В. В. и др. Фитогормоны и абиотические стрессы (обзор). *Химия растительного сырья*. 2021. № 4. С. 5-30.
23. Lowe K., Wu E., Ning Wang N. et al. Morphogenic Regulators Baby boom and Wuschel Improve Monocot Transformation. *The Plant Cell*. 2016. № 28(9). P. 00124.
24. Новикова А. А., Богданова О. В. Возможности маркер-ориентированной селекции для создания сортов ячменя, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам (обзор). *Животноводство и кормопроизводство*. 2021. Т. 104. № 1. С. 138-148.
25. Budynkov N. I. The effectiveness of bactericides against diseases of the open field tomatoes. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2016. Vol. 56. № 8. Pp. 105-113.
26. Vargas P., Bosmans L., Van Kerckhove S. et al. Optimizing Biocontrol Activity of *Paenibacillus xylanexedens* for Management of Hairy Root Disease in Tomato Grown in Hydroponic Greenhouses. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. № 5. Pp. 817.
27. Aloo B., Tripathi V., Tripathi V. et al. Plant growth-promoting rhizobacterial biofertilizers for crop production: The past, present, and future. *Frontiers in Plant Science*. 2022. № 13. P. 1002448.
28. Moelants J., Similon L., Bosmans L. Sustainable organic growing media in a commercial tomato growing system. *Acta Horticulturae*. 2021. Vol. 1317. Pp. 303-312.
29. Пуць Н. М., Снежков Н. А. Инновационные агроприемы выращивания томата в зимних теплицах. *Известия Санкт-Петербургского ГАУ*. 2021. №1 (62). С. 36-42.

References

1. Singh N. K., Lavire C., Nesme J. et al. Comparative genomics of novel *Agrobacterium* G3 strains isolated from the International Space Station and description of *Agrobacterium tomkonis* sp. nov. *Frontiers in Microbiology*. 2021. Vol. 12. Pp. 765943.
2. Lazarev A. M., Ignatov A. N., Voronina M. V. Bacterial cancer of fruit, berry and ornamental crops caused by *Agrobacterium* SPP. *Plant Protection Bulletin*. 2020. №. 103 (2). Pp. 87-93.

3. Ignatov A. N., Egorova M. S., Khodykina M. V. Spread of bacterial and phytoplasma plant diseases in Russia. *Plant protection and quarantine*. 2015. № 5. Pp. 6-10.
4. Bobodzhanova H. I., Juraeva M. M., Birkeland N. K. Biochemical properties of isolates of the genus *Agrobacterium* isolated in Tajikistan. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2024. № 1. Pp. 46-50.
5. Vargas Ribera P. R., Kim N., Venbrux M. et al. Evaluation of sequence-based tools to gather more insight into the positioning of rhizogenic *Agrobacterium* within the *Agrobacterium tumefaciens* species complex. *PLoS ONE*. 2024. Vol. 19. № 11. P. e0302954.
6. Lassalle F., Muller D., Nesme X. Ecological speciation in bacteria: reverse ecology approaches reveal the adaptive part of bacterial cladogenesis. *Research in Microbiology*. 2015. Vol. 166. № 10. Pp. 729-741.
7. Flores-Félix J. D., Menéndez E., A. Peix A. et al. History and current taxonomic status of genus *Agrobacterium*. *Systematic and Applied Microbiology*. 2020. Vol. 43. № 1. P. 126046.
8. Weisberg A.J., Wu Y., Chang J. H. et al. Virulence and Ecology of *Agrobacteria* in the Context of Evolutionary Genomics. *Annual Review of Phytopathology*. 2023. Vol. 61. Pp. 1-23.
9. Warabieda M., Kuzmanović N., Trzciński P. et al. *Agrobacterium cucumeris* sp. nov. isolated from crazy roots on cucumber (*Cucumis sativus*). *Systematic and Applied Microbiology*. 2023. Vol. 46. № 2. P. 126402.
10. Warabieda M., Mikiciński A., Oleszczak M. et al. Identification of the causal agents of crazy root disease on hydroponically cultivated cucumber plants in Poland. *European Journal of Plant Pathology*. 2021. Vol. 161. № 3. Pp. 543-552.
11. Shleeva M. O., Demina G. R., Kaprelyants A. S. Biochemistry of reactivation of dormant mycobacteria. *Advances in Biological Chemistry*. 2025. Vol. 65. Pp. 281-310.
12. Aujoulat F., Marchandin H., Zorogniotti I. et al. *Rhizobium pusense* is the main human pathogen in the genus *Agrobacterium*. *Rhizobium. Clinical Microbiology and Infection*. 2015. Vol. 21. № 5. Pp. 472.e1-472.e5.
13. Hwan, H. H., Yu M., Lai E. M. *Agrobacterium*-mediated plant transformation: biology and applications. *Arabidopsis Book*. 2017. Vol. 15. P. e0186.
14. Otten L. T-DNA regions from 350 *Agrobacterium* genomes: maps and phylogeny. *Plant Molecular Biology*. 2021. Vol. 106. Pp. 239-258.
15. Nonaka S., Someya T., Kadota Y. et al. Super-*Agrobacterium* ver. 4: Improving the Transformation Frequencies and Genetic Engineering Possibilities for Crop Plants. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. P. 1204.
16. Shaposhnikov A. D., Matveeva T. V. New naturally transgenic crop. *Ecological Genetics*. 2023. Vol. 21. № S. Pp. 70.
17. Mauro M. L., Bettini P. P. *Agrobacterium rhizogenes* rolB oncogene: An intriguing player for many roles. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021. Vol. 165. Pp. 10-18.
18. Gelvin S. B. Plant DNA Repair and *Agrobacterium* T-DNA Integration. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. Vol. 22. № 16. Pp. 8458.
19. Kalinina N. V., Dontsova V. Yu., Chertkova N. G. et al. Obtaining regenerated plants of interspecific wheat hybrids using immature embryos as explants. *Grain Economy of Russia*. 2023. Vol. 15. № 6. Pp. 52-58.
20. Salonia F., Ciacciulli A., Poles L. et al. New Plant Breeding Techniques in Citrus for the Improvement of Important Agronomic Traits. *Front. Plant Sci.* 2020. № 11. P. 1234.
21. Ying W., Wen G., Xu W. et al. *Agrobacterium rhizogenes*: paving the road to research and breeding for woody plants. *Front. Plant Sci.* 2023. № 14. P. 1196561.
22. Chumikina L. V., Arabova L. I., Kolpakova V. V. et al. Phytohormones and abiotic stresses (Review). *Chemistry of plant raw materials*. 2021. № 4. Pp. 5-30.
23. Lowe K., Wu E., Ning Wang N. et al. Morphogenic Regulators Baby boom and Wuschel Improve Monocot Transformation. *The Plant Cell*. 2016. № 28 (9). P. 00124.
24. Novikova A. A., Bogdanova O. V. Potential of marker-assisted selection for creating barley varieties resistant to biotic and abiotic factors (review). *Livestock and forage production*. 2021. Vol. 104. № 1. Pp. 138-148.
25. Budynkov N. I. The effectiveness of bactericides against diseases of the open field tomatoes. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2016. Vol. 56. № 8. Pp. 105-113.
26. Vargas P., Bosmans L., Van Kerckhove S. et al. Optimizing Biocontrol Activity of *Paenibacillus xylanexedens* for Management of Hairy Root Disease in Tomato Grown in Hydroponic Greenhouses. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. № 5. P. 817.
27. Aloo B., Tripathi V., Tripathi V. et al. Plant growth-promoting rhizobacterial biofertilizers for crop production: The past, present, and future. *Frontiers in Plant Science*. 2022. № 13. P. 1002448.
28. Moelants J., Similon L., Bosmans L. Sustainable organic growing media in a commercial tomato growing system. *Acta Horticulturae*. 2021. Vol. 1317. Pp. 303-312.
29. Puts N. M., Snezhkov N. A. Innovative agricultural techniques for growing tomatoes in winter greenhouses. *News of the St. Petersburg State Agrarian University*. 2021. № 1 (62). Pp. 36-42.

Информация об авторах

Гайсина Эльвира Марсовна, магистрант, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8/2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5433-4928>, e-mail: gaysina-em@rudn.ru

Ахатов Аскар Камбарович, ведущий специалист, АО ШЕТЕЛИГ РУС (Российская Федерация, 196246, г. Санкт-Петербург, Пулковское шоссе, 30, к. 4, литера а, офис 302), e-mail: a_ahatov@schetelig.ru

Пакина Елена Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор агробиотехнологического департамента аграрно-технологического института, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8/2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1647-9138>, e-mail: pakina_en@pfur.ru

Игнатов Александр Николаевич, доктор биологических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», (Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8/2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2948-753X>, e-mail: ignatov-an@rudn.ru

Зеленев Александр Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», (Российская Федерация, 143026, г. Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково); профессор, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8/2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: zelenev.a@bk.ru

Authors' Information

Gaisina Elvira Marsova, master degree student, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, (Russian Federation, 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya str., 8/2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5433-4928>, e-mail: gaysina-em@rudn.ru

Ахатов Аскар Камбарович, expert on SHETELIG RUS JSC (Russian Federation, 196246, Saint Petersburg, Pulkovskoe shosse, bldg. 30, k. 4, litera a, office 302), e-mail: a_akhatov@schetelig.ru

Pakina Elena Nikolaevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of the Agrobiotechnology Department of the Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, (Russian Federation, 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya str., 8/2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1647-9138>, e-mail: pakina_en@pfur.ru

Ignatov Aleksander Nikolaevich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, (Russian Federation, 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya str., 8/2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2948-753X>, e-mail: ignatov-an@rudn.ru

Zelenev Aleksander Vasilievich, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoi Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center); Professor, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, (Russian Federation, 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya str., 8/2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: zelenev.a@bk.ru

**ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ /
ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE**

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-33

**PROSPECTS FOR THE CREATION OF THE MEAT AND WOOL SHEEP BREEDING FACILITY
IN THE ROSTOV REGION**^{1,2}Gorlov I. F., ^{1,2}Slozhenkina M. I., ³Kolosov Yu. A., ⁴Aboneev V. V., ⁴Kulikova A. J.,
⁵Ligus V. N., ⁵Filippov R. A.¹Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production
Volgograd, Russian Federation²Volgograd State Technical University
Volgograd, Russian Federation³Don State Agrarian University

Rostov Region, Russian Federation

⁴Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine
Krasnodar, Russian Federation⁵IP "Ligus V. N"

Radionovo-Nesvetaysky District, Rostov Region, Russian Federation

Corresponding author: E-mail: niimmp@mail.ru

Received 24.03.2025

Submitted 23.05.2025

The work was carried out according to State Order No. 125020701763-0.**Abstract**

Introduction. Sheep meat farming has become a global industry trend with the intensive development of the chemical industry and biotechnology. The creation of a Russian base of genetic resources for this area is intended to provide a material base for solving acute problems of domestic sheep breeding. **Object.** A flock of texel sheep is being created, formed from imported animals of English and Dutch breeding. **Materials and methods.** The purpose of the work being carried out is to create a breeding ground for breeding resources of sheep of the meat-woolen type of productivity of the texel breed. Scientific studies were conducted to assess the condition of the herd at the beginning of 2025. In the course of research, the experience of using sheep of this breed in the Russian Federation has been studied. The number of sex and age groups of sheep at the end of 2024 was estimated; the results of shearing in 2024 and the results of accounting for the growth of lambs were evaluated; Some characteristics of the reproductive qualities of ewes have been studied. **Results and conclusions.** The assessment of the productivity of full-aged sheep allowed us to establish the advantage of English-bred animals in terms of live weight – by 12.9, in terms of physical shearing of wool – by 30 and in terms of length of wool on the side – by 16.9 %. The yield of lambs in the group of Dutch-bred ewes when inseminated with sperm from Dutch-bred sheep was 120 %. When crossing, the yield of lambs of English-Dutch breeding was 17.5 % higher and amounted to 137.5 %. The live weight of the Dutch-bred sheep and young sheep did not differ at birth. In the group of lambs of Dutch-English breeding, the differences in live weight between lambs and young sheep amounted to 11 % in favor of lambs. In the group of Dutch-bred animals, at the age of 90 days, the sheep reached an average live weight of 29 kg and slightly outperformed the eggs with the same genotype, which at the time of weighing had a live weight of 28.8 kg on average. At this age, Dutch-bred sheep outperformed their peers with a mixed genotype by 3.7 %, and the eggs by 12.1 %. It is concluded that it is advisable to continue working with descendants in two directions: the creation of lines with increased fertility and lines of precocious animals.

Keywords: meat-wool sheep, sheep breeds, English sheep selection, Dutch sheep selection, sheep growth, sheep fertility.

Citation. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Kolosov Yu. A., Aboneev V. V., Kulikova A. J., Ligus V. N., Filippov R. A. Prospects for the creation of the meat and wool sheep breeding facility in the Rostov region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 312-322 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-33.

Author's contribution. All authors took part in the preparation and conduct of the study and analysis of its results. The presented version of the article was agreed with all authors.

Conflict of interest. All authors declared no conflicts of interest.

УДК 636.3/083

**ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ СУБЪЕКТА ПЛЕМЕННОГО МЯСОШЕРСТНОГО
ОВЦЕВОДСТВА В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

- ^{1,2}Горлов И. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН
^{1,2}Сложенкина М. И., доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН
³Колосов Ю. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
⁴Абонеев В. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН
⁴Куликова А. Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
⁵Лигус В. Н., предприниматель
⁵Филиппов Р. А., предприниматель

¹Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции
г. Волгоград, Российская Федерация

²Волгоградский государственный технический университет

г. Волгоград, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет
Ростовская область, Российская Федерация

⁴ФГБНУ Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии
г. Краснодар, Российская Федерация

⁵ИП «Лигус В. Н.»

Радионово-Несветайский район, Ростовская область, Российская Федерация

Работа выполнена по Государственному заданию № 125020701763-0.

Актуальность. Мясное овцеводство стало общемировым трендом отрасли по мере интенсивного развития химической промышленности и биотехнологии. Создание российской базы генетических ресурсов для этого направления призвано обеспечить материальную базу для решения острых проблем отечественного овцеводства. **Объект.** Стадо овец породы тексель, формируемое из импортных животных английской и голландской селекции. **Материалы и методы.** Цель проводимой работы состоит в создании рассадника племенных ресурсов овец мясошерстного направления продуктивности породы тексель. Научные исследования были проведены для оценки состояния стада на начало 2025 года. В ходе исследований изучен опыт использования овец данной породы в Российской Федерации. Проведена оценка численности половозрастных групп овец в создаваемом стаде на конец 2024 года; оценены результаты стрижки 2024 года и результаты учета роста ягнят; изучены некоторые характеристики воспроизводительных качеств овцематок. При выполнении исследований использованы традиционные для зоотехнии методы исследований. **Результаты и выводы.** Оценка продуктивности полновозрастных овец позволила установить преимущество животных английской селекции по живой массе – на 12,9, по физическому настригу шерсти – на 30 и по длине шерсти на боку – на 16,9 %. Выход ягнят по группе овцематок голландской селекции при осеменении спермой баранов голландской селекции был равен 120 %. При скрещивании выход ягнят английско-голландской селекции был выше на 17,5 % и составил 137,5 %.

Живая масса баранчиков и ярок голландской селекции при рождении не отличалась. В группе ягнят голландско-английской селекции различия в живой массе между баранчиками и ярочками составили 11 % в пользу баранчиков.

В группе животных голландской селекции в 90-дневном возрасте баранчики достигли средней живой массы 29 кг и незначительно превосходили ярочек с таким же генотипом, которые на момент взвешивания имели живую массу в среднем 28,8 кг. В этом возрасте баранчики голландской селекции превосходили сверстников со смешанным генотипом на 3,7 %, ярочки – на 12,1 %. Сделано заключение о целесообразности продолжать селекционную работу с потомками по двум направлениям: создание линии с повышенным многоплодием и линии скороспелых животных.

Ключевые слова: мясошерстные овцы, породы овец, английская селекция овец, голландская селекция овец, рост овец, плодовитость овец.

Цитирование. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Колосов Ю. А., Абонеев В. В., Куликова А. Я., Лигус В. Н., Филиппов Р. А. Перспективы создания субъекта племенного мясошерстного овцеводства в Ростовской области. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 312-322. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-33.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного научного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последние семь лет численность овец в Российской Федерации постоянно сокращается. Причин такой отрицательной динамики несколько. Их анализ не является предметом наших исследований, однако можно отметить, что этот факт не в последнюю

очередь связан со структурой породного состава овцеводства нашего государства, которая сложилась ещё в XX веке. Являясь страной северной, Россия имела достаточно большое поголовье овец, которое предназначено для обеспечения населения теплой одеждой. В советский период нашей истории акцент в отрасли был сделан на тонкорунное овцеводство и производство мериносовой шерсти. Основываясь на запросах экономики народного хозяйства, в нашей стране был создан массив необходимых пород. Следует также отметить, что сформированный в тот период научный и производственный кадровый потенциал и в настоящее время оказывает существенное влияние на отношение хозяйствующих субъектов к отрасли. Вместе с тем приход в сельское хозяйство нашей страны крупных бизнес-игроков, изменение экономических акцентов, новые тренды мирового рынка создали иные перспективы в развитии отрасли. Поэтому на текущем этапе развития рыночных отношений в экономике интенсификацию овцеводства в значительной степени, связывают с увеличением объёмов производства баранины. Для реализации такого подхода необходим генетический материал, который ускорит процесс перехода к интенсивным формам производства этого вида продукции. Очевидно, что таким потенциалом обладают как наши отечественные, так и иностранные породы овец. Политическая ситуация в мире не способствует импорту в нашу страну по традиционным каналам необходимого генетического материала для указанной выше цели. Но даже положительные для нашей страны изменения в мировом сообществе не должны стать очередным капканом в вопросе самообеспечения генетическими ресурсами овцеводства. В стране уже имеется разнообразный набор отечественных и иностранных пород, который представляет безусловный интерес и потенциально обладает возможностью стать полезным для отрасли. Поэтому следует продумать стратегию этого вопроса и реализовать те возможности, которые реально имеются в настоящее время в нашей стране [5-7].

В Ростовской области, на фоне создания овцеводческого кластера ГАП «Ресурс», а также более мелких хозяйствующих субъектов, получают распространение такие породы с высоким потенциалом мясной продуктивности, как волгоградская, мериноландшафт (вюртембергская), южная мясная, восточно-фризская, эльбаевская, гиссарская и др. Наряду с ними, в Радионово-Несветайском районе, в ИП Лигус В. Н. культивируют достаточно известную полутонкорунную породу тексель. Её использование в системах разведения овец в Российской Федерации продемонстрировало высокий потенциал перспективы. Поэтому расширение численности этой породы в Российской Федерации с целью увеличения производства баранины при эффективных вариантах скрещивания и создание племенного репродуктора данной породы, является актуальным и имеет безусловный практический интерес. **Целью наших исследований** стало изучение истории формирования этой популяции животных, их адаптационные и продуктивные качества на текущем этапе разведения в Ростовской области. Для реализации указанной цели на первом этапе исследований были решены следующие **задачи**. Изучен опыт использования овец данной породы в Российской Федерации. Проведена оценка численности половозрастных групп овец на конец 2024 года; оценены результаты стрижки 2024 года и результаты учета роста ягнят; изучены некоторые характеристики воспроизводительных качеств овцематок. Осуществлен мониторинг условий кормления и содержания животных. Подготовлены некоторые рекомендации по стратегии достижения цели, указанной в теме публикации.

Научной новизной является использование животных английской селекции в сочетании с генофондом голландской селекции. Вариант объединения в потомстве указанных генотипов и его влияние на скорость роста молодняка, а также влияние сочетания на многоплодие, изучается в РФ впервые (информации нет в открытой печати).

Методика исследований. Проведен анализ данных о породе и её использовании в Российской Федерации. Для этого использованы материалы в открытой печати. Для характеристики стада по численности поголовья и основным показателям продуктивности использованы данные первичного хозяйственного учета в ИП Лигус. В период стрижки проведен индивидуальный учет настрига шерсти баранов-производителей и овцематок. Плодовитость маток определяли как отношение количества живых, мертворожденных, абортированных ягнят к количеству обьягнвившихся маток, выраженное в процентах (ГОСТ 25955-83). Сохранность молодняка к моменту отбивки в 4 месячном возрасте – процентным соотношением количества отнятых ягнят, к количеству живых ягнят при рождении. Для оценки роста ягнят были сформированы группы различных генотипов: английской селек-

ции, голландской селекции и помесные особи, получившие условное название голландской х английской селекции. Живую массу определяли путем индивидуального взвешивания животных при рождении, а также в 30, 60 и 90 дней, с точностью до 0,5 кг (ГОСТ 23676-79). По общепринятой методике (Е. Я. Борисенко, 1984), вычислили абсолютный, среднесуточный и относительный приросты живой массы: среднесуточный, как отношение разности между конечной и начальной массой животных за учитываемый период к продолжительности учитываемого периода в сутках. Абсолютный, как разность живой массы в начале и конце периода. Относительный прирост вычисляли по формуле С. Броди:

$$B = \frac{W_1 - W_0}{0,5(W_0 + W_1)} \times 100;$$

где В – относительный прирост живой массы, %; W_0 – начальная живая масса, кг; W_1 – живая масса в конце периода, кг.

Все экспериментальные данные, полученные в результате исследований были обработаны биометрически по методикам, предложенным Н. А. Плохинским и Е. К. Меркурьевой, с вычислением критериев достоверности разницы между средними показателями групп с использованием ПП «Microsoft Excel».

Результаты исследований. В Россию овец породы тексель завозили в 1996-1998 годах из Голландии, Финляндии и Австралии. С использованием текселей в РФ выведена ташлинская порода овец. Генетический ресурс этой породы реализовался также при выведении породы южная мясная. Динамика породы тексель в Российской Федерации за тридцатилетний период её эксплуатации хотя и была достаточно мобильной, однако ограничивалась узкими рамками. Поэтому представляет научный и практический интерес использование для повышения продуктивных качеств российских пород овец животных в типе породы тексель. Как указывалось ранее, при выведении южной мясной породы, материнской основой служили особи российских пород. Одним из регионов, в которых проводилась такая работа, стала Ростовская область. Бараны-производители породы тексель финской селекции были использованы А. П. Жилиным при научном сопровождении А. Н. Ульянова и А. Я. Куликовой для получения популяции в типе породы тексель на овцематках породы советский меринос. Как отмечено в публикациях этих авторов [2, 3, 8, 10], исследования были проведены в Зимовниковском районе в начале XXI века и имели очень хорошие результаты. По досадному недоразумению хозяйство не вошло в число оригинаторов породы южная мясная, которая стала одной из отечественных пород, созданных с использованием породы тексель, хотя для этого имелись все предпосылки. Несколько позже – в конце нулевых начале десятых годов – подобная работа на материнской основе сальских и сальско-эдильбаевских животных различных степеней кровности была выполнена в Сальском районе [3]. Исследователь Головнев А. Н. указывает, что помесные двухпородные баранчики (СА+Т) при рождении имели превосходство по живой массе на 9-13 %, а трехпородные – на 30-40 %. К 6,5-месячному возрасту это превосходство несколько снизилось, но продолжало оставаться существенным – 24-34 %. Уровень рентабельности при реализации молодняка на мясо после откорма в 6,5-месячном возрасте составил свыше 27 % у двухпородных помесей и от 40 до 58 % – у трехпородных. Исследования были выполнены А. Н. Головнёвым под руководством профессора ДонГАУ Колосова Ю. А.

Ещё один эксперимент был проведен аспирантом ДонГАУ Бобряшовым А. В. под руководством профессора Колосова Ю. А. и сотрудника ВНИИПЛЕМ Павлова М. Б. в СПК «Иргаклиевский» Ставропольского края [1]. Маточной основой в этом эксперименте послужили матки грозненской породы. Для их осеменения были использованы бараны-производители породы тексель из племенного репродуктора КФХ «Русь-1». В этом эксперименте помесные баранчики также превосходили контроль, как по живой массе в 9 месяцев – на 6,5 %, так и по убойным качествам – на 16,7 % по убойной массе и на 4 абсолютных процента по убойному выходу. Затраты корма на 1 кг прироста живой массы у помесных баранчиков были на 13 % ниже, чем у сверстников грозненской породы [1-3].

В начале десятых годов в Воронежской области было создано хозяйство племзавод по породе тексель ООО АПК Александровское. Хозяйство располагало необходимым поголовьем (около 1800 гол.) и имело неплохие результаты. Средняя живая масса баранов составляла 105 кг, а овцематок – 61 кг, выход ягнят на сто маток варьировал в пределах 117-123 головы. Своих лучших животных они экспонировали на Всероссийской выставке

племенных овец в г. Элиста и «Золотая осень» в г. Москва. К сожалению, племязавод быстро прекратил своё существование и существенного влияния на отечественное мясное овцеводство не оказал.

Многие высокоинтенсивные мясные породы овец мирового генофонда создавались в условиях мягкого влажного климата с теплыми зимами и большим количеством осадков. В нашей стране большим преимуществом овцеводства являются огромные площади естественных сенокосов и пастбищ. Их использование, с одной стороны, является большим подспорьем для снижения себестоимости производимой продукции, но, с другой стороны, делает отрасль более экстенсивной. Поэтому акклиматизация интенсивных пород является важным элементом селекции в отечественном овцеводстве. Одним из апробированных методов, используемых с этой целью, служит вовлечение в селекционный процесс полукровных помесей с целью их использования в воспроизводительном скрещивании [3]. Это помогает реализовать потенциал улучшающей породы для создания отечественного генофонда мясного овцеводства. Таким путем эта методика была реализована при создании пород кубанский линкольн, южная мясная, ташлинская и других [8-10]. Наиболее удачным примером такого подхода можно считать выведение западносибирской мясной породы. В этом случае генотип аборигенных кулундинских короткожиронохвостых овцематок объединили с генотипом южной мясной породы, которая послужила средством вовлечения наследственных задатков мясной породы тексель (как нами отмечено ранее, при создании южной мясной использовали породу тексель финской селекции). Этот подход увенчался успехом и позволил создать новый, адаптированный к разведению в местных природно-экономических и технологических условиях, тип полутонкорунных овец – западносибирской мясной породы (патент № 5728, 11.01.2011 г.) [11].

Таблица 1 – Характеристика средней продуктивности животных основных половозрастных групп, использованных в эксперименте

Table 1 – Characteristics of the average productivity of animals of the main sex and age groups used in the experiment

Группы / Groups	Живая масса, кг / Live weight, kg	Настриг шерсти, кг / Shearing of wool, kg	Длина шерсти, см / Wool length, cm
Бараны-производители / Breeding rams			
Голландская селекция / Dutch breeding	70,1±1,14	5,5±0,15	7,0±0,23
Овцематки / Ewes			
Голландская селекция / Dutch breeding	63,6±0,96	4,0 ±0,17	6,5±0,19
Английская селекция / English breeding	71,8±0,98	5,2±0,19	7,6±0,10

Завоз импортного поголовья после карантинных мероприятий был осуществлен в Радионово-Несветайский район Ростовской области в 2023 году. Характеристики живой массы, физического настрига шерсти и длины шерсти были получены по результатам индивидуального взвешивания баранов и маточного поголовья, по прибытии на ферму, и стрижке животных (таблица 1). Параметры фактических показателей продуктивности в целом соответствовали заявленным в племенных документах. При сравнении овцематок голландской и английской селекции по анализируемым показателям было установлено преимущество животных английской селекции по живой массе – на 12,9, по физическому настригу шерсти – на 30 и по длине шерсти на боку – на 16,9 %. Разница в пользу овцематок английской селекции оказалась высоко достоверной ($P>0,999$).

Маточное поголовье было осеменено в конце осени – начале зимы 2023 года. 26 голов овцематок были осеменены в течение месяца. Результаты ягнения приведены в таблице 2. Выход ягнят по группе овцематок голландской селекции при осеменении спермой баранов английской селекции при пересчете составил 137,5 %. При объединении генотипов овцематок и баранов разного происхождения выход ягнят был выше на 17,5 %, чем при спаривании маток и баранов голландской селекции. Обратил внимание на себя факт распределения полов баранчиков и ярок в потомстве. В обоих оцененных сочетаниях наследственности животных – английской и голландской селекции – численность особей мужского пола в потомстве существенно превышала численность особей женского пола. Мы отнесли эти различия на малочисленность животных в группах и сделали вывод о необходимости дальнейшего изучения данного феномена.

Таблица 2 – Воспроизводительные качества овцематок
Table 2 – Reproductive qualities of female sheep

Происхождение / Origin		Период осеменения / The period of insemination	Осемено-но маток, гол / In-seminated queens, quantity	Получено ягнят, гол. / Received lambs, quantity	Выход ягнят на 100 маток, % / Output of lambs per 100 queens, %	Соотношение ярочки-баранчики, % / The Young sheep – lambs ratio, %
баранов / Producing sheep	Овцематок / Sheep breeding					
Английская селекция / English breeding	Голландская селекция / Dutch breeding	29.10.-24.11.23	16	22	137,5	Б-54,5 % Я-45,5 % В-54.5 % У-45.5 %
Голландская селекция / Dutch breeding		09.11.-4.12.23	10	12	120,0	Б-58,4 % Я-41,6 % В-58.1 % У-41.6 %

В процессе дальнейших исследований была проведена сравнительная оценка темпов роста животных разных генотипов: баранчики и ярочки, полученные в результате осеменения овцематок английской селекции баранами голландской селекции (английско-голландские), и баранчики и ярочки, полученные от родителей голландской селекции. Результаты оценки представлены в таблице 3.

При рождении баранчики и ярочки голландской селекции превосходили своих сверстников по живой массе на 25,1 % и 44,2 %. Разница между группами была высокодоверной ($P>0,999$). По нашей оценке, главная причина данного факта состоит в том, что в помесном потомстве было большее количество двойнёвых помётов, а поэтому средняя живая масса потомства на начальных этапах исследований выше была у ягнят, происходящих от баранов и овцематок голландской селекции

Таблица 3 – Показатели роста молодняка в период 0-90 дней
Table 3 – Growth rates of young animals in the period 0-90 days

Половозрастные группы / Gender and age groups	Средняя живая масса в возрасте, кг / Average live weight at the age, kg:			
	при рождении / at birth	30 дней / 30 days	60 дней / 60 days	90 дней / 90 days
Баранчики английско-голландская селекция / The sheep English-Dutch breeding	3,425±0,18	11,45±0,51	19,4±0,17	27,983±0,35
Баранчики голландская селекция / The sheep Dutch breeding	4,286±0,15	12,686±0,39	21,257±0,21	29,01±0,28
Ярочки английско-голландская селекция / Young sheep English-Dutch breeding	3,0±0,18	10,56±0,26	17,92±0,23	25,740±0,33
Ярочки голландская селекция / Young sheep Dutch breeding	4,280±0,22	13,24±0,34	21,68±0,26	28,840±0,41

Живая масса баранчиков и ярок голландской селекции при рождении между собой не отличалась. Разница в группе ягнят голландско-английской селекции составила между баранчиками и ярочками около 11 % в пользу баранчиков. В месячном возрасте ярочки голландской селекции имели наибольшую живую массу, которая превосходила сверстников-баранчиков данной группы на 10,4 % и ярок английско-голландской селекции на 26,1 %. В последующие взвешивания в 60- и 90-дневном возрасте сохранилось соотношение по живой массе между баранчиками и ярочками английско-голландской селекции. В группе животных голландской селекции в 90-дневном возрасте баранчики достигли средней живой массы 29 кг и незначительно превзошли ярок с таким же генотипом, которые на момент взвешивания имели живую массу в среднем 28,8 кг. В этом возрасте баранчики голландской

селекции превосходили сверстников со смешанным генотипом на 3,7 % (т.е. практически сравнялись), ярочки – на 12,1 % (т.е. различия уменьшились более чем в три раза). Помимо живой массы были оценены относительные и среднесуточные показатели, характеризующие скорость роста молодняка различных генотипов (таблица 4).

Таблица 4 – Характеристики интенсивности роста подопытных животных

Table 4 – Characteristics of the growth intensity of experimental animals

Половозрастные группы / Gender and age groups	Абсолютный прирост за 90 дней, кг / Absolute gain in 90 days, kg	Относительный прирост за 90 дней, % / Relative increase in 90 days, %	Среднесуточный прирост за 90 дней, г / Average daily in- crease in 90 days, g
Баранчики английско- голландская селекция / The sheep English-Dutch breeding	24,55±0,36	156,4	311,2±13,2
Баранчики голландская селекция / The sheep Dutch breeding	24,71±0,27	148,5	274,6±14,3
Ярочки английско- голландская селекция / young sheep English-Dutch breeding	22,74±0,31	158,2	253,1±11,5
Ярочки голландская селекция / young sheep Dutch breeding	24,56±0,28	148,3	272,9±10,8

Было установлено, что относительный прирост в подопытных группах у ярок и баранчиков имел определённые отличия. У потомства голландской селекции за первые 90 дней роста относительный прирост составил около 148 %, а по группе объединенной английско-голландской селекции он был выше и составил 156,4 % у баранчиков и 158,2 – у ярок. Таким образом, различия между группами разной селекции были на уровне 10-12 % в пользу особей комбинированного генотипа.

Среднесуточный прирост у баранчиков и ярок голландской селекции отличался незначительно и недостоверно, а в относительном выражении разница составляла менее 1 %. На этом фоне ярочки смешанной селекции имели данный показатель по группе почти на 20 г или на 7,5 % хуже, чем их сверстницы голландской селекции. Сравнение среднесуточного прироста между группами баранчиков разного происхождения выявило преимущество баранчиков смешанной селекции на 37 г или 13,5 %.

Сравнение экономической эффективности оцениваемых генотипов мы осуществили через интегральный показатель живой массы и выхода ягнят на 100 овцематок в 90-дневном возрасте. В результате такой оценки превосходство молодняка смешанной селекции почти на 10 % было выше, чем по группе голландской селекции.

На последнем этапе исследований была оценена численность поголовья в разрезе половозрастных групп на момент завершения начального этапа создания перспективной популяции овец породы тексель в Ростовской области. Данные хозяйственного учета ИП Лигус на 01.01.2025 года зафиксировали следующие данные по поголовью овец различных половозрастных групп: бараны-производители – 4 гол., бараны ремонтные – 18, овцематки – 26, ярки прошлого года рождения – 16 голов. Исследователи также отмечают, что в 2024 году были реализованы как племенная продажа (название условное, т.к. племенных документов нет) 8 голов ягнят текущего года рождения.

Заключение. В наших исследованиях была дана оценка создаваемого стада овец породы тексель в ИП «Лигус В. Н.» Радионово-Несветайского района Ростовской области. Общее поголовье различных половозрастных групп на 01.01.2025 года составило 64 головы, в том числе овцематок 26 голов. На первом этапе были завезены животные английской и голландской селекции. Для оценки были использованы бараны-производители, овцематки и молодняк голландской и смешанной голландско-английской селекции.

В результате оценки данных продуктивности полновозрастных подопытных животных установлено преимущество животных английской селекции по живой массе – на 12,9, по физическому настригу шерсти – на 30 и по длине шерсти на боку – на 16,9 %.

Выход ягнят по группе овцематок голландской селекции при осеменении спермой баранов английской селекции при пересчете составил 137,5 %. При объединении генотипов овцематок и баранов голландской селекции выход ягнят был меньше на 17,5 % и составил 120 %.

В обоих случаях плодовитость оказалась ниже, чем приводимая в открытых литературных источниках: 170-180 ягнят на 100 овцематок. Данный факт мы связываем с тем, что среди овцематок было большое количество первокоток. Их плодовитость и на родине в Голландии не превышает 135 ягнят.

Живая масса баранчиков и ярок голландской селекции при рождении не отличалась. В этом возрасте разница в группе ягнят голландско-английской селекции составила между баранчиками и ярочками около 11 % в пользу баранчиков. В месячном возрасте ярочки голландской селекции имели наибольшую живую массу, которая превосходила сверстников-баранчиков данной группы на 10,4 % и ярок английско-голландской селекции на 26,1 %.

В группе животных голландской селекции в 90-дневном возрасте баранчики достигли средней живой массы 29 кг и незначительно превосходили ярочек с таким же генотипом, которые на момент взвешивания имели живую массу в среднем 28,8 кг. В этом возрасте баранчики голландской селекции превосходили сверстников со смешанным генотипом на 3,7 %, ярочки – на 12,1 %.

На основании вышеизложенного можно высказать предварительное мнение о перспективах дальнейшей тактики селекционной работы в стаде. Целесообразно продолжить работу по созданию двух специализированных линий. Первая – отличающаяся более высокой плодовитостью. Может создаваться на основе помесей голландско-английской селекции. Вторая – на основе животных голландской селекции для повышения мясных качеств потомков в более раннем возрасте (скороспелость). Для принятия окончательного решения по такой работе следует параллельно провести корректирующую оценку предложенных генотипов, а также изучить перспективу их кроссов для оценки финальных гибридов.

Для ускорения процесса создания популяции животных, располагающей улучшенным коллективным генотипом, включающим как основную генетику породы тексель, необходимо использовать опыт отечественного овцеводства. В Советском Союзе в 1919 году В. И. Ленин подписал декрет «Об охране и развитии тонкорунного (мериносового) овцеводства. На начальном этапе на всей территории страны тонкорунных овец было 5-6 % от всего овцепоголовья. Благодаря коренному организационному и породному преобразованию отрасль была сосредоточена на решении государственных задач. Эту мысль в своих работах настойчиво проводил А. И. Николаев [12]. Последующее преобразование грубошерстных и помесных овец в тонкорунных, осуществлялось под непосредственным руководством выдающихся отечественных ученых М. Ф. Иванова, М. И. Санникова, Н. И. Грауденя, Г. А. Окуличева, П. Л. Карпова, В. Г. Смарагдова, М. А. Васильевой, А. В. Запорожцева, В. М. Сюткина, В. Ф. Суярова и многих других, позволило сформировать отечественную базу племенного овцеводств. Основываясь на этом опыте и успехах селекционеров более позднего, в том числе текущего периода, выглядит обоснованным подход по использованию маточной основы создаваемой популяции путем привлечения ресурсов отечественных пород разных направлений продуктивности.

Данную научную публикацию не следует рассматривать как пропаганду единственно возможной формы интенсификации посредством использования новых высокоинтенсивных пород овец. Российская Федерация располагает огромными площадями естественных кормовых угодий – сенокосов и пастбищ. Их умелое использование пока в большей степени присуще мелкотоварному производству. А поэтому в нашем динамично развивающемся государстве гармоничное сочетание интенсивных технологий производства, осуществляемых крупными специализированными бизнес-структурами, не является противопоставлением мелкотоварному производству, на базе крестьянско-фермерских и личных подсобных хозяйств. К перспективной форме организации хозяйствования относится и кооперация крупных и мелких собственников, что позволяет решать не только экономические, но и социальные проблемы. Интересным и перспективным выглядит использование сочетания разведения овец в рамках агротуристического направления, что создает дополнительные возможности, в том числе и для культивирования генетического материала нетрадиционного для нашей страны направления. Такая перспектива создает новую нишу использования вкусной мясной продукции, получаемой от текселей, для проведения дегустаций в агротуристическом и в ресторанном бизнесе. Для этого может быть использован, как опыт создания и рекомендации по мясошерстному овцеводству, так и рецептура мясных изделий, разработанные в Донском ГАУ и успешно опробованные ранее на выставках и в реальном производстве [4-7, 13-15].

Conclusions. In our studies, an assessment was given of the created flock of sheep of the Texel breed in the IP "Ligus V.N." of the Radionovo-Nesvetaysky district of the Rostov region. The total livestock of various sex and age groups as of 01.01.2025 amounted to 64 heads, including 26 ewes. At the first stage, animals of English and Dutch selection were imported. For the evaluation, breeding rams, ewes and young animals of Dutch and mixed Dutch-English selection were used.

As a result of the evaluation of the productivity data of full-aged experimental animals, the advantage of animals of English selection in live weight was established by 12.9 %, in physical shearing of wool by 30 and in the length of hair on the side by 16.9 %.

The yield of lambs in the group of ewes of Dutch selection when inseminated with the sperm of rams of English selection when recalculated was 137.5 %. When combining the genotypes of ewes and rams of Dutch selection, the yield of lambs was less by 17.5 % and amounted to 120 %. In both cases, fertility turned out to be lower than that given in open literary sources: 170-180 lambs per 100 ewes. We attribute this fact to the fact that there were a large number of first-time have given birth among ewes. Their fertility in their homeland in Holland does not exceed 135 lambs.

The live weight of rams and brights of Dutch selection did not differ at birth. At this age, the difference in the group of lambs of Dutch-English selection was about 11 % in favor of rams and lambs. At one month of age, the brilliant lambs of Dutch selection had the highest live weight, which surpassed their peers-rams of this group by 10.4 % and the brights of the English-Dutch selection by 26.1 %.

In the group of animals of Dutch selection at the age of 90 days, rams reached an average live weight of 29 kg and slightly surpassed lambs with the same genotype, which at the time of weighing had a live weight of an average of 28.8 kg. At this age, sheep of Dutch selection surpassed their peers with a mixed genotype by 3.7 %, lambs – by 12.1 %.

Based on the above, it is possible to express a preliminary opinion about the prospects for further tactics of breeding work in the herd. It is advisable to continue work on the creation of two specialized lines. The first is characterized by higher fertility. It can be created on the basis of crosses of Dutch-English selection. The second is based on animals of Dutch selection to improve the meat qualities of offspring at an earlier age (early maturity). To make a final decision on such work, it is necessary to simultaneously carry out a corrective assessment of the proposed genotypes, as well as study the prospect of their crosses to evaluate the final hybrids.

To accelerate the process of creating a population of animals with an improved collective genotype, including the main genetics of the Texel breed, it is necessary to use the experience of domestic sheep breeding. In the Soviet Union in 1919, V. I. Lenin signed a decree "On the protection and development of fine-wooled (merino) sheep breeding. At the initial stage, fine-wooled sheep accounted for 5-6 % of the total sheep population throughout the country. Thanks to the radical organizational and breed transformation, the industry was focused on solving state problems. This idea was persistently pursued in his works by A. I. Nikolaev [12]. The subsequent transformation of coarse-wooled and crossbred sheep into fine-wooled sheep was carried out under the direct supervision of outstanding Russian scientists M. F. Ivanov, M. I. Sannikov, N. I. Grauden, G. A. Okulichev, P. L. Karpov, V. G. Smaragdov, M. A. Vasilyeva, A. V. Zaporozhtsev, V. M. Syutkin, V. F. Suyarov and many others, made it possible to form a domestic base of pedigree sheep breeding. Based on this experience and the successes of breeders of a later period, including the current period, the approach to the use of the mother base of the created population by attracting the resources of domestic breeds of different areas of productivity seems to be justified.

This scientific publication should not be considered as advocating the only possible form of intensification, through the use of new high-intensity sheep breeds. The Russian Federation has huge areas of natural fodder lands – hayfields and pastures. Their skillful use is still more characteristic of small-scale commodity production. And therefore, in our dynamically developing state, a harmonious combination of intensive production technologies carried out by large specialized business structures is not an opposition to small-scale commodity production, on the basis of peasant farms and personal subsidiary farms. A promising form of economic organization also includes cooperation between large and small owners, which makes it possible to solve not only economic, but also social problems. The use of a combination of sheep breeding within the framework of the agro-tourism direction looks interesting and promising, which creates additional opportunities, including for the cultivation of genetic material of a non-traditional direction for our country. This prospect creates a new niche for the use of delicious meat products obtained from texels for tastings in the agritourism and restaurant business. For this purpose, both the experience of creation and recommendations for meat-wool sheep breeding, and the recipe of meat products developed in the Don State Agrarian University and successfully tested earlier at exhibitions and in real production can be used [4-7, 13-15].

Библиографический список

1. Бобряшов А. В., Колосов Ю. А., Павлов М. Б. Результаты скрещивания маток грозненской породы с баранами тексель. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2008. № 6 (15). С. 113-116.
2. Колосов Ю. А., Головнев А. Н. и др. Эффективность двух- и трёхпородного скрещивания овец. Овцы, козы, шерстяное дело. 2009. № 3. С. 10-13.
3. Куликова А. Я., Жилин А. П. Мясная продуктивность ягнят, полученных от маток породы советский меринос и баранов типа тексель. Овцы, козы, шерстяное дело. 2004. № 3. С. 16-17.

4. Бараников А. И., Колосов Ю. А., Широкова Н. В. Создание новых мясных продуктов с использованием баранины. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 89. С. 933-943.
5. Ульянов А. Н., Куликова А. Я. Перспективы совершенствования породного генофонда овец в России. Овцы, козы, шерстяное дело. 2007. № 1. С. 1-7.
6. Ульянов А. Н., Куликова А. Я. Актуальные проблемы развития овцеводства России. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2013. Т. 1. № 44. С. 235-237.
7. Ульянов А. Н., Куликова А. Я. К адаптации зарубежных мясошерстных пород овец и перспективы их использования. Овцы, козы, шерстяное дело. 2007. № 2. С. 1-4.
8. Катаманов С. Г. и др. Западносибирская мясная порода овец. Овцы, козы, шерстяное дело. 2012. № 3. С. 6-12.
9. Николаев А. И. Овцеводство. М.: «Колос». 304 с.
10. Колосов Ю. А., Чамурлиев Н. Г., Дегтярь А. С., Смородин Ф. А. Мясная продуктивность овец различных генотипов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 196-202.
11. Шперов А. С., Чамурлиев Н. Г., Шангераев Г. М., Абдулхаликов А. М. Мясная продуктивность и качество мяса чистопородных и помесных баранчиков. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 3 (75). С. 250-257.
12. Колосов Ю. А., Чамурлиев Н. Г., Шперов А. С. Результаты топкроссинга в стаде овец сальской породы. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 1 (73). С. 157-163.

References

1. Bobryashov A. V., Kolosov Y. A., Pavlov M. B. Results of crossing ewes of the Grozny breed with Texel rams. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2008. № 6 (15). Pp. 113-116.
2. Kolosov Y. A., Golovnev A. N., et al. Effectiveness of Two- and Three-Breed Crossing of Sheep. Sheep, goats, woollen making. 2009. № 3. Pp. 10-13.
3. Kulikova A. Ya., Zhilin A. P. Meat Productivity of Lambs Obtained from Soviet Merino Ewes and Texel Type Rams. Sheep, goats, woollen making. 2004. № 3. Pp. 16-17.
4. Baranikov A. I., Kolosov Y. A., Shirokova N. V. Creation of New Meat Products Using Mutton. Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2013. № 89. Pp. 933-943.
5. Ulyanov A. N., Kulikova A. Y. Prospects for Improving the Breed Gene Pool of Sheep in Russia. Sheep, goats, woollen making. 2007. № 1. Pp. 1-7.
6. Ulyanov A. N., Kulikova A. Y. Actual problems of the development of sheep breeding in Russia. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2013. V. 1. № 44. Pp. 235-237.
7. Ulyanov A. N., Kulikova A. Y. On the Adaptation of Foreign Meat-Wool Breeds of Sheep and the Prospects for Their Use. Sheep, goats, woollen making. 2007. № 2. Pp. 1-4.
8. Katamanov S. G. et al. West Siberian Meat Breed of Sheep. Sheep, goats, woollen making. 2012. № 3. Pp. 6-12.
9. Nikolaev A. I. Sheep breeding. Moscow: "Kolos". 304 p.
10. Kolosov Y. A., Chamurliiev N. G., Degtyar A. S., Smorodin F. A. Meat Productivity of Sheep of Different Genotypes. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 2 (66). Pp. 196-202.
11. Shperov A. S., Chamurliiev N. G., Shangerayev G. M., Abdulkhalikov A. M. Meat Productivity and Quality of Meat of Purebred and Crossbred Rams. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. № 3 (75). Pp. 250-257.
12. Kolosov Y. A., Chamurliiev N. G., Shperov A. S. Topcrossing Results in a Flock of Salskaya Sheep. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. № 1 (73). Pp. 157-163.

Информация об авторах

Горлов Иван Фёдорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28), главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, 6), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Сложенкина Марина Ивановна, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, директор, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6); профессор кафедры, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>, e-mail: niimmp@mail.ru

Колосов Юрий Анатольевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры, Донской государственный аграрный университет (Российская Федерация, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), e-mail: kolosov-dgau@mail.ru

Абонеев Василий Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, Краснодарский НЦ по зоотехнии и ветеринарии (Российская Федерация, 350055, г. Краснодар, пос. Знаменский, ул. Превомайская, 4), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1946-1822>, e-mail: aboneev49@mail.ru

Кошаев Андрей Георгиевич, академик РАН, доктор биологических наук, профессор, Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина (Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), e-mail: kagbio@mail.ru

Куликова Анна Яковлевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии (Российская Федерация, 350055, г. Краснодар, пос. Знаменский, ул. Превомайская, 4), e-mail: skniig@yandex.ru

Лигус Владимир Николаевич, руководитель хозяйственного субъекта ИП «Лигус В. Н.» (Российская Федерация, Ростовская область, Радионово-Несветайский район).

Филиппов Руслан Алексеевич, соискатель ученой степени, главный специалист хозяйственного субъекта ИП «Лигус В. Н.» (Российская Федерация, Ростовская область, Радионово-Несветайский район).

Authors' Information

Gorlov Ivan Fiodorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Head of the Department, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), Chief Researcher of the Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400131, Volgograd, M. Rokossovsky Str., 6), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Slozhenkina Marina Ivanovna, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Director, Volga Region Scientific Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo Str., 6); Professor, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), ORCID:0000-0001-9542-5893, e-mail: niimmp@mail.ru

Kolosov Yuri Anatolyevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department, Don State Agrarian University (Russian Federation, 346493, Rostov region, Oktyabrsky district, Persianovsky settlement, Krivoshlykova str., 24), e-mail: kolosov-dgau@mail.ru

Aboneev Vasily Vasilyevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine (Russian Federation, 350055, Krasnodar, village Znamensky, Prevomayskaya Str., 4), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1946-1822>, e-mail: aboneev49@mail.ru

Koshchayev Andrey Georgievich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University (Russian Federation, Krasnodar, Kalinin Street, 13), e-mail: kagbio@mail.ru

Kulikova Anna Yakovlevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine (Russian Federation, 350055, Krasnodar, Znamensky village, Prevomaiskaya str., 4), e-mail: skniig@yandex.ru

Ligus Vladimir Nikolaevich, Head of the business entity IP "Ligus V.N." (Russian Federation, Rostov Region, Radionovo-Nesvetaysky District).

Filippov Ruslan Alekseevich, Candidate for Academic Degree Chief Specialist of the business entity IP "Ligus V.N." (Russian Federation, Rostov Region, Radionovo-Nesvetaysky District).

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-34

THE INFLUENCE OF THE METHOD OF EVALUATING BREEDING BULLS BY THE QUALITY OF OFFSPRING IN BEEF CATTLE BREEDING ON THE ACCURACY OF DETERMINING THEIR BREEDING VALUE

Gabidulin V. M., Khainatsky V. Yu.

*Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences
Orenburg, Russian Federation*

Correspondent author E-mail: Gabidulin.V.M@yandex.ru

Received 07.05.2025

Submitted 10.06.2025

The study was carried out in accordance with the research plan of the Federal State Budgetary Scientific Institution FNC BST RAS No. FNWZ-2021-0001.

Abstract

Introduction. Stud bulls are the main factor influencing the quality of the formation of the production herd, and their assessment by their own productivity and the quality of the offspring is one of the methods of reliable diagnostics of their genetic productivity potential. The article presents the analysis of the results of three research methods for assessing stud bulls by the quality of the offspring of the Aberdeen Angus breed. **The object of the study** is stud bulls and their sons of the Aberdeen Angus breed of the breeding herd of Suer LLC in the Kurgan region. **Material and methods.** Stud bulls of the Aberdeen Angus breed, assessed by their own productivity and the quality of the offspring. The studies were carried out according to a scheme including three methods for assessing stud bulls by the quality of the offspring. According to the first method, the bulls were assessed according to the existing method, where the general index of each assessed producer was determined by presenting the selection traits of his sons to the average values of all sons. In the second method, the complex index of the evaluated sires was determined by the ratio of the average indicators of each sire to the average indicators of the offspring of two other simultaneously evaluated bulls. In the third method, the complex index of each evaluated sire was determined by percentage to the average indicators of the selection traits of the evaluated group, but without taking into account the evaluated bull and plus the indicators of the control group of bulls that were tested at the same time. **Results and conclusions.** The evaluation of sires according to the third option, where the calculation of the indices was carried out relative to the indicators of all offspring of bulls of the entire herd, helped to eliminate the shortcomings characteristic of the first two options, and made it possible to evaluate the breeding value of the sire at the herd level. The comparison base should not be the offspring of a limited number of bulls, whose genetic potential may not reflect the average productivity level characteristic of the herd, but peers whose genetic productivity potential corresponds to the level of this herd should be taken, in the ideal case, these are all peers-analogues obtained from all bulls of this herd.

Keywords: bulls, sons of bulls, valuation of bulls, quality of offspring of bulls.

Citation. Gabidulin V. M., Khainatsky V. Yu. The influence of the method of evaluating breeding bulls by the quality of offspring in beef cattle breeding on the accuracy of determining their breeding value. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 322-331 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-34.

Author contributions. The authors of this scientific study were directly involved in laying out field experience, analyzing the data obtained during the period of research.

Conflict of interest. The authors of this publication declare no conflict of interest.

УДК 636.082.11:636.22/28.082.13

ВЛИЯНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПО КАЧЕСТВУ ПОТОМСТВА В МЯСНОМ СКОТОВОДСТВЕ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ

Габидулин В. М., доктор сельскохозяйственных наук

Хайнацкий В. Ю., доктор сельскохозяйственных наук

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук
г. Оренбург, Российская Федерация

*Исследование выполнено в соответствии с планом НИР ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН
№ FNWZ-2021-0001.*

Актуальность. Быки-производители, являются основным фактором влияния на качество формирования производственного стада, а их оценка по собственной продуктивности и качеству потомства является одним из методов достоверной диагностики их генетического потенциала продуктивности. В статье представлен анализ результатов проведенных трёх методов исследований по оценке быков-производителей по качеству потомства абердин-ангусской породы. **Объектом** исследования являются быки-производители и их сыновья абердин-ангусской породы племенного стада ООО «Суерь» Курганской области. **Материал и методы.** Быки-производители абердин-ангусской породы, оценённые по собственной продуктивности и качеству потомства. Исследования проводили по схеме, включающие три метода оценки быков-производителей по качеству потомства. По первой методике оценку быков проводили согласно существующей методике, где общий индекс каждого оцениваемого производителя определяли путём процентирования селекционных признаков его сыновей к средним значениям всех сыновей. Во второй методике для определения комплексного индекса оцениваемых производителей использовали отношение средних показателей каждого производителя к средним показателям потомков двух других одновременно оцениваемых быков. В третьей методике комплексный индекс каждого оцениваемого производителя определяли путём процентирования к средним показателям селекционных признаков оцениваемой группы, но без учёта оцениваемого быка и плюс показателей контрольной группы бычков, одновременно проходивших испытание. **Результаты и выводы.** Оценка производителей по третьему варианту, где расчёт индексов проводился относительно показателей всех потомков быков всего стада, способствовал устранению недостатков характерных к первым двум вариантам, и позволял провести оценку племенной ценности производителя на уровне стада. В качестве базы сравнения должны использоваться не потомки ограниченного числа быков, генетический потенциал которых может не отражать среднего уровня продуктивности свойственный стаду, а взятые сверстники, генетический потенциал продуктивности которых соответствует уровню этого стада, в идеальном случае это все сверстники-аналоги, полученные от всех быков данного стада.

Ключевые слова: быки-производители, сыновья быков, оценка быков-производителей, качество потомства быков-производителей.

Цитирование. Габидулин В. М., Хайнацкий В. Ю. Влияние метода оценки быков-производителей по качеству потомства в мясном скотоводстве на точность определения их племенной ценности. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 322-331. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-34.

Авторский вклад. Авторы данного научного исследования принимали непосредственное участие в закладке полевого опыта, проведении анализа полученных данных, сформированных за период проведенных исследований.

Конфликт интересов. Авторы данной публикации заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Важным направлением развития агропромышленного комплекса России, является сектор животноводства, где важной составляющей является специализированное мясное скотоводство [1].

Стабильное производство подотрасли является гарантом насыщения рынка нашей страны, а также стран членов ЕАЭС высококлассным генетическим материалом и качественной говядиной [2, 3, 4]. Большим спросом пользуется племенная молодняк мясного направления, как на территории нашей страны, так и в других странах ЕАЭС. В последние годы в эти страны было экспортировано более 6000 племенного молодняка, при этом 1,5 тысячи животных калмыцкой породы.

Приоритетным направлением отрасли специализированного мясного скотоводства во многих Федеральных округах России, поспособствовало принятая Правительством Российской Федерации Федеральная программа «Улучшение генетического потенциала крупного рогатого скота мясных пород», разработанной в соответствии с направлением реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы» [5, 6]. Узаконенные проекты были задействованы в создании условий для внедрения современных новшеств в селекции для совершенствования существующих пород, типов и кроссов мясного скота, а также в выведении новых с высокой адаптационной способностями.

За последнее десятилетие абердин-ангусская порода мясного скота является самой скоротечно развивающейся как за рубежом, так и в России, из-за пластичной приспособляемости и непревзойдённых мясных качеств [7, 8, 9]. В совершенствовании ангусского скота активно применяется передовые методы селекции. К самому достоверному способу повышения продуктивности породы является использования высококлассных и проверенных по качеству потомства препотентных быков-производителей.

Получение экономического эффекта от ведения животноводства, без внедрения передовых методов селекционных процессов, а также технологий содержания и кормления с использованием полноценного рациона не представляется возможным. При этом повышению интенсификации производства продукции животноводства способствует использование высокодостоверных методов оценки генетического потенциала животных [10, 11].

Быки-производители являются основным фактором влияния на качество формирования производственного стада, а их оценка по собственной продуктивности и качеству потомства является одним из методов достоверной диагностики их генетического потенциала продуктивности [12, 13].

Причина ненадежной оценки наследственных качеств производителей по данной методике кроется в наследственной основе производителей, задействованных в оценке. В группу проверяемых быков могут попасть животные с невысоким потенциалом продуктивности, со средним или высоким потенциалом продуктивности и тогда средний по уровню продуктивности производитель в каждой из таких групп будет оценен по-разному. В группе с невысоким потенциалом продуктивности других быков он будет лучшим, в средней группе – равноценным ей, а среди лучших быков окажется худшим. Поэтому повторные оценки быков часто не подтверждают первоначальных оценок и даже противоречат им [14, 15].

Результативная селекционная работа возможна только при правильно организованной оценке наследственных качеств животных. Действующая система испытания производителей по качеству потомства в мясном скотоводстве не дает объективной оценки их наследственных качеств, так как в ее основе лежит не совсем корректный методологический подход ее решения.

В Минсельхозе Российской Федерации от 19 октября 2006 г. № 402 определены документы по определению видов организаций по племенному животноводству и даны минимальные требования, предъявляемые к племенным организациям по разведению крупного рогатого скота пород мясного направления, регламентирующие количество 60 коров в племенных репродукторах и 150 коров в племенных заводах. Вместе с тем «Порядком и условиями проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота мясного направления продуктивности» требования, о ежегодном испытании в племенных хозяйствах не менее 3-5 быков-производителей по качеству потомства (не менее чем по 20 сыновьям) невыполнимы для большинства организаций, имеющих племенной скот, так как для проверки трех производителей по качеству потомства, требуется осеменить в течение 1,5-2,0 мес. не менее 180 коров, не моложе второго и не старше седьмого отелов, а при проверке пяти – не менее 300 коров [16].

В методике «Порядок и условия оценки быков-производителей мясных пород по собственной продуктивности и качеству потомства» за основу взят метод сравнения продуктивности между сыновьями (сверстниками) проверяемых производителей [17]. Он позволяет выявить лучших и худших из сравниваемой группы и ранжировать их по величине комплексного индекса. Действие этого метода распространяется исключительно на оцениваемых быков-производителей и не берётся во внимание потомков-сверстников всего стада.

На современном этапе нужен метод, обеспечивающий высокую достоверность оценки наследственных качеств производителей и гарантирующий сохранение этих качеств при последующем их использовании.

Цель исследования – совершенствование методики оценки племенной ценности производителей в мясном скотоводстве.

Материалы и методы. Быки-производители абердин-ангусской породы, оценённые по собственной продуктивности и качеству потомства. В процессе проведения исследований, исполнялись требования инструкции Russian regulations, 1987 (Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 199, предполагающей доведение к наименьшему количеству образцов и травматизма животных.

Для сравнения различных вариантов оценки племенной ценности производителей в 2024 году была отобрана группа бычков 7-8 месячного возраста, представленная потомками трех производителей численностью по 15 голов от каждого и дополнительно 45 сверстниками-аналогами, сыновьями других производителей не предусмотренных для оценки по качеству потомства, но по продуктивным качествам отражающих уровень данного стада. Все животные были поставлены в аналогичные условия содержания и кормления, что позволяло исключить влияние этих факторов на показатели продуктивности и отнести проявленное различие исключительно на влияние генотипа.

Исследования проводили по схеме включающие три метода оценки быков-производителей по качеству потомства.

По первой методике оценку быков проводили согласно существующей методике, где общий индекс каждого оцениваемого производителя, определяли путём процентирования селекционных признаков его сыновей к средним значениям всех сыновей. Во второй методике для определения комплексного индекса оцениваемых производителей использовали отношение средних показателей каждого производителя к средним показателям потомков двух других одновременно оцениваемых быков. В третьей методике комплексный индекс каждого оцениваемого производителя определяли путём процентирования к средним показателям селекционных признаков оцениваемой группы, но без учёта оцениваемого быка и плюс показателей контрольной группы бычков, одновременно проходивших испытание.

Индексы для каждого прошедшего оценку производителя определяли согласно показателям селекционных признаков их потомства живой массы возрасте в 15 мес., средне-суточному приросту в период с 8 до 15 мес., по оплате корма, прижизненной оценке мясных качеств, выраженности типа телосложения – путём процентирования к средним показателям сыновей, одновременно проходящих испытание. После этого вычисляется комплексный (среднеарифметический) индекс по всем признакам.

Значение Σ -показателей средних значений сумм каждого из быков-производителей (№ 1 1015, № 2 1183, № 3 1167 и в целом группы, составленной из оставшихся потомков разных быков-производителей $n=45$).

Сформированные по группам животные содержались по технологии мясного скотоводства со свободным выходом в выгульный двор с доступами к кормам и водопою на территории помещений для оценки быков-производителей по качеству потомства.

На период проведения исследования с 8 до 15 мес. рацион, созданный в хозяйстве из расчёта интенсивности роста на 1000 г.

Определение племенной ценности быков-производителей было проведено согласно нормативному документу «Порядок и условия оценки быков-производителей мясных пород по собственной продуктивности и качеству потомства» [17].

Статистическая обработка полученных материалов использовался стандартный сравнительный статистический анализ методом вариационной статистики с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office», с применением программы «Excel» («Microsoft», США), с обработкой данных в программе «Statistica 10.0» («StatSoftInc.», США). Статистическое сравнение результатов было проведено с использованием параметрического метода критерия Стьюдента. Параметр $P \leq 0,05$ принимался как предел значимости.

Результаты и обсуждение. Стабильная прибыль в системе животноводства гарантируется при использовании на производстве новейших приёмов технологий кормления, содержания и селекции.

В зоотехнии известно о неоспоримом влиянии быков-производителей на качественный уровень стада, заводской линии, популяции породы. При этом максимально точная их оценка по собственной продуктивности и качеству потомства – залог ранжирования по племенной ценности и использования их в стаде [18].

Что такое база сравнения, используемая для оценки производителей по качеству потомства и каким критериям она должна отвечать?

При оценке производителей по качеству потомства предусмотрено сравнение продуктивности их сыновей с аналогичными показателями сыновей других быков, которые и являются базой сравнения.

Используемая для оценки методика в качестве базы сравнения предусматривает использование в этом качестве сыновей 2-3 производителей, от племенной ценности которых и зависит объективность тестирования оцениваемого быка. Если эти производители посредственные, то сравниваемый с ними бык превзойдет их, а если хорошие, то уступит им. Такой подход не дает объективной оценки наследственных качеств тестируемого животного, другими словами, такая статистическая выборка не соответствует уровню генеральной совокупности, из которой она отобрана, в данном случае это стадо.

База сравнения должна представлять собой выборку, которая наиболее полно отражает генеральную совокупность, нейтрализует влияние наследственных качеств как лучших, так и худших производителей за счет вовлечения в оценку потомства большого числа производителей.

Многие исследователи при расчете субиндексов производителей по показателям потомства используют тот же алгоритм, что и при расчете индексов по собственной продуктивности, при котором за 100 % принимается показатель среднего значения по испытуемой группе, что не совсем правильно. Для каждого производителя должна формироваться своя группа сверстников, исключая из своего состава его сыновей. Показатели этой группы и должны приниматься за 100 % при расчете субиндексов производителей.

Многолетняя практика по выявлению племенной ценности быков-производителей мясных пород на основании их оценки по качеству потомства не позволяет в полном объеме продемонстрировать их наследственные особенности. Отсутствуют статистически значимые различия по хозяйственно-полезным признакам и селекционным индексам. Результаты повторных проведенных оценок производителей по качеству потомства не подтверждают первоначальных их результатов, что неприемлемо для племенного животноводства, что и представлено в заключительном отчете оценки быков-производителей.

В связи с этим проведены исследования по оценке быков-производителей по качеству потомства в трёх вариантах (таблица 1).

Учёт показателей селекционных признаков проводили согласно действующей методике, за исключением показателя «затрата кормов на 1кг прироста» из-за отсутствия в хозяйстве технической возможности его проведение.

Субиндексы потомков рассчитывали путем процентирования показателей продуктивности к средним показателям всех бычков, одновременно проходивших испытание, а субиндексы производителей, по каждому признаку устанавливали как среднеарифметическое значение этого показателя по группе их сыновей.

Таким образом, сыновья производителей сравнивались со средним показателем общей группы (всего поголовья), в которую входили и их сыновья. Анализ показателей таблицы исследования по первому варианту выявил, что потомки производителей по живой массе в возрасте 8 мес. не имели статистически значимых различий, как между собой, так и со средней по сумме трёх быков. В возрасте в 15 мес. представители производителя № 1015 по живой массе имели превосходство над сверстниками производителя № 1167 на 17 кг (4,2 %) ($p \leq 0,01$), а также суммы потомков трёх быков на 2,0 % ($p \leq 0,05$), при этом сыновья быка № 1167 уступали потомкам № 1015 на 4 % ($p \leq 0,01$). Промежуточные показатели у быка № 1183 были статистически не достоверны.

Характеристика показателей продуктивности быков-производителей по первому варианту, определили их комплексные индексы и их дальнейшее назначение в стаде.

Рейтинг по максимальному комплексному индексу 101,7 % выявлен у производителя № 1015, вторым по значению с 100,5 % индексом был бык № 1183, с минимальным значением данного показателя 97,5 % определился бык № 1167.

Таблица 1 – Три варианта оценки быков-производителей по качеству потомства
Table 1 – Three options for evaluating breeding bulls by the quality of their offspring

Порядковые и индивидуальный номер быка-производителя / Serial and individual number of the bull	Живая масса в возрасте / Live weight at the age of		Среднесуточный прирост с 8 до 15 мес. / Average daily increase from 8 to 15 months.		Прижизненная Оценка мясных качеств / Lifetime Evaluation meat qualities		Выраженность типа телосложения / Severity of body type		Комплекс. индекс / Complex index	
	8 мес. / 8 months	15 мес. / 15 мес.	г / g	индекс / index	балл / point	индекс / index	балл / point	индекс / index		
I вариант / variant 1										
№ 1 1015, n=15	211,9±2,3	425,9±2,4	102,1	1019,2±17,0	103,6	52,2±0,6	100,4	17,4±0,5	102,4	101,7
№ 2 1183, n=15	209,3±1,8	419,1±4,3	100,4	996,3±19,5	101,2	51,9±0,6	99,8	17,2±0,3	101,2	100,5
№ 3 1167, n=15	210,2±2,4	408,9±5,2**	97,9	946,1±19,3**	96,1	51,9±0,5	99,8	16,3±0,4	95,9	97,5
Σ = n=45	210,5±1,0	417,5±2,9*	100,0	984,7±11,6	100,0	52,0±0,3	100,0	17,0±0,2	100,0-	100,0
II вариант / variant 2										
№ 1 1015 n=15	211,9±2,3	425,9±2,4	102,9	1019,2±17,0*	105,0	52,2±0,6	100,6	17,4±0,5	103,6	103,6
Потомки Σ =№ 2+№ 3, n=30 / Downloads =№ 2+№ 3, n=30	209,7±2,2	414,0±3,5**	-	971,1±14,5	-	51,9±0,4	-	16,8±0,2	-	—
№ 1183, n=15	209,3±1,8	419,1±4,3	100,4	996,3±19,5	101,4	51,9±0,6	99,8	17,2±0,3	101,8	100,7
Потомки Σ =№ 1+№ 3, n=30 / Downloads =№ 1+№ 3, n=30	211,0±1,7	417,4±3,8	-	982,7±14,6	-	52,0±0,4	-	16,9±0,3	-	-
№ 3 1167, n=15	210,2±2,4	408,9±5,2	96,8	946,1±19,3	93,9	51,9±0,5	99,8	16,3±0,4	94,2	96,9
Потомки Σ =№ 1+№ 2, n=30 / Downloads =№ 1+№ 2, n=30	210,6±1,5	422,5±3,2*	-	1007,8±13,1**	-	52,0±0,4	-	17,3±0,3	-	-
III вариант / variant 3										
№ 1 1015, n=15	211,9±2,3	425,9±2,4**	102,4	1019,2±17,0*	104,1	52,2±0,6	100,6	17,4±0,5	103,1	102,0
Сверстники, n=75 / Peers, n=75	210,1±1,0	416,0±2,2	-	979,4±9,1	-	51,9±0,2	-	16,9±0,4	-	-
№ 2 1183 n=15	209,3±1,8	419,1±4,3	100,4	996,3±19,5	101,2	51,9±0,6	100,0	17,2±0,3	101,8	100,7
Сверстники, n=75 / Peers, n=75	210,6±1,1	417,5±2,4	--	984,1±9,6	-	52,0±0,3	-	16,9±0,5	-	-
№ 3 1167, n=15	210,2±2,4	408,9±5,2	97,4	946,1±19,3	96,1	51,9±0,5	99,8	16,3±0,4	95,3	97,7
Сверстники, n=75 / Peers, n=75	210,5±2,0	419,5±2,1	-	984,1±2,1	--	52,0±0,2	-	17,1±0,4	-	-

По живой массе I вариант *P ≤ 0,05 – относительно потомков быка 1167, II вариант – *P(p≤0,01) – относительно потомков Σ=№ 2+№ 3 и Σ = № 1+№ 2, III вариант*P (p≤0,01) – относительно потомков быка 1015. По среднесуточному приросту I вариант *P ≤ 0,01 – относительно потомков быка 1167, II вариант – *P ≤ 0,05 – относительно продолжателей быка 1015, *P ≤ 0,01 – относительно сыновей Σ = № 1 + № 2, III вариант *P ≤ 0,05 – относительно бычков производителя 1015.

In terms of live weight, Variant I *P ≤ 0,05 relative to the descendants of the bull 1167, Variant II – *P(p≤0,01) relative to the descendants of Σ=№ 2+№ 3 and Σ = № 1+№ 2, Variant III *P (p≤0,01) relative to the descendants of the bull 1015. According to the average daily gain, variant I *P ≤ 0,01 relative to the descendants of the bull 1167, Variant II – *P ≤ 0,05 relative to the bull's successors 1015, *P ≤ 0,01 – relative to sons Σ = № 1 + № 2, III variant *P ≤ 0,05 – relative to bulls of sire 1015.

Разница показателей комплексных индексов по селекционным признакам влияла на точность ранжирования оценённых производителей на их племенную ценность.

В действующих нормативных документах по оценке производителей по качеству потомства в мясном скотоводстве за основу взят метод сравнения продуктивности между сыновьями (сверстниками) проверяемых производителей. Он позволяет выявить лучших и худших из сравниваемой группы и ранжировать их по величине комплексного индекса. Действие этого метода распространяется только на данную группу производителей, а не на стадо. В итоге усредняются показатели потомков высоко- и низкопродуктивных производителей, что снижает комплексный индекс по каждому оцениваемому признаку, в сумме которого и определяется племенной их статус.

Во втором варианте оценки этих же производителей по качеству потомства, индекс каждого из них рассчитывался относительно общей суммы показателей двух других быков совместно оцениваемых, но без учёта показателей сыновей оцениваемого быка.

Так, показатели сыновей производителя № 1015 имели преимущество по живой массе в 15мес относительно от общей суммы потомков отцов № 1883 и № 1167 на 2,9 % ($p \leq 0,05$), среднесуточному приросту на 7,7 % ($p \leq 0,05$). Продолжатели производителя № 1183 преобладали по живой массе и интенсивности среднесуточного прироста относительно средних показателей потомков двух других одновременно оцениваемых, однако статистически не достоверно. Сравнительная характеристика значений потомков быка № 1167 с средними показателями сверстников производителей № 1015 и № 1183 выявила отставание по живой массе 3,2 % ($p \leq 0,05$) и среднесуточному приросту на 9,4 %, ($p \leq 0,01$).

Результаты оценки производителей по второму варианту выявили увеличения комплексного индекса у производителей № 1015 на 1,9, № 1183 на 0,2, а № 1167 снизил на 0,6 пункта, при этом ранг племенной ценности их остался прежним.

Данный метод не позволяет нивелировать показатели сыновей более высокопродуктивных отцов и не способствует завышению комплексных индексов менее продуктивных производителей одновременно проходившие оценку.

Отличительной особенностью данного метода является то, что показатели селекционных признаков потомков оцениваемых производителей так же, как и в первом варианте не могут сравниваться с показателями сверстников всего стада, что ведёт к недостоверным результатам их оценки.

В третьем варианте оценки быков-производителей, где комплексный индекс по каждому оцениваемому признаку рассчитывался отношением показателей сыновей оцениваемого быка к показателям продуктивности потомков двух вместе оцениваемых быков и бычков-сверстников всего стада. По результатам анализа исследования по третьему варианту выявлено, что потомки быка № 1015 по показателям средней живой масса на 2,4 % ($p \leq 0,01$) и на 4,1 % ($p \leq 0,01$) показатели среднесуточного прироста средних значений суммы потомков двух быков и сверстников стада. Не выявлено статистически различия показателей бычков производителей № 1183 и № 1167 относительно потомков быка № 1015 и бычков всего стада.

Особенностью третьего варианта является то, что группа сверстников сформирована таким образом, что она отражает не уровень продуктивности небольшой группы (2-3) быков, генетический потенциал которых может быть как высоким, так и низким, что не может не сказаться на результативности оценки отдельно взятого быка, а максимально соответствует уровню продуктивности данного стада, являясь репрезентативной выборкой из него. В идеальном варианте это все бычки сверстники данного стада, сыновья всех производителей, используемых в хозяйстве.

Третий вариант оценки производителей по качеству потомства, где показатели их сыновей сравниваются с показателями сверстников всего стада, способствует тестированию одного производителя относительно стада.

Современная селекционно-племенная работа по выявлению препотентных быков-производителей требует от учёных и практиков более полную и достоверную информацию относительно той, что представлена в существующем нормативном документе. Племенная ценность оцениваемых производителей должна определяться в сравнительном аспекте по стаду, заводских линий, породы, что и будет гарантом их препотентности. Вместе с тем, при участии в испытании только потомства оцениваемых быков (по методическим указаниям не менее 3-х, 5-и производителей), можно установить только ранг быков в этой группе, кто из них лучше, а кто хуже, так как вывод может быть сделан только по отношению к этой группе оцениваемых животных, но не к стаду или популяции.

Сверстники (аналоги), с которыми должно сравниваться потомство проверяемых производителей, должны в первую очередь служить базой (эталоном) сравнения, отражающей по наследственным качествам средний уровень данной популяции (стада). Чем от большего количества отцов они будут получены, тем качественнее будет оценка.

При оценке производителей по предлагаемому нами методу быки с потенциалом продуктивности меньшим, чем в среднем по стаду, не смогут быть оценены 100 баллами и выше, а с высоким потенциалом – менее 100 баллов, все они будут оценены в соответствии со своими племенными качествами.

Такой подход повышает вероятность того, что производитель, при тестировании оцененный как лучший, и при последующем использовании не снизит своих племенных качеств и будет оказывать положительное влияние на рост продуктивности своего потомства и максимально исключает возможность отрицательного его воздействия.

До настоящего времени всеми известными нам методическими указаниями по оценке производителей мясных пород по качеству потомства сыновья оцениваемых быков сравниваются с сыновьями других производителей, одновременно задействованных с ними в оценке (с сыновьями 3-5 производителей), и мы не встречали сообщений о целесообразности сравнения со сверстниками стада, отражающими средний уровень продуктивности, характерный для данного стада. Это обстоятельство дает основание считать, что заявляемый нами способ будет максимально достоверным и методом оценки быков-производителей по качеству потомства и определения их племенной ценности в мясном скотоводстве, что послужит ускорению селекционного процесса.

Влияние методов оценки на племенную категорию быков-производителей в мясном скотоводстве было изучено в исследованиях в племенных стадах по русской комолой и герфордской пород [19, 20].

Заявляемый нами способ будет максимально достоверным методом оценки быков-производителей по качеству потомства и определения их племенной ценности в мясном скотоводстве, что послужит ускорению селекционного процесса.

Заключение. Анализ проведенных исследований по оценке быков-производителей по качеству потомства в мясном скотоводстве позволяет сделать общий вывод о необходимости пересмотреть вопрос о формировании базы сравнения, она не должна быть подвергнута влиянию наследственности отдельных животных, а должна соответствовать среднему уровню продуктивности данного стада. В качестве базы сравнения должны использоваться не потомки ограниченного числа быков, генетический потенциал которых может не отражать среднего уровня продуктивности, свойственный стаду, а взяты сверстники, генетический потенциал продуктивности которых соответствует уровню этого стада, в идеальном случае это все сверстники-аналоги, полученные от всех быков данного стада.

Conclusions. Analysis of the conducted studies on the evaluation of breeding bulls by the quality of their offspring in beef cattle breeding allows us to draw a general conclusion about the need to reconsider the issue of forming a comparison base; it should not be influenced by the heredity of individual animals, but should correspond to the average level of productivity of a given herd. The basis for comparison should not be the descendants of a limited number of bulls, whose genetic potential may not reflect the average level of productivity characteristic of the herd, but peers whose genetic productivity potential corresponds to the level of this herd, ideally all peers-analogues obtained from all bulls of this herd.

Библиографический список

1. Дунин И. М. и др. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации: реалии и перспективы. Молочное и мясное скотоводство. 2020. No 2. С. 2-7.
2. Awasthi T. R., Morshed A., Williams T., et al. Simulation Approaches Used for Management and Decision Making in the Beef Production Sector: A Systematic Review. Animals (Basel). 2024. No 14 (11). 1632.
3. Shevchenko P., Baimenov B., Ulyanov V., et al. Increasing Beef Production in the Northern Region of the Republic of Kazakhstan Using the Genetic Resources of Aberdeen Angus Cattle of Different Genotypes. Animals (Basel). 2024. No 14 (24). 3584.
4. Об утверждении методик оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных в государствах-членах Евразийского экономического союза: методика оценки племенной ценности крупного рогатого скота мясного направления продуктивности № 149. 2020. 62 с.
5. Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы: постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 г. N 996.
6. Масленникова Е. С. Эффективность использования быков, оцененных по качеству потомства и геному, в хозяйствах Ленинградской области. Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 6. С. 12-18.
7. Cardoso D. F., Fernandes Júnior G. A., Scalez D. C. B., et al. Uncovering Sub-Structure and Genomic Profiles in Across-Countries Subpopulations of Angus Cattle. Albuquerque LG.Sci Rep. 2020. No 10 (1). 8770.

8. Fernandes G. M., Savegnago R. P., El Faro L., et al. Economic values and selection index in different Angus-Nellore cross-bred production systems. de Paz CCP. J Anim Breed Genet. 2018. No 135 (3). Pp. 208-220.
9. Bissembayev A. T., Shamshidin A. S., Kasenov Z. M., et al. The Level of Breeding Value of Cattle of the Auliekol Breed, Calculated by the Blup Method. OJBS. 2023. No 23. Pp. 226-235.
10. Мамонтова А. И. и др. Сравнение эффективности применения Test-day model и других модификаций метода BLUP для оценки племенной ценности быков-производителей симментальской породы. Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 3. С. 8-11.
11. Guinan F. L., Wiggans G. R., Norman H. D., et al. Changes in genetic trends in US dairy cattle since the implementation of genomic selection. J Dairy Sci. 2023. No 106. Pp. 1110-1129.
12. Отраднов П. И., Сермягин А. А. Оценка быков-производителей по качеству потомства в стадах с разным уровнем продуктивности для выявления взаимодействия генотипа со средой. Достижения науки и техники АПК. 2022. № 36 (11). С. 56-61.
13. Хайруллина Н. И., Фенченко Н. Г., Шамсутдинов Д. Х., Шагалиев Ф. М. Эффективность использования генетического потенциала быков-производителей различных линий. Молочное и мясное скотоводства. 2020. № 6. С. 24-26.
14. Иванова И. П. Эффективность определения племенной ценности быков-производителей в зависимости от метода оценки. Вестник КрасГАУ. 2024. № 1 (202). С. 119-124.
15. Габидулин В. М., Белоусов А. М., Тагиров Х. Х. Определение племенной ценности быков-производителей в зависимости от метода оценки. Вестник мясного скотоводства. 2016. № 2 (94). С. 22-26.
16. Амерханов Х. А. и др. Порядок и условия проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота мясного направления продуктивности. Нормативный документ. Москва: НТС МСХ РФ, 2012. 36 с.
17. Амерханов Х. А., Белоусов А. М., Каюмов Ф. Г. и др. Порядок и условия оценки быков-производителей мясных пород по собственной продуктивности и качеству потомства. 2013. 22 с.
18. Вельматов А. П. и др. Взаимосвязь хозяйственно-полезных признаков и их использование в практической селекции. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1 (53). С. 143-149.
19. Габидулин В. М., Алимова С. А. Влияние типа телосложения быков-производителей абердин-ангусской породы на оценку их племенной ценности. Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 1. С. 91-100.
20. Дубовскова М. П., Шевхужев А. Ф., Погодаев В. А., Молодожникова Н. М. Результаты оценки генеалогических линий скота по селекционным признакам при создании высокопродуктивного стада герефордской породы. Молочное и мясное скотоводство. 2024. № 5. С. 26-29.

References

1. Dunin I. M. et al. State of Meat Cattle Breeding in the Russian Federation: Realities and Prospects. Dairy and beef cattle breeding. 2020. No 2. Pp. 2-7.
2. Awasthi T. R., Morshed A., Williams T., et al. Simulation Approaches Used for Management and Decision Making in the Beef Production Sector: A Systematic Review. Animals (Basel). 2024. No 14 (11). 1632.
3. Shevchenko P., Baimenov B., Ulyanov V., et al. Increasing Beef Production in the Northern Region of the Republic of Kazakhstan Using the Genetic Resources of Aberdeen Angus Cattle of Different Genotypes. Animals (Basel). 2024. No 14 (24). 3584.
4. On Approval of Methods for Assessing the Breeding Value of Farm Animals in the Member States of the Eurasian Economic Union: Methodology for Assessing the Breeding Value of Beef Cattle No 149. 2020. 62 p.
5. On Approval of the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017-2030: Decree of the Government of the Russian Federation of August 25, 2017 N 996.
6. Maslennikova E. S. Efficiency of Using Bulls Assessed by Progeny Quality and Genome in Farms of the Leningrad Region. Dairy and beef cattle breeding. 2020. № 6. Pp. 12-18.
7. Cardoso D. F., Fernandes Júnior G. A., Scaletz D. C. B., et al. Uncovering Sub-Structure and Genomic Profiles in Across-Countries Subpopulations of Angus Cattle. Albuquerque LG.Sci Rep. 2020. No 10 (1). 8770.
8. Fernandes G. M., Savegnago R. P., El Faro L., et al. Economic values and selection index in different Angus-Nellore cross-bred production systems. de Paz CCP. J Anim Breed Genet. 2018. No 135 (3). Pp. 208-220.
9. Bissembayev A. T., Shamshidin A. S., Kasenov Z. M., et al. The Level of Breeding Value of Cattle of the Auliekol Breed, Calculated by the Blup Method. OJBS. 2023. No 23. Pp. 226-235.
10. Mamontova A. I. et al. Comparison of the effectiveness of the Test-day model and other modifications of the BLUP method for assessing the breeding value of bulls of the Simmental breed. Dairy and beef cattle breeding. 2020. № 3. Pp. 8-11.
11. Guinan F. L., Wiggans G. R., Norman H. D., et al. Changes in genetic trends in US dairy cattle since the implementation of genomic selection. J Dairy Sci. 2023. No 106. Pp. 1110-1129.
12. Otradnov P. I., Sermyagin A. A. Estimation of bulls by the quality of offspring in herds with different levels of productivity to identify the interaction of genotype with the environment. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2022. № 36 (11). Pp. 56-61.
13. Khairullina N. I., Fenchenko N. G., Shamsutdinov D. Kh., Shagaliev F. M. Efficiency of Using the Genetic Potential of Bulls of Different Lines. Dairy and beef cattle breeding. 2020. № 6. Pp. 24-26.
14. Ivanova I. P. Efficiency of Determining the Breeding Value of Bulls Depending on the Assessment Method. Vestnik KrasGAU. 2024. № 1 (202). Pp. 119-124.
15. Gabidulin V. M., Belousov A. M., Tagirov Kh. Kh. Determination of the breeding value of bulls depending on the valuation method. Bulletin of Beef Cattle Breeding. 2016. No 2 (94). Pp. 22-26.
16. Amerkhanov Kh. A. et al. Procedure and conditions for bonitization of pedigree cattle of meat productivity. Regulatory document. Moscow: NTS MSH RF, 2012. 36 p. (In Russian)
17. Amerkhanov Kh. A., Belousov A. M., Kayumov F. G., et al. Procedure and Conditions for Evaluating Bulls of Meat Breeds by Own Productivity and Quality of Offspring. 2013. 22 p. (In Russian)
18. Velmatov A. P. et al. Relationship between Economically Useful Traits and their use in practical breeding. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021. № 1 (53). Pp. 143-149.

19. Gabidulin V. M., Alimova S. A. Influence of body type of Aberdeen-Angus bulls on the assessment of their breeding value. *Animal husbandry and fodder production*. 2023. T. 106. No 1, pp. 91-100.

20. Dubovskova M. P., Shevkhuzhev A. F., Pogodaev V. A., Molodozhnikova N. M. Results of the assessment of genealogical lines of cattle by selection characteristics in the creation of a highly productive herd of the Hereford breed. *Dairy and beef cattle breeding*. 2024. No 5. P. 26-29.

Информация об авторах

Габидулин Вячеслав Михайлович, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29), e-mail: Gabidulin.V.M@yandex.ru

Хайнацкий Валерий Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29), e-mail: valery.hainatsky@yandex.ru

Authors' Information

Gabidulin Vyacheslav Mikhailovich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agro technologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, 9th January St., 29), e-mail: Gabidulin.V.M@yandex.ru

Khainatsky Valery Yurievich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, 9th January St., 29), e-mail: valery.hainatsky@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-35

THE EFFECT OF VARIOUS COMPOUNDS AND LEVELS OF SELENIUM IN THE REARING OF THE PIG REPLACEMENTS

¹Chabaev M. G., ¹Klementyev M. I., ²Kopteva Yu. S.

¹*Federal Scientific Center for Animal Husbandry named after Academician L. K. Ernst
Podolsk, Moscow region, Russian Federation*

²*BMPK LLC*

Bryansk, Russian Federation

Corresponding author E-mail: chabaev.m.g-1@mail.ru

Received 11.05.2025

Submitted 10.06.2025

Abstract

Introduction. One of the main conditions for increasing the productivity of farm animals is a balanced, complete feeding according to detailed feeding standards. Inadequacy of feed rations in terms of the main nutritional and biologically active components leads to disruption of metabolic processes and a decrease in nonspecific resistance, diseases of the reproductive system, which negatively affects the economic indicators of the industry [5, 7, 8, 9, 10]. **Object of the study.** Danish genetics pigs – Danish bred were selected in the period from 26 (weaning) to 180 days of age. **Materials and methods.** Scientific and production experience in feeding organic selenium as part of a new selenium-containing additive B-Traxim selenium was carried out on pigs in the period from 26 (weaning) to 180 days of age. Testing was carried out at the pig complex – "Peretorg" – Bryansk meat processing company "Tsar-myaso". Weaned piglets of the 1st control group received the basic ration (BR) feed with the addition of 1 % sodium selenite in the amount of 20 g / t of feed, while the young animals of the 2nd and 3rd experimental groups ate feed (BR) with the addition of selenium proteinate in the form of the additive B-Traxim selenium 1.1 % in the amount of 20 and 15 g / t of feed, respectively. During the period of industrial testing, replacement young pigs of the control and experimental groups up to 180 days of age were fed compound feeds of the following recipes: SK-3 – from 26 to 42 days of age; SK-4 – from 43 to 90 days of age; SK-5 – from 91 to 120 days of age; SK-6 – from 121 to 150 days of age; SK-9 – from 151 to 180 days of age. **Results and conclusions.** Feeding the gilts of the 2nd and 3rd experimental groups with different levels of chelated selenium compound in the compound feeds SK-3, SK-4, SK-5, SK-6, SK-9 from 26 to 180 days of age ensured an increase in live weight and average daily gains by 6.0; 5.3 and 10.0; 9.6 %, respectively, compared to the control animals. Inclusion of selenium proteinate in the dose of 20 and 15 g/t of feed for the gilts of the 2nd and 3rd experimental groups contributed to a decrease in the cost of energy feed units by 6.3 and 5.8 %, crude protein by 6.6 and 5.9 % relative to the control variant. During the study of the morphological and biochemical profile of blood during the period of industrial testing, the replacement pigs were within the physiological norm, which confirms the balance of feed rations for the main nutritional components and energy. Feeding the replacement young pigs of the 2nd and 3rd experimental groups with organic selenium contributed to obtaining additional profit per head, respectively – 1782; 1587 rubles.

Keywords: *inorganic selenium, organic selenium, live weight of pigs, average daily gain of pigs, blood indicators of pigs, feeding of pigs.*

Citation. Chabaev M. G., Klementyev M. I., Kopteva Yu. S. The effect of various compounds and levels of selenium in the rearing of the pig replacements. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 331-337 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-35.

Author's contribution. In this experiment, all authors took part in the planning, implementation, and analysis of the results of the research. The presented version of the article was approved by all authors.

Conflict of interest. The authors did not declare a conflict of interest.

УДК 636.4.083.37+636.4.087.72

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И УРОВНЕЙ СЕЛЕНА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РЕМОНТНОГО МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ

¹Чабаев М. Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Клементьев М. И., кандидат сельскохозяйственных наук, докторант

²Коптева Ю. С., кандидат биологических наук

¹ФГБНУ Федеральный научный центр животноводства-ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста
г/о Подольск, Московская область, Российская Федерация

²ООО «БМПК»

г. Брянск, Российская Федерация

Актуальность. Одним из основных условий увеличения продуктивности сельскохозяйственных животных является сбалансированное полноценное кормление по детализированным нормам кормления. Неполноценность кормовых рационов по основным питательным и биологически активным компонентам приводит к нарушению обменных процессов и снижению неспецифической резистентности, заболеваниям репродуктивной системы, который отрицательно проявляется на экономических показателях отрасли [5, 7, 8, 9, 10]. **Объект исследования.** Были выбраны свинки датской генетики – данбред в период с 26 (отъем) до 180 дневного возраста. **Материалы и методы.** Научно-производственный опыт по скармливанию органического селена в составе новой селенсодержащей добавки В-Траксим селен проводили на свинках в период с 26 (отъем) до 180-дневного возраста. Апробация проводилась на свиномкомплексе – «Переторги» – Брянской мясоперерабатывающей компании «Царь-мясо». Отъемные поросята 1-ой контрольной группы получали корм основного рациона (ОР) с внесением 1 % селенита натрия в количестве – 20 г/т корма, тогда как молодняк 2-ой и 3-ей опытных групп съедали корма (ОР) с внесением протеината селена в виде добавки В-Траксим селен 1,1 % в количестве 20 и 15 г/т корма соответственно. В период проведения производственной апробации ремонтному молодняку свиней контрольной и опытных групп до 180 дневного возраста скармливали комбикорма следующих рецептур: СК-3 – с 26 до 42 – дневного возраста; СК-4 – с 43 до 90 дневного возраста; СК-5 – с 91 до 120 дневного возраста; СК-6 – с 121 до 150 – дневного возраста; СК-9 – с 151 до 180 дневного возраста. **Результаты и выводы.** Скармливание ремонтным свинкам 2-й и 3-й опытных групп в составе комбикормов – СК-3, СК-4, СК-5, СК-6, СК-9 с 26 до 180 дневного возраста разных уровней хелатного соединения селена обеспечило повышение живой массы и среднесуточных приростов соответственно на – 6,0; 5,3 и 10,0; 9,6 % в сравнении с контрольными животными. Включение ремонтным свинкам 2-й и 3-й опытных групп протеината селена в дозе 20 и 15 г/т корма способствовало снижению затрат энергетических кормовых единиц на 6,3 и 5,8 %, сырого протеина на 6,6 и 5,9 % по отношению контрольного варианта. При исследовании морфологического и биохимического профиля крови в период проведения производственной апробации ремонтные свинки находились в пределах физиологической нормы, что подтверждает сбалансированность кормовых рационов по основным питательным компонентам и энергии. Скармливание ремонтному молодняку свиней 2-й, 3-й опытных групп селена органической природы способствовало получению дополнительной прибыли на 1 голову соответственно – 1782; 1587 рублей

Ключевые слова: неорганический селен, органический селен, живая масса свиней, среднесуточный прирост свиней, показатели крови свиней, кормление свиней.

Цитирование. Чабаев М. Г., Клементьев М. И., Коптева Ю. С. Влияние различных соединений и уровней селена при выращивании ремонтного молодняка свиней. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 331-337. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-35.

Авторский вклад. В данном эксперименте все авторы принимали участие в планировании, выполнении, а также анализе полученных результатов исследований. Представленный вариант статьи одобрен всеми авторами.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. При организации полноценного питания сельскохозяйственных животных важная роль принадлежит селену, который входит в состав ферментов, гормонов, влияет на белковый, липидный и углеводный обмен, воспроизводительную способность, участвует в окислительно-восстановительных процессах, обеспечивает функционирование защитной глутатионпероксидазной системы, способен усиливать функции биологического окисления, способствует нормальному формированию физиологической функции мышечной ткани, поддерживает в нормальном состоянии органы эндокринной системы и зрения [2-5, 7-10].

Дефицит селена в кормах рациона приводит к нарушению микроциркуляции и повышению проницаемости капиллярных и клеточных мембран, который приводит к снижению функциональной активности важнейших гормонов, ферментов щитовидной железы, иммунитета, нарушаются функции перекисей липидов, развивается оксидантный стресс, дистрофия в печени у животных [2-7].

Избыточная концентрация селена в кормовом рационе сельскохозяйственных животных и птицы приводит к острым и хроническим отравлениям [1].

В последние 40-45 лет зарубежная и отечественная промышленность освоили выпуск органических микроэлементов с культивирование их с соевым гидролизатом, которые в пищеварительном тракте усваиваются легко.

В связи с этим большой научный и практический интерес представляет скормливание ремонтному молодняку свиней разных соединений и уровней селена.

Целью исследований было изучение скормливания различных форм и уровней селена при выращивании ремонтных свинок от отъема (26 дней) до 6-ти месячного возраста.

Материалы и методы. Исследования по скормливанию органического селена молодняку свиней датской генетики – данбред с 26 – до 180 дневного возраста проводили на комплексе – «Переторги» Брянской мясоперерабатывающей компании "Царь-мясо". Для проведения производственного опыта нами были комплектованы три группы свинок в возрасте 26 дней (по 21 голов в каждой группе). Комплектование групп свинок проводили методом групп аналогов по живой массе при рождении и при постановке апробации свинки были разделены на три группы по принципу аналогов (таблица 1).

Таблица 1 – Схема научно-производственного опыта
Table 1 – Scheme of scientific and production experience

Группа / Group	Количество голов в группе / Number of pigs in a group	Условия кормления / Feeding conditions
1-контрольная / Control 1	21	ОР+0,20 г/т корма неорганического селена / basic ration + 0.20 g/t of inorganic selenium feed
2-опытная / Experimental 2	21	ОР+0,20 г/т корма органического селена / basic ration + 0.20 g/t organic selenium feed
3-опытная / Experimental 3	21	ОР+0,15 г/т корма органического селена / basic ration + 0.15 g/t organic selenium feed

В период проведения производственной апробации поросята (свинки) всех трех групп получали комбикорма следующих рецептур: СК-3 – с 26 до 42 – дневного возраста; СК-4 – с 43 до 90 дневного возраста; СК-5 – с 91 до 120 дневного возраста; СК-6 – с 121 до 150 – дневного возраста; СК-9 – с 151 до 180 дневного возраста.

При проведении производственной апробации поросята контрольной группы съедали в кормах 20 г/т селенита натрия – 1-процентного, тогда как свинки – 2-й и 3-й опытных групп в кормовом рационе получали – 20 и 15 г/т – новой селеносодержащей кормовой добавки – органического происхождения В-Траксим Селен – 1,1 %.

В ходе проведения производственной апробации нами ежедневно учитывали расход комбикорма, обменной энергии и переваримого протеина на единицу продукции. Ремонтных свинок взвешивали через каждые 30 дней.

Содержание подопытных свинок всех трех групп при проведении научно-производственной апробации было групповым.

Лабораторные исследования морфологического, биохимического, иммунологического состава крови проводили в Брянской межобластной ветеринарной лаборатории по общепринятым методикам.

Экономическая оценка целесообразности использования в рационах выращиваемого ремонтного молодняка свиней изучаемых добавок проводилась расчетным путем с учетом затрат на содержание и суммы выручки от реализации продукции.

Собранные цифровые данные обработаны методом биометрической статистики по Плохинскому Н. А. (1969) при использовании соответствующих программ Microsoft Office Excel 2007 и STATISTICA.

Результаты и обсуждение. Включение в состав комбикормов опытных групп выращиваемого молодняка свиней разных соединений и количеств селена способствовало увеличению живой массы и среднесуточных приростов соответственно на 6,4; 5,3 и 6,5; 5,6 % в сравнении с контрольными животными (таблица 2).

Увеличение продуктивности ремонтных свинок при внесении в состав кормов рациона 2-й и 3-й опытных групп селена органического происхождения объясняется биологической ценностью рационов, обогащенных протеинатом селена, которые в отличие от неорганической формы селена обладают хорошей биодоступностью и биоактивностью.

Таблица 2 – Динамика массы тела ремонтных свинок (n=21)

Table 2 – Dynamics of body weight of gilts (n=21)

Показатель / Index	Группа / Group		
	1	2	3
Живая масса, кг / Live weight, kg			
при постановке – 26 дней / Upon setting – 26 days	7,34±0,35	7,39±0,36	7,41±0,34
в 180 – дневном возрасте / at 180 days of age	100,05±1,32	106,04±1,4**	105,41±1,41**
В % к контролю / % of control	100,0	106,40	106,36
Абсолютный прирост, кг / Absolute increase, kg	92,71±1,29	98,65±1,31**	98,00±1,34**
В % к контролю / % of control	100,00	106,40	105,70
Среднесуточный прирост, г / Average daily increase, g	602±5,97	641±6,12***	636±6,16***
в % к контролю / % of control	100,0	106,5	105,6
Затрачено на 1 кг прироста / Spent per 1 kg of growth			
ЭКЕ / ECE	3,57	3,35	3,37
обменной энергии на 1кг прироста, МДж / of metabolic energy per 1 kg of growth, MJ	35,7	33,5	33,73
сырого протеина на 1 кг прироста, г / crude protein per 1 kg of growth, g	448,67	421,01	423,83
кормов на 1 кг прироста, кг / feed per 1 kg of growth, kg	2,69	2,52	2,54

Достоверно при: ** - $P \leq 0,01$; *** - $P \leq 0,001$

Valid at: ** - $P \leq 0.01$; *** - $P \leq 0,001$

Скармливание ремонтному молодняку свиней опытных групп селена органического происхождения, взамен неорганической формы обеспечило уменьшению энергетических кормовых единиц на 6,6 и 5,9 %, сырого протеина на 6,6 и 5,9 % по отношению контрольного варианта.

Таким образом, производственная апробация показала, что включение в корма рациона ремонтного молодняка свиней опытных групп органических соединений селена в сравнении с контролем оказало положительное влияние на продуктивные и экономические показатели.

В организме сельскохозяйственных животных с возрастом протекают сложные морфологические и биохимические процессы, что приводится в таблице 3.

Таблица 3 – Гематологические показатели (M±m, n=3)

Table 3 – Hematological indicators (M±m, n=3)

Показатель / Index	Группа / Group		
	1	2	3
Эритроциты, $10^{12}/л$ / Erythrocytes, $10^{12}/l$	10,15±1,07	10,70±0,95	10,85±0,91
Лейкоциты, $10^9/л$ / Leukocytes, $10^9/l$	9,02±1,28	9,62±1,47	9,52±1,12
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	128,43±2,96	137,27±3,64	136,2±3,82
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	69,73±1,63	75,43±2,18	75,12±2,47
Альбумины, г/л / Albumins, g/l	36,86±0,84	41,96±0,96	41,82±0,102
Глобулины, г/л / Globulins, g/l	32,87±1,47	33,49±1,31	33,30±1,45
Качественный показатель, А/Г / Quality indicator, A/Y	1,12	1,25	1,25
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	7,22±0,75	6,85±0,82	6,90±0,75
АЛТ, МЕ/л / ALT, IU/l	40,23±1,36	44,02±1,47	43,97±1,52
АСТ, МЕ/л / AST, IU/l	29,73±1,17	33,45±1,24	33,29±1,31
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	4,67±0,16	4,48±0,12	4,50±0,11
Креатинин, ммоль/л / Creatinine, mmol/l	113,8±7,86	102,7±6,92	103,3±7,25
Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/l	2,75±0,06 4	2,91±0,05	2,89±0,03
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l	3,65±0,18	3,81±0,23	3,80±0,25
Соотношение Ca/P, ед. / Ca/P ratio, units	0,75	0,76	0,76

Следует отметить, что при исследовании морфологического и биохимического профиля крови в период проведения производственной апробации ремонтные свинки, получавшие в рационах разные формы и уровни селена, находились в пределах референсных значений. Однако в крови ремонтных свинок опытных групп, встречаются некоторые расхождения в морфологических показателях по сравнению с контролем.

Высокая продуктивность ремонтных свинок опытных групп в сравнении с контролем отразилась на увеличении в крови содержания – эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина на 6,4-5,9; 5,5-4,2; 6,9-6,6 % соответственно.

При скармливании ремонтным свинкам опытных групп селена органической природы в сравнении с контролем, выявлено повышение общего белка в плазме крови на 8,2 и 7,7 %. Интенсивность белкового обмена в организме животных определяется по соотношению в плазме крови альбуминовой к глобулиновой фракции.

Белковый показатель ремонтного поголовья свинок опытных групп, получавших разные уровни органического селена, взамен неорганической формы составил 1,25 против 1,12 единиц, который на – 11,6 % выше по сравнению с аналогами контрольного варианта.

Внесение в состав кормов рациона опытных групп селена органической природы обеспечило снижение содержания в плазме крови мочевины на 5,4 и 4,3 %, что обусловлено более глубокими биосинтетическими процессами в организме ремонтного молодняка свиней.

Обмен белка в организме с.-х. животных катализируется определенным количеством ферментов, которые находятся в единой системе биохимических процессов, протекающих в организме животных. К таким ферментам – катализирующих процесс обмена белка, считаются трансаминазы – ферменты – переаминирования – аспаратаминотрансфераза – АСТ и аланинаминотрансфераза – АЛТ, обладающие большой каталитической активностью.

В сыворотке крови ремонтных свинок опытных групп активность ферментов АСТ и АЛТ была достоверно выше контрольных значений на 9,4 и 9,2 % и 12,5 и 11,9 %, что указывает на более эффективное усвоение аминокислот в желудочно-кишечном тракте.

Содержание глюкозы в сыворотке крови с.-х. животных показывает обеспеченность организма энергией. Введение в корма рациона ремонтных свинок опытных групп разных уровней селена органической природы, взамен неорганической способствовало снижению в плазме крови на 4,2 и 5,4 % по сравнению с контролем, что подтверждает глюкоза использовалась более интенсивно и согласуется с результатами, полученными при проведении исследований.

При изучении показателей минерального обмена было установлено увеличение в плазме крови ремонтных свинок опытных групп содержание кальция на – 5,8 и 5,1 % и фосфора на – 4,4 и 4,1 %, что по сравнению с контролем.

В организме с.-х. животных работают ряд защитных систем, которые обеспечивают защиту от инфекционных возбудителей, оказывающих влияние на здоровье выращиваемого молодняка свиней (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели резистентности крови ремонтных свинок
Table 4 – Blood resistance indicators of gilts

Показатель / Index	Группа / Group		
	1-контрольная / Control 1	2-опытная / Experimental 2	3- опытная / Experimental 3
% лизиса / % lysis	46,47±2,71	56,19±3,24	62,12±3,73*
лизоцима, мкг/мл сыворотки / lysozyme, µg/ml of serum	0,92±0,17	1,36±0,27	1,24±0,39
уд.ед.а, ед.а/мг белка / b.u.a., u.a/mg protein	3,15±0,31	3,79±0,19	3,81±0,17
Бактерицидная активность, % / Bactericidal activity, %	50,64±3,82	56,43±4,39	56,42±4,23
Фагоцитарная активность, % / Phagocytic activity, %	46,25±3,48	49,53±3,56	49,12±4,27
Фагоцитарный индекс / Phagocytic index	3,34±0,36	3,87±0,26	3,83±0,41
Фагоцитарное число / Phagocyte number	1,81±0,16	1,91±0,32	1,89±0,36

* P ≤ 0,05.

Использование в кормовых рационах ремонтных свинок 2-й и 3-й опытных групп селена органической формы обеспечило увеличение содержания лизоцима в сыворотке крови на 47,8 и 34,8 % по сравнению с аналогами контрольного варианта.

Проведенные исследования показали, что при обогащении кормовых рационов выращиваемого молодняка свиней 2-й и 3-й опытных групп селеном органической природы способствовало увеличению бактерицидной активности на 5,79 и 5,78 % по сравнению с контролем.

Включение в состав комбикормов 2-й и 3-й опытных групп разных уровней органического селена обеспечило увеличение фагоцитарной активности по отношению контроля на 3,28 и 2,87 %.

Фагоцитарное число показывает поглотительную способность нейтрофилов. При анализе таблицы 4 отмечено увеличение фагоцитарного индекса и фагоцитарного числа у выращиваемого молодняка свиней опытных групп на 15,9; 14,7 и 5,5; 4,4 % в сравнении с контролем.

Следовательно, скормливание ремонтному молодняку свиней в составе кормов основного рациона селена органического происхождения в количестве – 15 г/т оказало положительное влияние на продуктивность, показатели крови и иммунитета.

Экономические расчеты показали, что ремонтный молодняк свиней 2-й, 3-й опытных групп, получавшие в составе кормового рациона – 20 и 15 г/т селена органического происхождения способствовало получению дополнительной прибыли на голову соответственно – 1782; 1587 рублей.

Заключение. Для кормления ремонтных свинок рекомендуем использовать органический селен в количестве – 15 г/т корма. При его кормлении увеличивается продуктивность и обменные процессы в организме с.-х. животных. При этом оптимальной дозировкой применения органического селена для ремонтных свинок является – 15 г/гол/сут.

Conclusions. For feeding replacement pigs, we recommend using organic selenium in the amount of 15 g/t of feed. When feeding it, productivity and metabolic processes in the body of farm animals increase. At the same time, the optimal dosage of organic selenium for replacement pigs is 15 g/head/day.

Библиографический список

1. Чабаяев М. Г., Цис Е. Ю., Некрасов Р. В., Клементьев М. И. Влияние различных форм селена на продуктивность и обмен веществ откармливаемого молодняка свиней в условиях производства Известия ТСХА. 2021. № 1. С. 55-65.
2. Ju Y., Liu M., Huang L., Luo Y., Qi L. Effects of Selenium Auricularia cornea Culture Supplementation on Growth Performance, Antioxidant Status, Tissue Selenium Concentration and Meat Quality in Growing-Finishing Pigs. Animals. 2021. V. 11. № 9. P. 15.
3. Jung H. Y., Lee H. J., Lee H. J., Kim Y. Y., Jo C. Exploring effects of organic selenium supplementation on pork loin: Se content, meat quality, antioxidant capacity, and metabolomic profiling during storage. Journal of Animal Science and Technology. 2024. V. 66. № 3. Pp. 587-602.
4. Kyoung H., Shin I., Kim Y., Cho J. H., Park K. I. Mixed supplementation of dietary inorganic and organic selenium modulated systemic health parameters and fecal microbiota in weaned pigs. Frontiers in Veterinary Science. 2025. V. 12. P. 13.
5. Li Z., Dong Y., Chen S., Jia X., Jiang X. Organic Selenium Increased Gilts Antioxidant Capacity, Immune Function, and Changed Intestinal Microbiota. Frontiers in Microbiology. 2021. V. 12. P. 17.
6. Rao Z. X., Tokach M. D., Woodworth J. C., DeRouchey J. M., Goodband R. D. Evaluation of selenium source on nursery pig growth performance, serum and tissue selenium concentrations, and serum antioxidant status. Translational Animal Science. 2023. V. 7. № 1. P. 7.
7. Shihai Z., Zhihui W., Jinghui H., Hanqing S., Min T. Combined yeast culture and organic selenium supplementation during late gestation and lactation improve preweaning piglet performance by enhancing the antioxidant capacity and milk content in nutrient-restricted sows. Animal Nutrition. 2020. V. 6. № 2. Pp. 160-167.
8. Zhang K., Zhao Q., Zhan T., Wang X., Zhang X. Effect of Different Selenium Sources on Growth Performance, Tissue Selenium Content, Meat Quality, and Selenoprotein Gene Expression in Finishing Pigs. Biological Trace Element Research. 2020. V. 196. Pp. 463-471.
9. Zhang W., Li Y., Deng H., Li Z., Xiang R. Effects of Organic Selenium on Growth Properties, Selenium Absorption and Utilization, Antioxidant Activity and Immunity in Weaning Piglets. Food and Nutrition Sciences. 2020. V. 11. Pp. 385-395.
10. Zhang W. F., Tian M., Song J. S., Zhang K., Zhang F. R. Effect of replacing inorganic trace minerals at lower organic levels on growth performance, blood parameters, antioxidant status, immune indexes, and fecal mineral excretion in weaned piglets. Tropical Animal Health and Production. 2021. V. 53. P. 121.

References

1. Chabaev M. G., Cis E. Yu., Nekrasov R. V., Klementyev M. I. Effect of Various Forms of Selenium on the Productivity and Metabolism of Fattened Young Pigs under Production Conditions Bulletin of the TSKhA. 2021. No 1. Pp. 55-65.
2. Ju Y., Liu M., Huang L., Luo Y., Qi L. Effects of Selenium Auricularia cornea Culture Supplementation on Growth Performance, Antioxidant Status, Tissue Selenium Concentration and Meat Quality in Growing-Finishing Pigs. Animals. 2021. V. 11. № 9. P. 15.

3. Jung H. Y., Lee H. J., Lee H. J., Kim Y. Y., Jo C. Exploring effects of organic selenium supplementation on pork loin: Se content, meat quality, antioxidant capacity, and metabolomic profiling during storage. *Journal of Animal Science and Technology*. 2024. V. 66. № 3. Pp. 587-602.
4. Kyoung H., Shin I., Kim Y., Cho J. H., Park K. I. Mixed supplementation of dietary inorganic and organic selenium modulated systemic health parameters and fecal microbiota in weaned pigs. *Frontiers in Veterinary Science*. 2025. V. 12. P. 13.
5. Li Z., Dong Y., Chen S., Jia X., Jiang X. Organic Selenium Increased Gilts Antioxidant Capacity, Immune Function, and Changed Intestinal Microbiota. *Frontiers in Microbiology*. 2021. V. 12. P. 17.
6. Rao Z. X., Tokach M. D., Woodworth J. C., DeRouchey J. M., Goodband R. D. Evaluation of selenium source on nursery pig growth performance, serum and tissue selenium concentrations, and serum antioxidant status. *Translational Animal Science*. 2023. V. 7. № 1. P. 7.
7. Shihai Z., Zhihui W., Jinghui H., Hanqing S., Min T. Combined yeast culture and organic selenium supplementation during late gestation and lactation improve preweaning piglet performance by enhancing the antioxidant capacity and milk content in nutrient-restricted sows. *Animal Nutrition*. 2020. V. 6. № 2. Pp. 160-167.
8. Zhang K., Zhao Q., Zhan T., Wang X., Zhang X. Effect of Different Selenium Sources on Growth Performance, Tissue Selenium Content, Meat Quality, and Selenoprotein Gene Expression in Finishing Pigs. *Biological Trace Element Research*. 2020. V. 196. Pp. 463-471.
9. Zhang W., Li Y., Deng H., Li Z., Xiang R. Effects of Organic Selenium on Growth Properties, Selenium Absorption and Utilization, Antioxidant Activity and Immunity in Weaning Piglets. *Food and Nutrition Sciences*. 2020. V. 11. Pp. 385-395.
10. Zhang W. F., Tian M., Song J. S., Zhang K., Zhang F. R. Effect of replacing inorganic trace minerals at lower organic levels on growth performance, blood parameters, antioxidant status, immune indexes, and fecal mineral excretion in weaned piglets. *Tropical Animal Health and Production*. 2021. V. 53. P. 121.

Информация об авторах

Чабаев Магомед Газиевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им Л. К. Эрнста (Российская Федерация, 142132, Московская область, г/о Подольск, пос. Дубровицы, 60), e-mail: chabaev.m.g-1@mail.ru
Клементьев Марат Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, докторант, ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им Л. К. Эрнста (Российская Федерация, 142132, Московская область, г/о Подольск, пос. Дубровицы, 60), e-mail: Mklementev84@mail.ru
Коптева Юлия Сергеевна, кандидат биологических наук, главный ветеринарный врач, ООО «БМПК» (Российская Федерация, 241020, г. Брянск, ул. Тухачевского, 2), e-mail: stebleva@gmail.com

Authors' Information

Chabaev Magomed Gazievich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal Scientific Center for Animal Husbandry named after the Academician L. K. Ernst (Russian Federation, 142132, Moscow region, Podolsk, Dubrovitsy settlement, 60), e-mail: chabaev.m.g-1@mail.ru
Klementyev Marat Ivanovich, Candidate of Agricultural Sciences, Doctoral Student, Federal Scientific Center for Animal Husbandry named after the Academician L. K. Ernst (Russian Federation, 142132, Moscow region, Podolsk, Dubrovitsy settlement, 60), e-mail: Mklementev84@mail.ru
Kopteva Yulia Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Chief Veterinarian, BMPK LLC, (Russian Federation, 241020, Bryansk, Tukhachevsky Str., 2), e-mail: stebleva@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-36

ECONOMIC AND BIOLOGICAL FEATURES OF THE YOUNG EDILBAEVSKY BREED RAMS OF A NEW TYPE

^{1,2,3}Gorlov I. F., ¹Mosolov A. A., ¹Anisimova E. Y., ¹Nikolaev D. V., ^{1,2}Slozhenkina M. I.

¹Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production

²Volgograd State Technical University

³Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 15.07.2025

Submitted 18.08.2025

The work was carried out under a grant RNF 22-16-00041-P, GNU NIIMMP.

Abstract

Introduction. This work presents the economic and biological characteristics of a new type of Edilbaevsky sheep, their slaughter indicators, the morphological characteristics of the carcasses, meat productivity, as well as the amino acid, fatty acid, and mineral compositions of the muscle tissue, along with the economic efficiency of lamb production. The aim of the study is to compare the indicators of the new type of lambs with the original Edilbaevsky breed under the conditions of the SGTS "Volgograd-Edilbay". **Materials and methods.** The means and methods used to achieve the results include analysis of information from literary sources as well as data from zootechnical records. **Results and conclusions.** The results obtained during the conducted research indicate the superiority of the new type of lambs over those of the original Edilbaevsky breed.

Keywords: sheep farming, lambs, Edilbaevsky breed of sheep, sheep breeding, new type of Edilbaevsky breed of sheep, meat productivity of sheep, chemical composition of lamb, amino acid composition of lamb.

Citation. Gorlov I. F., Mosolov A. A., Anisimova E. Y., Nikolaev D. V., Slozhenkina M. I. Economic and biological features of the young Edilbaevsky breed rams of a new type. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 337-346 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-36.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read the final version presented and approved it.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 636.32/38.082

ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БАРАНЧИКОВ ЭДИЛЬБАЕВСКОЙ ПОРОДЫ НОВОГО ТИПА

^{1,2,3}Горлов И. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

¹Мосолов А. А., доктор биологических наук, главный научный сотрудник

¹Анисимова Е. Ю., ведущий научный сотрудник, и.о. зам. директора,
кандидат биологических наук

¹Николаев Д. В., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

^{1,2}Сложеникина М. И., доктор биологических наук, член-корреспондент РАН

¹Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции

²ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет

³ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Работа выполнена по гранту РНФ 22-16-00041-П, ГНУ НИИММП.

Актуальность. В работе представлены хозяйственно-биологические признаки баранчиков эдильбаевской породы нового типа, их убойные показатели, морфологические характеристики туш, мясная продуктивность, аминокислотный, жирнокислотный и минеральный составы мышечной ткани, а также экономическая эффективность выращивания баранины. Целью работы является сравнение показателей баранчиков нового типа с исходной эдильбаевской породой в условиях СГЦ «Волгоград-Эдильбай». **Материалы и методы.** Средствами и методами для достижения результатов работы является проведение анализа информации из литературных источников, а также данных зоотехнического учета.

Результаты и выводы. Результаты, полученные в процессе проведенных исследований, свидетельствуют о превосходстве баранчиков нового типа над баранчиками исходной эдильбаевской породы.

Ключевые слова: овцеводство, баранчики, эдильбаевская порода овец, селекция овец, новый тип эдильбаевской породы овец, мясная продуктивность овец, химический состав баранины, аминокислотный состав баранины.

Цитирование. Горлов И. Ф., Мосолов А. А., Анисимова Е. Ю., Николаев Д. В., Сложеникина М. И. Хозяйственно-биологические особенности баранчиков эдильбаевской породы нового типа. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 337-346. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-36.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. История выведения курдючных овец эдильбаевской породы берёт своё начало примерно со второй половины 19 века. В этот период времени отбор и подбор животных велись так называемым методом «народной» селекции, заключающимся в визуальном выборе лучших баранов и лучших маток. При формировании породы на территории Западного Казахстана осуществлялся отбор лучших маток местной курдючной породы для скрещивания с крупными грубошерстными баранами, выращиваемыми в астраханском регионе. Овцы эдильбаевской породы в настоящее время разводятся в разных регионах страны, в связи с чем изучение возможности производства экологически чистого сырья, полученного от овец этой породы, является актуальной и значимой задачей [1-4]. В Нижнем Поволжье, в частности в Волгоградской области, проводится серьезная работа по совершенствованию эдильбаевской породы в направлении получения животных с более высокой мясной продуктивностью, хорошей скороспелостью, неприхотливостью к климату и кормам, что позволяет производить высококачественную конкурентоспособную баранину [5-7]. В селекционно-генетическом центре «Волгоград-Эдильбай» для увеличения мясной продуктивности овец внедряются современные селекционно-генетические методы и подходы [8-11]. Известно, например, влияние генетических

факторов на аминокислотный и жирнокислотный состав баранины [12-14]. В работах исследователей отмечаются значительные изменения в качественных показателях мяса овец уже у помесей первого поколения [15-17]. В названном хозяйстве практически завершена работа по созданию нового селекционного достижения – поволжского типа овец эдильбаевской породы. Исследования возможности увеличения производства высококачественной отечественной баранины за счет использования животных нового типа эдильбаевской породы в условиях Нижнего Поволжья являются актуальными и востребованными.

Материалы и методы. Объект исследования. Для осуществления поставленной задачи были проанализированы данные зоотехнического учета по росту и развитию баранчиков эдильбаевской породы, которых разделили на 2 подопытные группы: в первую группу вошли особи нового типа, а во вторую группу – их аналоги исходной эдильбаевской породы. Условия содержания и кормления подопытных животных были аналогичными и соответствовали зоотехническим требованиям. Коррекция рационов проводилась при помощи программы «Корм Оптима Эксперт» согласно породной принадлежности, пола, возраста и упитанности подопытного поголовья. Запланированные исследования проводились на базе СГЦ ООО «Волгоград-Эдильбай» (Быковский район Волгоградской области).

Согласно зоотехническому учету, было выявлено, что баранчиков выращивали до 4 и 7-месячного возрастов.

Оценку пищевой ценности получаемой баранины проводили после убоя 3 типичных баранчиков из каждой группы в возрасте 7 месяцев. **Оборудование и технические средства.** Содержание в мясе баранчиков влаги, сухого вещества, жира, белка, аминокислот (триптофана и оксипролина) определяли стандартными методами в комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП (г. Волгоград). Белковый качественный показатель в мясе рассчитывали по отношению содержания в пробах триптофана к оксипролину (БКП).

Результаты экспериментальных исследований рассчитывали математическими и статистическими стандартными методами с применением ПК, с помощью программного обеспечения «Excel» («Microsoft», США). Достоверность представленных данных и результатов расчетов проверяли с помощью программы «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США).

Результаты и обсуждение. В настоящее время одним из наиболее востребованных в овцеводстве считается производство мяса молодой баранины, полученной от баранчиков 4 и 7-месячного возраста, поэтому в своих исследованиях мы анализировали результаты выращивания баранчиков до этих возрастов.

Представленные данные свидетельствуют о стабильной тенденции: баранчики нового типа по показателю живой массы превосходили своих сверстников на протяжении всего периода роста. При этом значения живой массы животных нами анализировались как одни из важных характеристик их мясной продуктивности, которые и раскрывают хозяйственно биологические особенности овец (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели динамики живой массы ягнят исследуемых опытных групп
(в расчете использовались средние продуктивные характеристики)
Table 1 – Indicators of the dynamics of live weight of lambs of the studied experienced groups
(average productive characteristics were used in the calculation)

Возраст / Age	Показатель / Index	опытные группы / experienced groups	
		новый тип / new type	исходная эдильбаевская порода / the Edilbaevsky breed
Прирост / Increase	живая масса, кг / live weight, kg	5,40±0,23	4,76±0,27
	абсолютный, кг / absolute, kg	37,27	33,29
	среднесуточный, г / average daily, g	310,0	277,0
	относительный, % / relative, %	690,0	699,0
4 мес. / 4 months	живая масса, кг / live weight, kg	42,67±0,18**	38,05±0,21
Прирост / Increase	абсолютный, кг / absolute, kg	10,17	10,81
	среднесуточный, г / average daily, g	113,0	120,0
	относительный, % / relative, %	24,0	28,0
7 мес. / 7 months	живая масса, кг / live weight, kg	52,84±0,45*	48,86±0,44
Прирост / Increase	абсолютный, кг / absolute, kg	47,44	43,47
	среднесуточный, г / average daily, g	226,0	207,0
	относительный, % / relative, %	879,0	913,0

При проведении сравнительного анализа показателей убоя ягнят нового типа с исходной эдильбаевской породой установлено следующее.

Результаты контрольного убоя подтвердили существенное превосходство баранчиков нового типа в 4-месячном возрасте по предубойной массе на 4,62 кг (12,14 %, $P \geq 0,99$), что является статистически значимым результатом. Масса парной туши увеличилась на 3,04 кг (9,10 %, $P \geq 0,95$), внутреннего жира – на 0,13 кг (11,11 %), убойная масса – на 1,73 кг (3,58 %, $P \geq 0,99$), масса курдюка – на 0,20 кг (1,96 %). Убойный выход также повысился на 0,90 %.

Вместе с этим установлено, что баранчики нового типа в 7-месячном возрасте превосходили аналогов по предубойной массе на 3,98 кг (8,15 %, $P \geq 0,99$). Масса парной туши у них больше по сравнению с аналогами на 4,36 кг (7,44 %, $P \geq 0,95$), внутренний жир – на 0,24 кг (9,37 %), убойная масса – на 2,34 кг (4,13 %, $P \geq 0,99$), масса курдюка – на 0,44 кг (3,26 %), убойный выход – на 1,2 %.

Экспериментальные исследования показали, что морфологический состав туш четырехмесячных ягнят нового типа и аналогов практически идентичны.

В возрасте 4-месяцев животные нового типа превосходят аналогов по содержанию в мясе белка на 0,29 %, жира – на 0,65 %. Результаты химических исследований мышечной ткани приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав мышечной ткани баранчиков, %
Table 2 – Chemical parameters of the muscle tissue of rams, %

№ п/п	Содержание жира / Fat content	Содержание влаги / Moisture content	Содержание золы / Ash content	Содержание белка / Protein content	Содержание сухого вещества / Dry matter content
новый тип (возраст убоя 4 мес.) / New type (slaughter age 4 months)					
1	17,65	63,02	0,99	18,34	36,98
2	17,31	64,18	0,97	17,54	35,82
3	16,45	64,56	0,99	18,99	35,44
М (средн.) / M (average)	17,14	63,92	0,98	18,27	35,86
исходная эдильбаевская порода (возраст убоя 4 мес.) / the Edilbaevsky breed (slaughter age 4 months)					
1	17,12	64,01	0,99	17,88	35,99
2	17,70	62,80	0,95	18,55	37,20
3	18,56	61,23	0,94	19,27	38,77
М (средн.) / M (average)	17,79	62,68	0,96	18,56	37,96
новый тип (возраст убоя 7 мес.) / new type (slaughter age 7 months)					
1	18,06	62,16	0,95	18,83	37,84
2	20,05	60,78	0,94	18,23	39,22
3	19,22	63,89	0,93	15,96	36,11
М (средн.) / M (average)	19,11	62,28	0,94	17,68	37,73
исходная эдильбаевская порода (возраст убоя 7 мес.) / the Edilbaevsky breed (slaughter age 7 months)					
1	19,28	60,71	0,99	19,02	39,29
2	19,04	59,97	0,96	20,03	40,03
3	18,26	61,12	0,94	19,68	38,88
М (средн.) / M (average)	18,86	60,6	0,96	19,66	39,40

В таблице 3 представлены результаты анализа содержания заменимых и незаменимых аминокислот в образцах.

Показатели белкового качества мяса в обеих группах баранчиков эдильбаевской породы находятся на высоком уровне, что свидетельствует о биологической ценности полученной мясной продукции в возрасте 4 и 7 месяцев.

Важнейшая роль в оценке качества мяса, в том числе и баранины, принадлежит содержанию в нем заменимых и незаменимых аминокислот, в частности, триптофана и оксипролина.

Полученные данные свидетельствуют о том, что мясо баранчиков обеих подопытных групп по содержанию аминокислот валина и треонина различий не имело и не превышало нормативных показателей (таблицы 3 и 4).

Таблица 3 – Аминокислотный состав мышечной ткани
Table 3 – Amino acid composition of muscle tissue

№	Наименование аминокислоты / Amino acid name	Содержание (г / 100 г продукта) / Content (g / 100 g of product)			
		Возраст / Age			
		Новый тип / New Type	Исходная эдиль- баевская порода/ the Edilbaevsky breed	Новый тип / New Type	Исходная эдильбаевская порода/ the Edilbaevsky breed
		4 мес. / 4 months	4 мес. / 4 months	7 мес. / 7 months	7 мес. / 7 months
Незаменимые аминокислоты / Essential amino acids					
1	Аргинин / Arginine	1,25	1,56	1,31	1,67
2	Валин / Valine	0,83	0,94	0,86	0,98
3	Гистидин / Histidine	0,68	0,78	0,68	0,74
4	Изолейцин / Isoleucine	0,78	0,87	0,79	0,80
5	Лейцин / Leucine	1,12	1,53	1,67	1,74
4	Изолейцин / Isoleucine	0,76	0,89	0,84	0,92
5	Лейцин / Leucine	1,46	1,54	1,49	1,46
6	Лизин / Lysine	1,69	1,97	1,48	2,05
7	Метионин	0,68	0,52	0,67	0,59
8	Треонин / Threonine	0,70	0,77	0,75	0,86
9	Триптофан / Tryptophan	0,36	0,38	0,35	0,38
10	Фенилаланин / Phenylalanine	0,62	0,82	0,65	0,82
Заменимые аминокислоты / Non-essential amino acids					
11	Аланин / Alanine	0,88	1,08	1,07	1,2
12	Аспарагиновая кислота / Aspartic acid	1,11	1,52	1,33	1,37
13	Глицин / Glycine	0,76	0,86	0,90	1,02
14	Глутаминовая кислота / Glutamic acid	2,86	3,43	3,02	3,42
15	Оксипролин / Oxyproline	0,06	0,08	0,09	0,07
16	Пролин / Proline	0,76	0,98	0,84	1,01
17	Серин / Serine	0,58	0,60	0,69	0,80
18	Тирозин / Tyrosine	0,49	0,56	0,68	0,66
19	Цистеин / Cysteine	0,32	0,39	0,49	0,61
	БКП / BCP	4,78	4,69	4,84	4,99

Таблица 4 – Аминокислотный скор
Table 4 – Amino acid score

Наименование аминокислоты / Amino acid name	Аминокислотный скор / Amino acid score			
	Новый тип / new type	Исходная эдильбаевская порода / the Edilbaevsky breed	Новый тип / new type	Исходная эдильбаевская порода / the Edilbaevsky breed
	Возраст / Age			
	4 мес. / 4 months	4 мес. / 4 months	7 мес. / 7 months	7 мес. / 7 months
Валин / Valine	0,76	0,89	0,92	0,88
Изолейцин / Isoleucine	1,24	1,23	1,17	1,24
Лейцин / Leucine	1,36	1,42	1,27	1,22
Лизин / Lysine	1,68	1,74	1,43	1,79
Метионин + цистеин / Methionine + Cysteine	1,23	1,34	1,32	1,25
Треонин / Threonine	0,87	0,94	0,93	1,08
Триптофан / Tryptophan	1,68	1,58	1,54	1,55
Фенилаланин + тирозин / Phenylalanine + Tyrosine	1,04	1,08	1,03	1,30

В составе внутримышечного жира исходной эдильбаевской породы содержание насыщенных жирных кислот находится на уровне 49,38-50,71 %, нового типа – 55,31-57,37 %, ненасыщенных – 25,88-29,27 % у исходной эдильбаевской породы и 34,99-37,50 у нового типа (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели жирнокислотного состава внутримышечного жира баранчиков, %
Table 5 – Indicators of fatty acid composition of intramuscular fat of sheep, %

№	Наименование показателя / Name of the indicator	Новый тип / New Type		Исходная эдильбаевская порода / the Edilbaevsky breed	
		Возраст / Age			
		4 мес. / 4 months	7 мес. / 7 months	4 мес. / 4 months	7 мес. / 7 months
1	2	3	4	5	6
Ненасыщенные жирные кислоты / Unsaturated fatty acids					
1	Миристолеиновая (C14:1) / Myristoleic (C14:1)	0,15	0,17	0,21	0,23
2	Пальмитолеиновая (C16:1) / Palmitoleic (C16:1)	1,55	1,65	1,70	1,94
3	Гептадеценивая (C17:1) / Heptadecene (C17:1)	0,33	0,62	0,75	0,95
4	Олеиновая (C18:1) / Oleic (C18:1)	19,22	21,25	26,48	27,22
5	Линолевая (C 18:2 ω6) / Linoleic (C 18:2 ω6)	2,44	2,75	3,35	3,80
6	Линоленовая (C18:3 ω3) / Linolenic (C18:3 ω3)	0,64	0,89	0,61	0,90
7	Арахидоновая (C 20:4 ω6) / Arachidonic (from 20:4 ω6)	0,35	0,47	0,43	0,46
8	Тимнодоновая (C20:5 ω3) / Thymnodenic (C20:5 ω3)	0,23	0,30	0,25	0,35
9	Эйкозодиеновая (C20:2 ω6) / Eicozadienic (C20:2 ω6)	0,19	0,21	0,47	0,56
10	Гондоиновая (C20:1 ω9) / Gondoin (C20:1 ω9)	0,54	0,86	0,62	0,75
11	Эруковая (C22:1 ω9) / Erucic (C22:1 ω9)	0,24	0,10	0,12	0,34
Сумма ненасыщенных ЖК / Sum of unsaturated LCs		25,88	29,27	34,99	37,50
Насыщенные жирные кислоты / Saturated fatty acids					
12	Арахиновая (C 20:0) / Arachinovic (from 20:0)	0,27	0,28	0,25	0,21
13	Каприновая (C10:0) / Caprinova (C10:0)	0,18	0,20	0,23	0,24
14	Лауриновая (C12:0) / Lauric acid (C12:0)	0,37	0,40	0,45	0,59
15	Миристиновая (C14:0) / Myristic (C14:0)	3,20	3,86	2,08	2,50
16	Пентадекановая (C15:0) / Pentadecanic (C15:0)	0,80	0,76	0,65	0,80
17	Пальмитиновая (C16:0) / Palmitic (C16:0)	22,55	22,67	25,44	26,16
18	Маргариновая (C17:0) / Margarine (C17:0)	2,45	2,78	2,54	2,89
19	Стеариновая (C18:0) / Stearic (C18:0)	19,56	19,76	23,67	23,98
Сумма насыщенных ЖК / Sum of saturated LCs		49,38	50,71	55,31	57,37
ω6/ω3		3,4	2,7	4,3	3,8

Исходя из данных таблицы 5, жирнокислотный состав внутримышечного жира у баранчиков нового типа является более сбалансированным в сравнении с исходной эдильбаевской породой.

При оценке качества мяса баранчиков существенным является наличие в нем необходимых макро- и микроэлементов, что и вызвало необходимость их изучения.

Мясо баранчиков имеет высокое содержание как микро- так и макроэлементов, поэтому оно считается очень ценным. Микроэлементы, которые находятся в баранине, выполняют одну из главных ролей в синтезе ферментов, гормонов и витаминов. Макроэлементы являются основой для построения белков, жиров, углеводов и других соединений. В результате проведенного исследования минерального состава баранины были обнаружены определенные различия (таблицы 6 и 7).

Таблица 6 – Показатели микро- и макроэлементов в баранине

Table 6 – Indicators of macronutrients in lamb

№ п/п	Наименование элемента / Item Name	Содержание микро- и макроэлементов, мг/г / Macronutrient content, µg/g			
		Новый тип / new type		Исходная эдильбаевская порода / the Edilbaevsky breed	
		Возраст / Age			
		4 мес. / 4 months	7 мес. / 7 months	4 мес. / 4 months	7 мес. / 7 months
1	Ca	987,0±4,5	995,0±6,05	990,0±5,99	1000,0±6,56
2	Fe	20,0±1,65	22,15±2,24	19,26±2,06	19,53±1,99
3	K	2510,0±287	2523,0±256	2515,0±222	2534,0±266
4	Mg	339,0±34	350,0±23	341,0±28	357,0±27
5	Mn	0,12±0,016	0,14±0,016	0,12±0,015	0,15±0,024
6	Na	564,0±56	576,0±58	566,0±61	578,0±62
7	P	881,0±209	905,0±215	878,0±203	929,0±254
8	Se	0,21±0,025	0,23±0,026	0,19±0,014	0,16±0,019
9	Si	26,39±0,99	26,65±2,78	26,55±2,67	26,63±2,99
10	Zn	22,29±2,89	22,22±2,22	22,35±2,31	22,25±3,19

Таблица 7 – Содержание тяжёлых элементов в баранине

Table 7 – Content of trace elements in sheep meat

№ п/п	Наименование элемента / Item Name	Содержание микроэлементов, мкг/г / Trace element content, µg/g			
		Новый тип / new type		Исходная эдильбаевская порода / the Edilbaevsky breed	
		Возраст / Age			
		4 мес. / 4 months	7 мес. / 7 months	4 мес. / 4 months	7 мес. / 7 months
1	Al	0,44±0,12	0,56±0,068	0,38±0,045	0,55±0,066
2	As	0,003±0,0005	0,0029±0,0006	0,0035±0,0006	0,003±0,0006
3	B	0,36±0,015	0,38±0,043	0,39±0,046	0,31±0,037
4	Cd	<0,00050	0,002±0,0004	0,0006±0,00016	<0,00047
5	Co	0,0030±0,00034	0,0023±0,00035	0,0034±0,00061	0,0052±0,00079
6	Cr	0,039±0,0056	0,029±0,013	0,049±0,056	0,038±0,047
7	Cu	0,97±0,120	1,14±0,12	1,15±0,12	1,16±0,14
8	Hg	<0,0035	<0,0035	<0,0035	<0,0035
9	I	0,035±0,006	0,037±0,086	0,041±0,033	0,038±0,014
10	Li	0,0056±0,0082	0,0054±0,0078	0,0060 ±0,003	0,0063±0,004
11	Ni	0,039±0,005	0,041±0,011	0,0041±0,013	0,0046±0,014
12	Pb	0,009±0,0015	0,0076±0,0015	0,0083 ±0,0021	0,0079 ±0,004
13	Sn	0,0013±0,00023	0,001±0,00032	0,0021±0,0003	0,0022±0,0003
14	Sr	0,0004±0,0001	0,0003±0,01	0,0006±0,0001	0,0005±0,0001
15	V	0,0012±0,0003	0,0011±0,0004	0,0022±0,0004	0,0032±0,0003

Подопытные животные в 4 и 7-месячном возрасте различий по содержанию микро- и макроэлементов в баранине не имели. Остальные изучаемые показатели находились в пределах физиологической нормы во всех изучаемых группах животных.

При оценке эффективности производства молодой ягнятины, как по весу, так и по стоимости, в возрасте 4 и 7 месяцев наилучшие результаты демонстрировали представители нового типа (таблица 8).

Таблица 8 – Экономическая эффективность выращивания баранины
Table 8 – Economic efficiency of growing mutton

Показатель / Index	Исходная эдильбаевская порода / the Edilbaevsky breed		Новый тип / new type	
	4 мес. / 4 months	7 мес. / 7 months	4 мес. / 4 months	7 мес. / 7 months
Получено мяса, кг / Lamb grown, kg	38,60	49,40	42,30	54,75
Цена реализации за 1 кг живого веса, руб. / Selling price per 1 kg of live weight, rubles	300,00	300,00	300,00	300,00
Себестоимость 1 кг, руб. / Cost of 1 kg, rubles	208,60	201,0	194,65	183,5
Затраты при выращивании одной головы, руб. / Costs of raising one unit of livestock, rubles	8051,96	9929,4	8233,70	10046,00
Стоимость одной головы в процессе реализации, руб. / Cost of one unit of livestock in the process of sale, rubles	11580,00	14820,00	12690,00	16425,00
Прибыль, руб. / Profit, RUB	3528,04	4890,6	4026,30	6379,00
Уровень рентабельности, % / Profitability level, %	43,82	49,25	48,90	63,50

При оценке сравнительного анализа показателей эффективности производства было выявлено различие между четырехмесячными и семимесячными баранчиками обеих групп.

Установлено, что себестоимость продукции у семимесячных баранчиков исходной эдильбаевской породы на 3,78 % ниже, чем у четырехмесячных. Аналогичная тенденция наблюдается и у баранчиков нового типа, где разница в себестоимости составляет 6,08 % в пользу семимесячного возраста. Данные показатели свидетельствуют о более интенсивном росте и развитии животных старшего возраста.

Преимущество нового типа баранчиков заметно при реализации продукции. Разница в реализационной стоимости между четырехмесячными баранчиками нового типа и сверстников исходной эдильбаевской породы составляет 9,58 %, а у семимесячных – 10,80 % в пользу нового типа.

Анализ рентабельности производства показал, что преимущество семимесячного возраста наблюдается у подопытных баранчиков: у баранчиков исходной эдильбаевской породы оно составило 5,43 %, а у нового типа – 14,60 %. При этом рентабельность производства четырехмесячных баранчиков нового типа выше, чем у сверстников исходной эдильбаевской породы, на 5,08 %, а семимесячных – на 14,25 %.

Выводы. Таким образом, исследования, проведенные в аридных условиях Нижнего Поволжья, в частности Волгоградского Заволжья, продемонстрировали значительный потенциал, имеющийся у животных исходной эдильбаевской породы. Однако эксперимент выявил преимущество животных нового типа над аналогами исходной эдильбаевской породы по скорости роста, а также по показателям качества мясного сырья. Эти преимущества не ограничиваются лишь увеличением массы тела у нового типа баранчиков, что свидетельствует о более высоком уровне метаболизма и, следовательно, более эффективном использовании кормовых ресурсов. Эта закономерность имеет особое значение для регионов с ограниченными ресурсами, таких как Волгоградское Заволжье. Контрольный убой подтвердил существенное превосходство нового типа по нескольким параметрам. Баранчики нового типа в 4-месячном возрасте показали прирост предубойной массы на 4,62 кг (12,14 %, $P \geq 0,99$), что является статистически значимым результатом. Масса парной туши увеличилась на 3,04 кг (9,10 %, $P \geq 0,95$), внутреннего жира – на 0,13 кг (11,11 %), убойная масса – на 1,73 кг (3,58 %, $P \geq 0,99$), масса курдюка – на 0,20 кг (1,96 %). Убойный выход также повысился на 0,90 %. Это указывает на более эффективное использование кормов и оптимальное распределение питательных веществ в организме животных. Примечательно, что увеличение массы парной туши на 9,10 % напрямую влияет на увеличение прибыли до 14,12 %, что делает органическое овцеводство в этом регионе экономически более привлекательным. Более высокую эффективность производства баранины 7-месячного возраста отмечали от животных нового типа по сравнению с аналогами исходной эдильбаевской породы. В заключение исследование демонстрирует значительный потенциал нового типа животных эдильбаевской породы, выращенных в селекционно-генетическом центре ООО «Волгоград-Эдильбай» в аридных условиях Нижнего Поволжья, подтверждая пригодность этого региона для эффективного производства высококачественной баранины.

Conclusions. Thus, the studies conducted in the arid conditions of the Lower Volga region, in particular the Volgograd Trans-Volga region, demonstrated the significant potential available in the animals of the original Edilbaevsky breed. However, the experiment revealed the advantage of the new type of animals over the analogues of the original Edilbaevsky breed in terms of growth rate, as well as in terms of the quality of meat raw materials. These advantages are not limited only to an increase in body weight in a new type of sheep, which indicates a higher level of metabolism and, consequently, a more efficient use of feed resources. This law is of particular importance for regions with limited resources, such as the Volga-Gradskeye Trans-Volga region. The control slaughter confirmed the significant superiority of the new type in several parameters. At the age of 4 months, sheep of the new type showed an increase in pre-slaughter weight by 4.62 kg (12.14 %, $P \geq 0.99$), which is a statistically significant result. The mass of the paired carcass increased by 3.04 kg (9.10 %, $P \geq 0.95$), internal fat – by 0.13 kg (11.11 %), slaughter weight – by 1.73 kg (3.58 %, $P \geq 0.99$), the mass of the chicken – by 0.20 kg (1.96 %). The slaughter yield also increased by 0.90 %. This indicates a more efficient use of feed and an optimal distribution of nutrients in the animal body. It is noteworthy that an increase in the weight of a paired carcass by 9.10 % directly affects the increase in profits to 14.12 %, which makes organic sheep farming in this region economically more attractive. In conclusion, the study demonstrates the significant potential of a new type of Edilbaevsky breed animals raised in the breeding and genetic center of Volgograd-Edilbay LLC in the arid conditions of the Lower Volga region, confirming the suitability of this region for the efficient production of high-quality lamb. c

Библиографический список

1. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Николаев Д. В., Церенов И. В., Громова А. О., Гишларкаев А. Е., Юлдашбаев Ю. А., Магомадов Т. А. Влияние лактулозосодержащей кормовой добавки на мясную продуктивность баранчиков калмыцкой курдючной породы и качество копченых колбас. Овцы, козы, шерстяное дело. 2023. № 2. С. 46-51.
2. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Церенов И. В., Князева С. А., Решетникова А. О., Юлдашбаев Ю. А. Мясная продуктивность выводимого типа овец калмыцкой курдючной породы. Овцы, козы, шерстяное дело. 2022. № 1. С. 22-24.
3. Чамурлиев Н. Г., Шперов А. С., Мельников А. Г., Чекунова А. Л., Захаров А. В., Пономарев В. В. Сравнительная оценка разных типов нагула баранчиков волгоградской мясо-шерстной породы. Овцы, козы, шерстяное дело. 2022. № 3. С. 43-45.
4. Варакин А. Т., Филатов А. С., Саломатин В. В., Кулик Д. К. Влияние кормовых добавок разного состава на мясную продуктивность баранчиков. Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 3. С. 48-50.
5. Горлов И. Ф., Федотова Г. В., Сложенкина М. И., Мосолова Н. И., Магомадов Т. А., Юлдашбаев Ю. А., Алексеева А. А., Мосолова Д. А. Продуктивные и биологические особенности баранчиков эдильбаевской породы разных генотипов, разводимых в аридных условиях Нижнего Поволжья. Овцы, козы, шерстяное дело. 2019. № 2. С. 2-4.
6. Чамурлиев Н. Г., Филатов А. С., Шперов А. С., Зыкова А. А. Интенсивность роста ягнят в подсосный период при разной молочности овцематок. Овцы, козы, шерстяное дело. 2019. № 4. С. 25-26.
7. Горлов И. Ф., Брехова С. А. Развитие животноводства в агроэкологических условиях юга России: анализ основных направлений и полученных результатов. Аграрно-пищевые инновации. 2024. № 1 (25). С. 9-35.
8. Церенов И. В., Квашнина М. А., Горлов И. Ф. Влияние пребиотических добавок на состав и свойства курдючного жира баранчиков калмыцкой породы. Аграрно-пищевые инновации. 2023. № 3 (23). С. 29-42.
9. Горлов И. Ф., Федоров Ю. Н., Анисимова Е. Ю., Бадмаева К. Е., Сложенкина А. А., Мосолова Д. А., Убушиева В. С. Основные ориентиры и приоритеты развития отрасли животноводства на юге России. Аграрно-пищевые инновации. 2023. № 4 (24). С. 9-19.
10. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Колосов Ю. А., Широкова Н. В. Генетическая структура стада по генам *gdf9*, *gh* у овец волгоградской и эдильбаевской пород. Аграрно-пищевые инновации. 2021. № 2 (14). С. 51-59.
11. Филатов А. С., Чамурлиев Н. Г., Шперов А. С., Мельников А. Г., Буров В. Г. Динамика живой массы и мясная продуктивность баранчиков разных генотипов. Аграрно-пищевые инновации. 2020. № 2 (10). С. 32-42.
12. Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Сеидави А. Перспективные направления научных исследований в области производства и переработки животноводческой продукции. Аграрно-пищевые инновации. 2020. № 3 (11). С. 22-34.
13. Церенов И. В., Николаев Д. В., Пономарев В. В., Суркова С. А., Громова А. О. Эффективность лактулозосодержащей добавки при выращивании баранчиков. Аграрно-пищевые инновации. 2024. № 2 (26). С. 27-36.
14. Чамурлиев Н. Г., Шперов А. С., Пономарев В. В. Овцеводство волгоградской области в цифрах. Развитие животноводства – основа продовольственной безопасности: материалы Национальной конференции. Волгоград, 2023. С. 357-360.
15. Gorlov I. F., Slozenkina M. I., Kolosov Y. A., Zasedchuk I. V., Karpenko E. V., Tserenov I. V., Reshetnikova A. O. Characteristics of productive sheep of the factory lines of the salsk breed. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. V. 1076. № 1. P. 012062.
16. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Церенов И. В., Юлдашбаев Ю. А., Князева С. А., Решетникова А. О. Биологическая ценность жировой ткани эдильбаевских овец "поволжского" типа. Зоотехния. 2022. № 6. С. 36-39.
17. Церенов И. В., Громова А. О., Акимова Ю. В., Квашнина М. А., Горлов И. Ф. Новое в производстве баранины как ценного продукта питания для населения. Научные основы создания и реализации современных технологий здоровьесбережения: материалы X международной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 191-199.

References

1. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Nikolaev D. V., Tserenov I. V., Gromova A. O., Gishlarkaev A. E., Yuldashbaev Yu. The effect of lactulose-containing feed additive on meat productivity of Kalmyk fat-tailed sheep and quality of smoked sausages. *Sheep, goats, woollen making*. 2023. № 2. Pp. 46-51.
2. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Tserenov I. V., Knyazeva S. A., Reshetnikova A. O., Yuldashbaev Y. A. Meat Productivity of the Hatched Type of Kalmyk Tail Sheep. *Sheep, goats, woollen making*. 2022. № 1. Pp. 22-24.
3. Chamurliov N. G., Shperov A. S., Melnikov A. G., Chekunova A. L., Zakharov A. V., Ponomarev V. V. Comparative assessment of different types of fattening of sheep of the Volgograd meat and wool breed. *Sheep, goats, woollen making*. 2022. № 3. Pp. 43-45.
4. Varakin A. T., Filatov A. S., Salomatin V. V., Kulik D. K. Effect of Feed Additives of Different Composition on Meat Productivity of Rams. *Sheep, goats, woollen making*. 2020. № 3. Pp. 48-50.
5. Gorlov I. F., Fedotova G. V., Slozhenkina M. I., Mosolova N. I., Magomadov T. A., Yuldashbaev Yu. Productive and biological features of Edilbaevsky sheep breed of different genotypes, bred in arid conditions of the Lower Volga region. *Sheep, goats, woollen making*. 2019. № 2. Pp. 2-4.
6. Chamurliov N. G., Filatov A. S., Shperov A. S., Zykova A. A. Lamb growth intensity in the suckling period with different milk production of ewes. *Sheep, goats, woollen making*. 2019. № 4. Pp. 25-26.
7. Gorlov I. F., Brekhova S. A. Development of Animal Husbandry in Agroecological Conditions of the South of Russia: Analysis of the Main Directions and Results. *Agrarian and food innovations*. 2024. № 1 (25). Pp. 9-35.
8. Tserenov I. V., Kvashnina M. A., Gorlov I. F. Effect of Prebiotic Additives on the Composition and Properties of Tail Fat in Kalmyk Sheep. *Agrarian and food innovations*. 2023. № 3 (23). Pp. 29-42.
9. Gorlov I. F., Fedorov Y. N., Anisimova E. Yu., Badmaeva K. E., Slozhenkina A. A., Mosolova D. A., Ubushieva V. S. Main Guidelines and Priorities for the Development of the Livestock Industry in the South of Russia. *Agrarian and food innovations*. 2023. № 4 (24). Pp. 9-19.
10. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Kolosov Y. A., Shirokova N. V. Genetic structure of the herd by gdf9, gh genes in sheep of the Volgograd and Edilbaev breeds. *Agrarian and food innovations*. 2021. № 2 (14). Pp. 51-59.
11. Filatov A. S., Chamurliov N. G., Shperov A. S., Melnikov A. G., Burov V. G. Dynamics of Live Mass and Meat Productivity of Rams of Different Genotypes. *Agrarian and food innovations*. 2020. № 2 (10). Pp. 32-42.
12. Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Seidavi A. Promising areas of scientific research in the field of production and processing of livestock products. *Agrarian and food innovations*. 2020. № 3 (11). Pp. 22-34.
13. Tserenov I. V., Nikolaev D. V., Ponomarev V. V., Surkova S. A., Gromova A. O. Efficacy of lactulose-containing additive in growing rams. *Agrarian and food innovations*. 2024. № 2 (26). Pp. 27-36.
14. Chamurliov N. G., Shperov A. S., Ponomarev V. V. Sheep Breeding of the Volgograd Region in Figures. *Livestock Development as the Basis of Food Security: Materials of the National Conference*. Volgograd, 2023. Pp. 357-360.
15. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Kolosov Y. A., Zasedmchuk I. V., Karpenko E. V., Tserenov I. V., Reshetnikova A. O. Characteristics of productive sheep of the factory lines of the salsk breed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. V. 1076. № 1. P. 012062.
16. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Tserenov I. V., Yuldashbaev Y. A., Knyazeva S. A., Reshetnikova A. O. Biological Value of the Adipose Tissue of Edilbaev Sheep of the "Volga Region" Type. *Animal Science*. 2022. № 6. Pp. 36-39.
17. Tserenov I. V., Gromova A. O., Akimova Y. V., Kvashnina M. A., Gorlov I. F. New in the Production of Mutton as a Valuable Food Product for the Population. *Scientific foundations of the creation and implementation of modern health care technologies: materials of the X International Scientific and Practical Conference*. Volgograd, 2023. Pp. 191-199.

Информация об авторах

Горлов Иван Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Сложеникина Марина Ивановна, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, директор, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Мосолов Александр Анатольевич, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Анисимова Елена Юрьевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, и.о. зам. по науке, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Николаев Дмитрий Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Authors' Information

Gorlov Ivan Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Slozhenkina Marina Ivanovna, Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Mosolov Aleksander Anatolyevich, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Anisimova Elena Yurievna, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, and Deputy Director for Science, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Nikolaev Dmitry Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

THE USE OF PROBIOTIC FEED ADDITIVE "BIO-SUBLICH" IN BROILER CHICKENS FEEDING¹Dubrovsky A. A., ¹Alifanova V. V., ²Zhabinskaya V. P., ¹Khodykin A. I.¹Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin
Mayskoye, Belgorod Region, Russian Federation²V. A. Trapeznikov Institute of Management Problems of the Russian Academy of Sciences
Moscow, Russian Federation

Corresponding author E-mail: dubrovskiy_aa@belgau.ru

Received 09.04.2025

Submitted 25.05.2025

Summary

The scientific article describes the results of using a new complex additive based on lactobacilli of the genus *Lactobacillus* in the feeding of broiler chickens. The degree of influence of the additive in various percentages per 1 ton of feed was studied. Experience shows the effectiveness of using this additive. The group that received a complex feed additive in the amount of 0.07 % BIO-SUBLICH per 1 ton of compound feed was superior in all zoo-technical indicators to the group of broiler chickens that did not receive it.

Abstract

Introduction. At the present stage of poultry farming development in Russia, there is a high quality of broiler production. Domestic poultry farms successfully grow meat crosses with excellent productivity.

When compared with cattle or pig farming, poultry farming requires 2-3 times less labor and feed resources, which makes dietary poultry products more affordable compared to other sources of animal protein. Balancing the trace element and vitamin composition in the diet of farm birds is a necessity, as is optimizing the nutritional and energy value. Biologically active feed additives can significantly improve nutrition efficiency by enriching the feed with important bioactive compounds. **Object.** The object of research is the degree of influence on the zoo-technical parameters of the complex feed additive "BIO-SUBLICH" in four groups of broiler chickens. **Materials and methods.** The experiment was carried out on the basis of the production and technological complex of the Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin. The outdoor poultry house is equipped with all modern equipment, and 10 graduate students have been trained at its base over the past period and have defended five PhD theses so far. During the experiment, 4 groups of birds were formed, with 35 individuals in each group. The first control group received a basic diet without the inclusion of the probiotic feed additive BIO-SUBLICH. The first experimental group received a basic diet with the inclusion of "BIO-SUBLICH" in the amount of 0.17 % per 1 ton of compound feed, repeating 0.1 %, the third 1.17 %, respectively, per 1 ton of compound feed. Complete compound feeds were supplied to the production and technological complex by the feed mill Plempticerепroduktor Maisky, Belgrankorm production. **Results and conclusion.** During the experiment, the experimental group, which used a new probiotic feed additive, showed positive dynamics in terms of livestock safety from 94.2 % to 100 %, an increase in live weight by 2.86 % (1st experimental group), by 1.23 % (2nd experimental group), by 0.36 % (3rd experimental group) in relation to the first control group (without including "BIO-SUBLICH"). By the age of 39 days, the average daily increase in broiler chickens in the 1st experimental group exceeded the 1st control group by 2.89 %, and the feed cost was 3.4 % lower than in the first control group, indicating an increase in the economic performance of poultry meat production using the probiotic feed additive BIO-SUBLICH.

Keywords: broiler chicken feeding, broiler chicken safety, probiotic feed additives, broiler chicken performance.

Citation. Dubrovsky A. A., Alifanova V. V., Zhabinskaya V. P., Khodykin A. I. The use of probiotic feed additive "BIO-SUBLICH" in broiler chickens feeding. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 347-354 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-37.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.087.8:636.5.033

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ "BIO-SUBLICH" В КОРМЛЕНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ¹Дубровский А. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент¹Алифанова В. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент²Жабинская В. П., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий эксперт¹Ходыкин А. И., магистр¹Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина
с. Майское, Белгородская область, Российская Федерация²Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук
г. Москва, Российская Федерация

Актуальность. На современном этапе развития птицеводства в России наблюдается высокое качество продукции для выращивания бройлеров. Отечественные птицефабрики успешно выращивают мясные кроссы с отличной продуктивностью.

По сравнению с разведением крупного рогатого скота или свиней, птицеводство требует в 2-3 раза меньше трудовых и кормовых ресурсов, что делает диетические продукты из птицы более доступными по сравнению с другими источниками животного белка. Необходимо сбалансировать микроэлементный и витаминный состав рациона сельскохозяйственной птицы, а также оптимизировать пищевую и энергетическую ценность. Биологически активные добавки к корму могут значительно повысить эффективность питания за счет обогащения корма важными биологически активными соединениями. **Объект.** Объектом исследований является степень влияния на зоотехнические показатели комплексной кормовой добавки «BIO-SUBLICH» в четырех группах цыплят-бройлеров. **Материалы и методы.** Опыт осуществлялся на базе производственно-технологического комплекса Белгородского ГАУ им. В. Я. Горина. Птичник с напольным содержанием оснащен всем современным оборудованием, и на его базе за истекший период прошли подготовку 10 аспирантов и на настоящий момент защитили пять кандидатских диссертаций. В ходе опыта было сформировано 4 группы птицы по 35 особей в каждой группе. Первая контрольная группа получала основной рацион без включения пробиотической кормовой добавки «BIO-SUBLICH». Первая опытная группа получала основной рацион с включением «BIO-SUBLICH» в количестве 0,17 % на 1 тонну комбикорма, вторая 0,1 %, третья 1,17 % соответственно на 1 тонну комбикормов. Полнорационные комбикорма поставлялись на производственно-технологический комплекс комбикормовым заводом «Племптицерепродуктор Майский» производство «Белгранкорм». **Результаты.** В ходе опыта опытные группы, где использовалась новая пробиотическая кормовая добавка, показали положительную динамику по показателям сохранности поголовья от 94,2 % до 100 %, приросту живой массы на 2,86 % (1-я опытная группа), на 1,23 % (2-я опытная группа), на 0,36 % (3-я опытная группа) по отношению к первой контрольной группы (без включения «BIO-SUBLICH»). К 39-и суточному возрасту показатель среднесуточного прироста цыплят-бройлеров 1 опытной группы превосходил 1-ю контрольную группу на 2,89 %, а показатель затрат кормов был ниже на 3,4 % меньше, чем в первой контрольной группе, что свидетельствует о повышении экономических показателей производства мяса птицы при использовании пробиотической кормовой добавки «BIO-SUBLICH».

Ключевые слова: кормление цыплят-бройлеров, сохранность цыплят-бройлеров, пробиотические кормовые добавки, продуктивность цыплят-бройлеров.

Цитирование. Дубровский А. А., Алифанова В. В., Жабинская В. П., Ходыкин А. И. Применение пробиотической кормовой добавки "BIO-SUBLICH" в кормлении цыплят-бройлеров. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 347-354. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-37.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Выращивание бройлеров достаточно эффективно потому, что обеспечивает высокое качество мяса, скороспелость птицы, низкие затраты кормов, высокий уровень механизации и автоматизации производства, быструю оборачиваемость оборотных фондов, окупаемость капитальных вложений и высокий уровень рентабельности.

Производство цыплят-бройлеров на сегодняшний день является крупнейшим подсектором в цепочке производства мяса птицы, за которым следует индейка.

Мясо птицы занимает второе место в стране по потреблению мяса после свинины. В 2023 году среднее потребление на душу населения составляло 24,1 кг (по сравнению с 32,5 кг свинины и 11,0 кг говядины). Потребление мяса птицы продолжает расти почти во всех субъектах РФ.

В системах интенсивного производства генетический отбор цыплят проводится для быстрого роста, чтобы достичь желаемой живой массы от 2 до 2,5 кг за 35-45 дней. Во второй половине 20-го века темпы роста цыплят-бройлеров увеличились в четыре раза, в основном в результате генетического отбора. Тримя основными коммерчески доступными породами бройлеров являются Кобб, Хаббард и Росс. В последние годы интерес к медленнорастущим цыплятам-бройлерам (от 70 до 81 дня) возрос во многих странах.

Сектор производства мяса птицы характеризуется одной из самых интенсивных систем животноводства в стране. Для интенсивного содержания цыплят-бройлеров характерны высокая плотность посадки, высокие темпы роста, очень большие фермы. На эту операционную модель приходится около 90 % производства цыплят-бройлеров. Производители придерживаются основной нормы плотности посадки 33 кг / м² или более, возраста убоя в диапазоне от пяти до шести недель. В 2024 году – в птицеводстве Белгородская область практически завершает создание технологической базы отрасли, что позволит в последующих годах произвести более чем 800 тыс. тонн мяса птицы. Инновационные техно-

логии используются для улучшения условий содержания и, таким образом, для увеличения веса убоя животных. К одной из таких инноваций относятся современные кормовые добавки.

Цель исследований – изучение эффекта применения пробиотической добавки "BIO-SUBLICH" в рационе бройлеров для улучшения их производственной эффективности и оптимизации процесса кормления.

Объекты, материалы и методы. В течение первых 39 дней жизни бройлеров проводилось научное исследование о влиянии включения пробиотической добавки «BIO-SUBLICH» в их диету. В эксперименте участвовали 140 молодых птиц, которые были разделены на четыре группы по 35 особей в каждой. С начала периода выращивания в их стандартные кормовые смеси добавлялся пробиотик. Детали методологии изучения размещены в первой таблице статьи.

Таблица 1 – Схема опыта
Table 1 – Scheme of the experiment

Период выращивания (фаза откорма) / Growing period (fattening phase)	Группа / Группа			
	1-я контрольная / Control 1	1-я опытная / Experimental 1	2-я опытная / Experimental 2	3-я опытная / Experimental 3
I	OP / Basic diet	OP+0,07 % «BIO-SUBLICH» / Basic diet+0,07 % «BIO-SUBLICH»	OP+0,1 % «BIO-SUBLICH» / Basic diet+0,1 % «BIO-SUBLICH»	OP+0,17 % «BIO-SUBLICH» / Basic diet+0,17 % «BIO-SUBLICH»
II	OP / Basic diet	OP+0,05 % «BIO-SUBLICH» / Basic diet+0,05 % «BIO-SUBLICH»	OP+0,1 % «BIO-SUBLICH» / Basic diet+0,1 % «BIO-SUBLICH»	OP+0,15 % «BIO-SUBLICH» / Basic diet+0,15 % «BIO-SUBLICH»
III	OP / Basic diet	OP+0,05 % «BIO-SUBLICH» / Basic diet+0,05 % «BIO-SUBLICH»	OP+0,1 % «BIO-SUBLICH» / Basic diet+0,1 % «BIO-SUBLICH»	OP+0,15 % «BIO-SUBLICH» / Basic diet+0,15 % «BIO-SUBLICH»

Результаты и их обсуждение. В ходе исследования обнаружили, что добавление пробиотика "BIO-SUBLICH" в питание цыплят-бройлеров способствует улучшению их жизнеспособности. Группы, получавшие эту добавку, демонстрировали высокие показатели выживаемости, при этом вторая группа достигла уровня сохранности 97,1 %. Контрольная группа с базовым рационом и опытные группы с добавлением пробиотика в дозировках 0,7 кг, 1,0 кг и 1,7 кг на тонну комбикорма показали общую выживаемость между 94,2 % и 100 % на протяжении всего эксперимента. Введение пробиотической добавки оказалось весьма эффективным для повышения жизнеспособности цыплят-бройлеров.

В ходе эксперимента массу цыплят измеряли два раза: на старте и с каждой корректировкой их диеты, как указано в таблице 2. Примечательно, но в первой группе начальное уменьшение показателя происходило только в первый период, после чего показатель стабилизировался и дальше не ухудшался. В контрасте с этим группа, не получавшая пробиотики в своем питании, показала на конец исследования лишь 94,2 % сохранности первоначальной массы.

Таблица 2 – Живая масса и прирост цыплят-бройлеров, г
Table 2 – Live weight and growth of broiler chickens, g

Группы / Group	Возраст, суток / Age, day						
	1	7	14	21	28	35	39
1 к	46,30±0,61	136,92±1,54	348,63±3,82	810,64±3,81	1715,63±6,91	2525,29±17,99	2523,57±17,54
1 о	46,28±0,58	143,73±2,92	352,23±1,89	830,46±3,28	1743,39±4,02	2595,95±15,81	2595,95±15,81*
2 о	46,74±0,52	140,49±0,76	351,85±3,50	820,05±1,32	1721,53±5,24	2494,12±20,80	2494,12±20,80
3 о	47,20±0,39	140,48±1,00	351,04±3,37	815,09±2,61	1731,30±4,89	2514,42±19,60	2514,42±19,60

Примечание: * – $P \geq 0,95$; ** – $P \geq 0,99$; *** – $P \geq 0,999$ по сравнению с контрольной.

Note: * – $P \geq 0.95$; ** – $P \geq 0.99$; – $P \geq 0.999$ compared to the control.

На протяжении всего периода выращивания показатели живой массы разнились во все возрастные периоды.

При постановке опыта живая масса 1-ой контрольной группы составляла 46,30 г, что на 0,04 % больше, чем в первой опытной группе, но меньше, чем во второй опытной группе, на 0,95 % и третьей опытной группе на 1,94 % соответственно.

К седьмым суткам выращивания динамика живой массы контрольной и опытных групп немного стала отличаться. На седьмые сутки выращивания по приросту живой массы лидировала первая опытная группа 143,73 г, что в свою очередь уже больше первой контрольной группы на 4,97 %. Показатели среднесуточного прироста 2 и 3 опытных превышали первую контрольную группу лишь на 2,60 %.

На 14 сутки выращивания среднесуточный прирост третьей опытной группы превышал контроль на 0,69 %, во второй опытной группе этот показатель был выше контроля на 0,92 %, а в первой опытной группе – на 1,03 %.

На двадцать первые сутки выращивания наименьший показатель живой массы по отношению к контролю был в третьей опытной группе на 0,54 % больше, во второй опытной группе живая масса превышала первую контрольную группу на 1,16 % более. Лидирующую позицию по отношению к первой контрольной группе занимала первая опытная группа, ее живая масса к 21 суткам составила 830,46 г, что выше первой контрольной группы на 2,44 %.

В 28-ые сутки опыта первая опытная группа, где скармливали 0,07 % пробиотической добавки "BIO-SUBLICH" на 1 тонну комбикорма, по живой массе превышала первую контрольную группу на 0,07 %. Показатель живой массы второй опытной группы, где скармливали 0,1 % пробиотической добавки "BIO-SUBLICH" на 1 тонну комбикорма, по живой массе превышал первую контрольную группу на 0,1 %. Лидирующую позицию по отношению к первой контрольной группе в данный возрастной период занимала третья опытная группа 1731,30 г, что в свою очередь, больше первой опытной группы на 0,17 %.

В 35-ти суточном возрасте живая масса третьей опытной группы не превышала контроль на 0,43 %. Вторая, опытная группа в тот же период не превышала контроль на 1,23 %. Наиболее эффективный прирост живой массы по отношению к контролю показала первая опытная группа, где использовалось 0,07 % пробиотической добавки "BIO-SUBLICH" на 1 тонну комбикорма, 2595,95 г живой массы к 35 суткам выращивания, а это на 2,79 % больше, чем в первой контрольной группе, в которой пробиотическая добавка "BIO-SUBLICH" не использовалась.

По окончании периода опыта в 39-и суточном возрасте результаты живой массы в первой опытной группе показали наилучший результат 2595,95 г, это на 2,88 % более первой контрольной группы, во второй опытной группе показатель живой массы составил 2494,12 г, что менее контроля на 1,15 %. В третьей опытной группе показатель живой массы оказался меньше контроля на 0,35 %.

По окончании периода выращивания контрольной и опытных групп использование пробиотической добавки "BIO-SUBLICH" на 1 тонну комбикорма в различных процентных соотношениях свидетельствует о влиянии его на живую массу и среднесуточный прирост по группам, представленный на рисунке 1.



Рисунок 1 – Среднесуточный прирост по группам
Figure 1 – Average daily gain by groups

Данные по среднесуточному приросту, представленные на рисунке 2, также свидетельствуют об эффективности использования пробиотической добавки "BIO-SUBLICH". Среднесуточный прирост в первой контрольной группе составил 63,55 г, что в свою очередь менее чем в первой опытной группе на 2,89 %. Показатель среднесуточного прироста второй опытной группы оказался на 0,28 % меньше, чем в первой контрольной группе, а в третьей опытной группе на 0,37 % менее контроля.

Анализируя рисунок 1 можно сделать заключение, что использование пробиотической добавки "BIO-SUBLICH" в количестве 0,7 % и 0,17 % оказывает положительное влияние на показатели среднесуточного прироста цыплят-бройлеров.

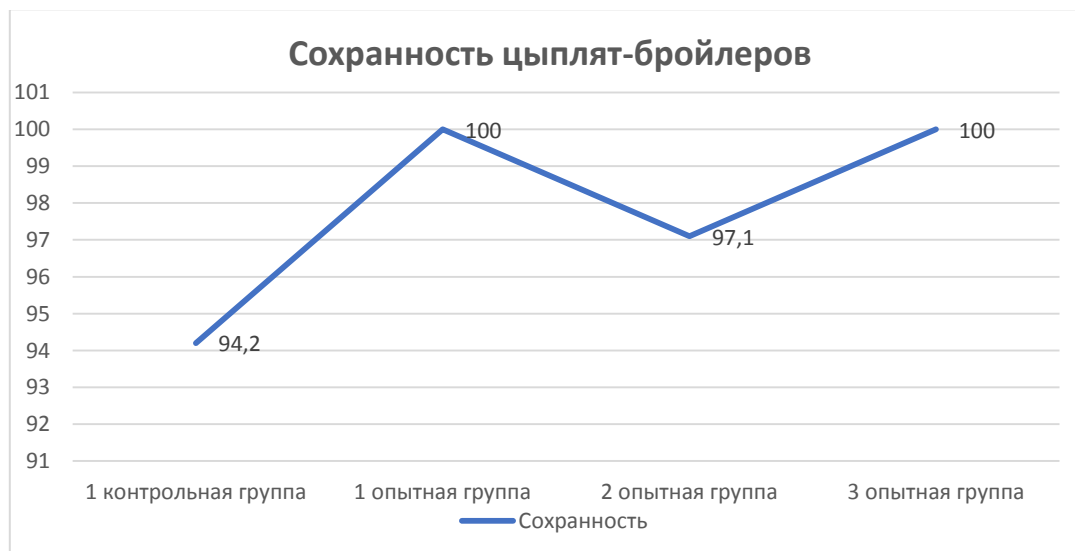


Рисунок 2 – Сохранность цыплят-бройлеров, %
Figure 2 – Safety of broiler chickens, %

Данные по сохранности поголовья, представленные на рисунке 2, имеют различия по контрольной и опытным группам. В группах получавших пробиотическую добавку "BIO-SUBLICH" в количестве 0,7 % (1-я опытная группа) и 0,17 % (3-я опытная группа) сохранность поголовья составляет 100 %, а в первой контрольной группе сохранность поголовья составляет 94,2 %, что на 5,8 % менее первой контрольной группы, данная группа не получала пробиотическую добавку "BIO-SUBLICH" к основному рациону. Сохранность поголовья второй опытной группы оказалась больше, чем в первой контрольной группе, на 2,9 % и составляет 97,1 %.

Использование добавки "BIO-SUBLICH" в рационе цыплят-бройлеров способствует выживаемости птиц в диапазоне от 94,2% до 100%, как показывают результаты научных исследований.

Таблица 3 – Содержание витаминов A, E, B₂ в печени цыплят-бройлеров
Table 3 – Content of vitamins A, E, B₂ in the liver of broiler chickens

Показатель, мкг/г / Indicator, µg/g	Группа / Group			
	1-я контрольная / Control 1	1-я опытная / Experimental 1	2-я опытная / Experimental 2	3-я опытная / Experimental 3
Витамин A / Vitamin A	61,00±0,02	64,06±0,08*	62,00±0,02	61,04±0,14
Витамин E / Vitamin E	18,20±0,04	21,31±0,16	20,70±0,18	19,81±0,51*
Витамин B ₂ / Vitamin B ₂	16,20±0,12	17,30±0,18*	17,20±0,13*	17,11±0,14*

Примечание: * – P≥0,95; ** – P≥0,99; *** – P≥0,999 по сравнению с контрольной.
Note: * – P≥0.95; ** – P≥0.99; *** – P≥0.999 compared to the control.

По данным таблицы 3 следует, что уровень витамина A в печени птицы первой, второй, третьей опытных групп превосходил контрольную группу.

Первая опытная группа превосходила первую контрольную группу на 3,6 % (P≥0,95), вторая опытная превосходила первую контрольную на 1,0 %, а третья опытная группа превосходила первую контрольную группы на 0,4 % соответственно.

Содержание витамина Е в печени птицы испытываемых групп также разнилось.

Наименьшее содержание витамина Е в печени наблюдается в первой контрольной группе 18,20 мкг/г, а наибольшее содержание в печени витамина Е наблюдается в первой опытной группе 21,31 мкг/г это на 17,08 % больше контроля. Во второй опытной группе содержание витамина Е в печени птицы на 13,73 % более контроля, а в третьей опытной на 8,84 % ($P \geq 0,95$) соответственно.

Количественный показатель витамина В₂ в печени цыплят-бройлеров первой опытной группы оказался наименьшим среди всех испытываемых групп 16,20 мкг/г – это меньше, чем в первой, второй, третьей опытных группах, на 6,79 % ($P \geq 0,95$); 6,17 % ($P \geq 0,95$); 5,61 % ($P \geq 0,95$) соответственно.

Таблица 4 – Содержание кальция и фосфора в большеберцовой кости цыплят-бройлеров
Table 4 – Calcium and phosphorus content in the tibia of broiler chickens

Показатель, % / Показатель, %	Группа / Группа			
	1-я контрольная / Control 1	1-я опытная / Experimental 1	2-я опытная / Experimental 2	3-я опытная / Experimental 3
Сырая зола / Crude ash	33,33±0,18	36,33±0,20*	35,77±0,44	36,14±0,45*
Кальций / Calcium	16,01±0,27	16,93±0,16*	16,53±0,30	16,64±0,29
Фосфор / Phosphorus	6,13±0,48	6,70±0,25	6,40±0,02	6,51±0,33

Примечание: * – $P \geq 0,95$; ** – $P \geq 0,99$; *** – $P \geq 0,999$ по сравнению с контрольной.

Note: * – $P \geq 0,95$; ** – $P \geq 0,99$; – $P \geq 0,999$ compared to the control.

Содержание сырой золы в большеберцовой кости цыплят-бройлеров первой опытной группы превосходило первую контрольную группу на 3,0 % ($P \geq 0,95$), вторую опытную на 0,57 %, третью опытную группу на 2,81 % ($P \geq 0,95$) соответственно. По содержанию кальция лидировала первая опытная группа 16,93 % ($P \geq 0,95$).

Количество фосфора в большеберцовой кости цыплят-бройлеров контрольной и опытных групп разнилось, так первая опытная группа, которой скармливали 0,07 % пробиотической добавки "BIO-SUBLICH" на 1 тонну комбикорма превосходила первую контрольную группу на 0,57 %. Вторая и третья опытные группы превосходили первую контрольную группу на 0,27 % и на 0,38 % соответственно.

Кремний оказывает существенное влияние на метаболизм кальция и фосфора в организме домашней птицы, что делает его ключевым элементом для их здоровья. Исследования показали, что использование кормовой добавки "BIO-SUBLICH" в составе комбикормов значительно улучшило уровни кальция и фосфора в костях цыплят-бройлеров по сравнению с контрольной группой, что особенно важно в период их быстрого роста и активных обменных процессов. Эти результаты подкрепляются данными о повышенной эффективности обмена веществ, связанного с использованием указанной добавки.

Закключение. Недавние научные достижения показали значимый прогресс и предоставили новые возможности для совершенствования отрасли птицеводства. Эти быстрые изменения и нововведения позволяют профессионалам выстраивать более эффективные и продуктивные процессы в производстве, а также расширять горизонты научного понимания в области.

1. Проведенный анализ демонстрирует значительные преимущества внедрения пробиотика "BIO-SUBLICH" в рацион птиц, когда его содержание составляет 0,07 %. Такая подкормка способствует повышению производственных результатов, особенно это заметно в первой экспериментальной группе. Эффективность производства птицы усиливается благодаря оптимизации концентрации данной добавки, подтвержденной современными исследованиями. Открытие потенциала такого дополнения к корму открывает новые возможности для улучшения рабочих процессов.

2. Использование добавки «BIO-SUBLICH» в диете цыплят-бройлеров способствовало активизации метаболических процессов и эффективному распределению витаминов А, Е и В₂, а также кальция и фосфора, которые накапливались в костях и печени. Эти данные подчеркивают важность добавки в обогащении тканей организма птицы необходимыми питательными веществами.

3. В экспериментальных группах, где корм включал добавку «BIO-SUBLICH», продуктивность бройлеров значительно увеличилась, достигая показателей выживаемости от 97,1 % до 100 %. В контрольной группе, где птицам предоставляли только стандартный корм, этот показатель составил 94,2 % на протяжении всего времени выращивания.

4. В ходе 39-дневного исследования было отмечено, что использование добавки «BIO-SUBLICH» в концентрации 0,07 % на тонну комбикорма в диете бройлеров улучшает результаты по сравнению с контрольной группой. Конкретно, вес живого цыпленка увеличился на 2,86 %, а среднесуточный прирост массы – на 2,89 %.

Conclusions. Recent scientific achievements have shown significant progress and provided new opportunities for improving the poultry industry. These rapid changes and innovations allow professionals to build more efficient and productive production processes, as well as expand the horizons of scientific understanding in the field.

1. The analysis demonstrates the significant advantages of introducing the probiotic "BIO-SUBLICH" into the diet of birds, when its content is 0.07 %. Such top dressing helps to increase production results, this is especially noticeable in the first experimental group. Poultry production efficiency is enhanced by optimizing the concentration of this additive, which has been confirmed by modern research. Discovering the potential of such a feed supplement opens up new opportunities for improving workflows.

2. The use of BIO-SUBLICH supplements in the diet of broiler chickens contributed to the activation of metabolic processes and the effective distribution of vitamins A, E and B2, as well as calcium and phosphorus, which accumulated in bones and liver. These data emphasize the importance of the supplement in enriching the body tissues of poultry with essential nutrients.

3. In the experimental groups where the feed included the BIO-SUBLICH additive, the productivity of broilers increased significantly, reaching survival rates from 97.1 % to 100 %. In the control group, where the birds were provided with only standard feed, this indicator was 94.2 % throughout the entire growing period.

4. During the 39-day study, it was noted that the use of the BIO-SUBLICH supplement at a concentration of 0.07 % per ton of compound feed in the broiler diet improved results compared with the control group. Specifically, the weight of a live chicken increased by 2.86 %, and the average daily weight gain increased by 2.89 %.

Библиографический список

1. Borda-Molina T., et al. Effects of protease and phytase supplements on small intestinal microbiota and amino acid digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*. 2019. Vol. 98. I. 7. Pp. 2906-2918.
2. Ptak M. R., et al. Phytase modulates ileal microbiota and enhances growth performance of the broiler chickens. *PLoS One*. 2015. No 10. P. e0119770
3. Stefanello C., et al. Starch digestibility, energy utilization, and growth performance of broilers fed corn-2-soybean basal diets supplemented with enzymes. *Metabolism and Nutrition*. 2015. Vol. 94. Pp. 2472-2479.
4. Горлов И. Ф. и др. Влияние пребиотической кормовой добавки на физиологические, продуктивные показатели и состав микробиома кишечника кур-несушек кросса Хайсекс Браун. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2024. № 2 (74). С. 223-230.
5. Осепчук Д. В. и др. Влияние скормливания кукурузного экстракта на развитие внутренних органов цыплят мясного направления продуктивности. *Вестник КрасГАУ*. 2023. № 5 (194). С. 113-118.
6. Дагаева А. Б., Махиева Б. М., Кабардиев С. Ш. Гельминтофауна бройлеров, выращиваемых на мелкотоварных птицефабриках с напольно-выгульным содержанием в условиях Республики Дагестан. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2024. № 5 (77).
7. Дробин Ю. Д., Солдатенко Н. А. Влияние сочетанного действия группы микотоксинов Фумонизина В1, Зеараленона, ДОН и т-2 токсина на организм молодняка птиц и вызываемые ими изменения внутренних органов. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2022. № 1 (65). С. 280-291.
8. Николаев С. И. и др. Использование белкового концентрата "Агро-Матик" в кормлении молодняка кур. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2024. № 3 (75). С. 223-231.
9. Николаев С. И., Карапетян А. К., Самофалова О. В., Ледяева М. А. Использование жмыха и фуза из тыквы в кормлении мясной птицы. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2022. № 1 (65). С. 240-249.
10. Власов А. Б. и др. Комплексная фитобиотическая кормовая добавка в рационах для перепелов, выращиваемых на мясо. *Вестник КрасГАУ*. 2023. № 9 (198). С. 111-117.
11. Нечитайло К. С., Сизова Е. А. Особенности межоточного обмена цыплят-бройлеров при введении в рацион фульвогуматов. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2024. № 1 (73). С. 172-180.
12. Кошчаева О. С., Лавриненко К. В., Кошаев И. А., Рядинская А. А. Определение индекса эффективности производства при введении в рацион цыплят-бройлеров растительного экстракта с антиоксидантным действием. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2024. № 1 (73). С. 211-218.
13. Жилочкина Т. И. и др. Применение в рационах различных источников микроэлементов в сочетании с фитазой и без нее и их влияние на Зоотехнические показатели и микробиоценоз кишечника цыплят-бройлеров. *Вестник КрасГАУ*. 2023. № 7 (196).
14. Рахматуллин Ш. Г., Нуржанов Б. С., Дускаев Г. К. Влияние различных доз растительного экстракта на переваримость рациона, убойные показатели, конверсию веществ в съедобную часть тушки птицы. *Вестник КрасГАУ*. 2023. № 8 (197). С. 149-157.

15. Чинова Г. С., Кочарян В. Д., Ушаков М. А., Дмитриев С. С. Сравнительная эффективность водорас-
творимых кормовых добавок «Reasil Humic Vet» и «Силимарин NSEPS» на изменение показателей крови у пету-
хов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образова-
ние. 2024. № 1 (73). С. 188-195.

16. Абраменко Е. Г. и др. Эффективность совокупного влияния прединкубационной обработки яиц раз-
личного срока хранения на процессы инкубации и ранней подкормки цыплят-бройлеров кросса «росс-308» при
производстве мяса. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессио-
нальное образование. 2024. № 3 (75). С. 291-301.

References

1. Borda-Molina T., et al. Effects of protease and phytase supplements on small intestinal microbiota and ami-
no acid digestibility in broiler chickens. Poultry Science. 2019. Vol. 98. I. 7. Pp. 2906-2918.
2. Ptak M. R., et al. Phytase modulates ileal microbiota and en- hances growth performance of the broiler
chickens. PLoS One. 2015. No 10. P. e0119770
3. Stefanello C., et al. Starch digestibility, energy utilization, and growth performance of broilers fed corn-2.
soybean basal diets supplemented with enzymes. Metabolism and Nutrition. 2015. Vol. 94. Pp. 2472-2479.
4. Gorlov I. F., et al. Effect of a prebiotic feed additive on physiological, productive indicators and composition
of the intestinal microbiome of laying hens of the Hisex Brown cross. Proceedings of the Lower Volga Agro-University
Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. № 2 (74). Pp. 223-230.
5. Osepchuk D. V., et al. Effect of feeding corn extract on the development of internal organs of chickens of
meat productivity. Vestnik KrasGAU. 2023. № 5 (194). Pp. 113-118.
6. Dagaeva A. B., Makhieva B. M., Kabardiev S. Sh. Helminthofauna of broilers grown on small-scale poultry
farms with floor-to-range housing in the Republic of Dagestan. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Com-
plex: Science and Higher Professional Education. 2024. № 5 (77).
7. Drobin Y. D., Soldatenko N. A. Effect of the combined action of the group of mycotoxins Fumonisin B1,
Zearalenone, DON and T-2 toxin on the body of young birds and changes in internal organs caused by them. Proceedings
of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 1 (65). Pp. 280-291.
8. Nikolaev S. I., et al. Use of Agro-Matic Protein Concentrate in Feeding Young Chickens. Proceedings of the
Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. № 3 (75). Pp. 223-231.
9. Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., Samofalova O. V., Ledyayeva M. A. The use of pumpkin cake and fuzz in
feeding poultry. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education.
2022. № 1 (65). Pp. 240-249.
10. Vlasov A. B., et al. Complex phytobiotic feed additive in diets for quails raised for meat. Vestnik KrasGAU.
2023. № 9 (198). Pp. 111-117.
11. Nechitailo K. S., Sizova E. A. Features of Intermediate Metabolism of Broiler Chickens in the Introduction of
Fulvohumates into the Diet. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional
Education. 2024. № 1 (73). Pp. 172-180.
12. Koshchaeva O. S., Lavrinenko K. V., Koshchaev I. A., Ryadinskaya A. A. Determination of the Production
Efficiency Index When Introducing a Plant Extract with Antioxidant Action into the Diet of Broiler Chickens. Proceedings
of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. № 1 (73). Pp. 211-218.
13. Zhilochkina T. I., et al. The use of various sources of trace elements in the diets in combination with
phytase and without it and their effect on zootechnical indicators and microbiocenosis of the intestines of broiler chick-
ens. Vestnik KrasGAU. 2023. № 7 (196).
14. Rakhmatullin Sh. G., Nurzhanov B. S., Duskaev G. K. Effect of Different Doses of Plant Extract on Digesti-
bility of Diet, Slaughter Indicators, Conversion of Substances into the Edible Part of the Poultry Carcass. Vestnik
KrasGAU. 2023. № 8 (197). Pp. 149-157.
15. Chizhova G. S., Kocharyan V. D., Ushakov M. A., Dmitriev S. S. Comparative Efficacy of Water-Soluble
Feed Additives "Reasil Humic Vet" and "Silymarin NSEPS" on Changes in Blood Parameters in Roosters. Proceedings
of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. № 1 (73). Pp. 188-195.
16. Abramenko E. G., et al. Efficiency of the cumulative effect of pre-incubation treatment of eggs of different
shelf life on the processes of incubation and early feeding of broiler chickens of the ROSS-308 cross in meat production.
Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. № 3 (75).
Pp. 291-301.

Информация об авторах

Дубровский Антон Андреевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ (Россий-
ская Федерация, 308503, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, 1).

Алифанова Виктория Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ (Рос-
сийская Федерация, 308503, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, 1).

Жабинская Валерия Павловна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий эксперт, ФГБУН Институт проблем
управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук (Российская Федерация, г. Москва, Профсоюзная улица,
65, стр. 1).

Ходыкин Александр Иванович, магистр, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ (Российская Федерация, 308503, Белгородская
область, Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, 1).

Authors' Information

Dubrovsky Anton Andreevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Belgorod State Agrarian University
(Russian Federation, 308503, Belgorod Region, Belgorod District, Maysky Village, Vavilova Str., 1).

Alifanova Victoria Viktorovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Belgorod State Agrarian University
(Russian Federation, 308503, Belgorod Region, Belgorod District, Maysky Village, Vavilova Str., 1).

Zhabinskaya Valeria Pavlovna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading expert, V. A. Trapeznikov Institute of Manage-
ment Problems of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, Moscow, Profsoyuznaya Str., 65/1).

Khodykin Alexander Ivanovich, 1st year Master's degree of the Department of Technology of Production and Processing of
Agricultural Products, Belgorod State Agrarian University (Russian Federation, 308503, Belgorod Region, Belgorod District,
Maysky Village, Vavilova Str., 1).

THE IDENTIFICATION OF GENETIC MARKERS IN THE DAIRY SHEEP BREEDING USING THE MOLECULAR GENETIC METHODS¹Karpova E. D., ¹Kononova L. V., ¹Evlagina D. D., ¹Firsova A. M., ¹Alimova V. R.,
¹Kolosov S. E., ²Gorlov I. F.¹North Caucasus Federal Agricultural Research Center
Mikhailovsk, Stavropol region, Russian Federation²Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author: E-mail: niimmp@mail.ru

Received 21.07.2025

Submitted 22.08.2025

The work was carried out under the grant of the Russian Science Foundation 22-16-00041-P, GNU NIIMMP.**Abstract**

Introduction. Dairy sheep farming plays a key role in the global economy, especially in regions with limited resources in other agricultural sectors. The unique composition of sheep's milk, rich in fats and proteins, makes it a valuable raw material for the production of high-quality dairy products. Despite the challenges faced by dairy sheep farming, promising strategies for the development of this industry are emerging. By integrating genetic methods into animal husbandry practice, it is planned to develop breed improvement strategies. For example, selection using genetic markers offers a quick way to assess animal productivity early without the need for phenotypic data, thereby reducing generation intervals. The integration of markers into traditional selection methods has enormous potential for dairy sheep farming. This innovative approach not only saves time, but also contributes to a more efficient breeding process. **The purpose of the research** is to summarize the scientific material obtained by scientists over the past years of research on the study of genes related to sheep dairy productivity. **Materials and methods.** In the course of this study, a literature search was conducted, including fifty-five sources. Information from scientific databases such as Elibrary, Google Scholar, Cyberleninka and Cnshb was used. The search was carried out using the following keywords: genes, sheep, dairy sheep breeding, breeding, genetic markers, molecular genetic methods. **Results and conclusion.** The presented review is related to the study of genetic markers of associations with dairy productivity of sheep of different breeds. Sheep breeding, taking into account knowledge about the genetic features of such genes as *GHR* (growth hormone receptor), *LEP* (leptin), *CSN2* (beta-casein), *PRL* (prolactin), β -*LG* (beta-lactoglobulin), as well as the search for new candidate genes, will open wide horizons for improving dairy sheep breeds. This, in turn, will ensure the strengthening of dairy sheep farming as a strategically important branch of agriculture.

Keywords: sheep breeding, dairy sheep breeding, sheep, genetic markers, molecular genetic methods of selection.**Citation.** Karpova E. D., Kononova L. V., Evlagina D. D., Firsova A. M., Alimova V. R., Kolosov S. E., Gorlov I. F. The identification of genetic markers in the dairy sheep breeding using the molecular genetic methods. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 355-366 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-38.**Author's contribution.** All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.082.12:636.32/.38.034

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ В СЕЛЕКЦИИ МОЛОЧНОГО ОВЦЕВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ¹Карпова Е. Д., кандидат биологических наук
¹Кононова Л. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
¹Евлагина Д. Д., кандидат биологических наук
¹Фирсова А. М., младший научный сотрудник
¹Алимова В. Р., младший научный сотрудник
¹Колосов С. Е., младший научный сотрудник²Горлов И. Ф., главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, академик РАН¹Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр
г. Михайловск, Ставропольский край, Российская Федерация²Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции
г. Волгоград, Российская Федерация**Работа выполнена по гранту РНФ 22-16-00041-П, ГНУ НИИММП.****Актуальность.** Молочное овцеводство играет ключевую роль в мировой экономике, особенно в регионах с ограниченными ресурсами других отраслей сельского хозяйства. Уникальный состав овечьего молока, богатого жирами и белками, делает его ценным сырьём для производства высоко-

качественных молочных продуктов. Несмотря на проблемы, с которыми сталкивается молочное овцеводство, появляются многообещающие стратегии развития данной отрасли. Путём интеграции генетических методов в практику животноводства планируется разработать стратегии улучшения пород. Например, отбор с помощью генетических маркеров предлагает быстрый путь для ранней оценки продуктивности животных без необходимости в фенотипических данных, тем самым сокращая интервалы между поколениями. Интеграция маркеров в традиционные методы отбора имеет огромный потенциал для молочного овцеводства. Этот инновационный подход не только экономит время, но и способствует более эффективному процессу разведения. Цель исследований – обобщение научного материала, полученного учёными за последние годы исследований по изучению генов, связанных с молочной продуктивностью овец. **Материалы и методы.** В ходе данных исследований был проведён поиск и анализ литературы, включающий пятьдесят пять источников. Использовалась информация из научных баз данных, таких как Elibrary, Google Scholar, Cyberleninka и Cnshb. Поиск проводился по следующим ключевым словам: гены, овцы, молочное овцеводство, селекция, генетические маркеры, молекулярно-генетические методы. **Результаты и заключение.** Представленный обзор связан с изучением связей генетических маркеров с молочной продуктивностью овец разных пород. Разведение овец с учётом знаний о генетических особенностях таких генов, как *GHR* (рецептор гормона роста), *LEP* (лептин), *CSN2* (бета-казеин), *PRL* (пролактин), *β -LG* (бета-лактоглобулин), а также поиск новых генов-кандидатов откроет широкие горизонты для совершенствования молочных пород овец, что, в свою очередь, обеспечит интенсификацию молочного овцеводства как стратегически важной отрасли сельского хозяйства.

Ключевые слова: селекция овец, молочное овцеводство, овцы, генетические маркеры, молекулярно-генетические методы селекции.

Цитирование. Карпова Е. Д., Кононова Л. В., Евлагина Д. Д., Фирсова А. М., Алимова В. Р., Колосов С. Е., Горлов И. Ф. Идентификация генетических маркеров в селекции молочного овцеводства с помощью молекулярно-генетических методов. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 355-366. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-38.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последние десятилетия наблюдается активное развитие молочного овцеводства. Текущие селекционные программы, основанные на традиционном количественном подходе, позволили добиться значительного улучшения надоев молока. В мировой молочной овцеводческой отрасли самыми высокопродуктивными и распространёнными считают такие породы, как восточно-фризская (Германия, Бельгия, Нидерланды); манчега (Испания); лакон, шароле (Франция); сардинская (Италия); хиос (Греция); авасси (Сирия); ассаф (Израиль). Помимо этих известных, выделяются местные молочные породы овец, распространённые в Болгарии, Судане, Китае и в других странах [1, 2, 3].

Генетические исследования в области животноводства стремительно расширяются, открывая новые горизонты для улучшения продуктивности животных [4, 5]. Актуальность изучения вопроса, связанного с молочной продуктивностью овец, обусловлена несколькими факторами. Во-первых, с увеличением потребительского спроса на овечье молоко и его производные, возникает необходимость в повышении качества и количества продукции. Во-вторых, недостаточная изученность генетических факторов, влияющих на молочную продуктивность, создает пробелы в знаниях, которые необходимо восполнить для оптимизации селекционных программ. В-третьих, изучение и использование молекулярно-генетических методов открывает новые горизонты, что делает данное исследование особенно актуальным.

Цель исследований – обобщение научного материала, полученного учёными за последние годы исследований, по изучению генов, связанных с молочной продуктивностью овец.

Материалы и методы. В исследовании представлены статьи отечественных и зарубежных авторов. При написании научного обзора использовались такие базы данных, как Elibrary, Google Scholar, Cyberleninka и Cnshb. Поиск проводился по следующим ключевым словам: гены, овцы, молочное овцеводство, селекция, генетические маркеры, молекулярно-генетические методы.

Результаты и обсуждение. В последние годы наблюдается значительный рост интереса как российских, так и зарубежных исследователей к изучению молочной продуктивности овец. Многочисленные исследования, посвященные этой теме, охватывают широкий спектр пород и аспектов от влияния генетических факторов до воздействия внешних условий. Например, в ряде работ, направленных на изучение влияния различных факторов на молочную продуктивность, приведены данные исследований на овцах казахской курдючной

грубошерстной породы. Особое внимание авторы уделяют влиянию такого фактора, как возраст животных, и связывают его с молочной продуктивностью [6]. Аналогичные исследования проводились и на овцах романовской породы, где изучалась зависимость молочной продуктивности от возраста, генетических особенностей и числа ягнят в помёте [7].

Проводились исследования по изучению влияния возраста первой случки у овцематок прикатунского типа на характеристики молочной продуктивности, включая химический анализ молока. Авторы подчеркивают значимость этих изысканий для оптимизации селекционного процесса [8]. В работах узбекских учёных анализировалась молочная продуктивность каракульских овец окраса сур каракалпакского типа, что расширяет знания о продуктивности овец, принадлежащих к различным географическим зонам и породам [9]. Аналогичные исследования проводились и на мясных породах овец, таких как доне, австралийский мясной меринос и *etti* меринос, с акцентом на оценку объёмов молока и учёт происхождения животных [10].

Интересные результаты были получены учёными при анализе молочной продуктивности овцематок разных пород (казахской курдючной, гиссарской и эдильбаевской), где отмечался значительный разброс показателей от 1,13 до 1,89 кг. Следовательно, такой широкий диапазон подчеркивает огромный потенциал селекционной работы, направленной на повышение молочной продуктивности овец [11].

Выбор наиболее продуктивных животных для дальнейшего разведения становится критически важным фактором в достижении поставленных целей. Исследование генетических маркеров, влияющих на молочную продуктивность овец, предполагает использование множества современных методик генетической идентификации [12].

Современные методы молекулярной генетики, такие как генотипирование (определение генотипа – совокупности генов) и секвенирование генома (определение последовательности ДНК), позволяют идентифицировать гены, отвечающие за определенные продуктивные качества. Это может быть, например, ген, отвечающий за высокую молочную продуктивность, рост или устойчивость к болезням [13].

Создание геномных карт и поиск полиморфизмов, которые облегчают идентификацию нужных признаков, открывают новые горизонты в селекции. Благодаря анализу спектра генов, ответственных за формирование молочной продуктивности, можно выбирать особей для дальнейшего разведения с наибольшей вероятностью передачи желаемых признаков (рисунок 1). Одной из основных задач данного исследования является выявление генетических маркеров, отвечающих за продуктивные качества. Так, например, ген каппа-казеин (*CSN3*) напрямую влияет на состав и свойства молока, улучшая его сыродельческие качества. Ген пролактин (*PRL*), отвечающий за синтез пролактина, играет ключевую роль в регуляции лактации. Ген рецептор гормона роста (*GHR*) воздействует на метаболические процессы, регулирует рост и развитие молочной железы, а также эффективность использования питательных веществ. Ген лептин (*LEP*), связанный с синтезом лептина, регулирует энергетический обмен и аппетит, что влияет на общее состояние и продуктивность животных. Ген *CTSS* (катепсин S) участвует в клеточных процессах и иммунных ответах, обеспечивая здоровье и устойчивость поголовья к заболеваниям. Дополнительно, ген *ARNT* (ядерный транслокатор (переносчик) рецептора ароматических углеводородов (*AHR*)) участвует в метаболических процессах и развитии сосудистой системы, что может улучшать транспорт питательных веществ и общую физиологическую адаптацию животных. Гены *ACACB* (ацетил-КоА-карбоксилаза бета) и *CTSK* (катепсин K) отвечают за метаболизм жирных кислот и ремоделирование костной ткани соответственно, влияя на качество молока и общую физическую устойчивость овец. Ген *FCGR3A* (Fc-фрагмент IgG, низкоаффинный IIIa, рецептор (CD16a)) играет роль в иммунной системе, что способствует повышению сопротивляемости к инфекционным заболеваниям.

Метод полногеномного поиска ассоциаций (GWAS), основанный на генотипировании однонуклеотидных полиморфизмов по всему геному, открывает широкие возможности для выявления генов-кандидатов, которые могут оказывать влияние на молочную продуктивность овец. Он позволяет исследователям находить не только ассоциации между генами и признаками продуктивности, но и углубляться в понимание генетической архитектуры, лежащей в основе этих признаков. Проводятся различные геномные исследования с целью выяснить генетическую основу овечьего молока, чтобы найти конкретные геномные варианты, способствующие увеличению молочной продуктивности овец [14, 15, 16].



Рисунок 1 – Гены-маркеры и гены-кандидаты молочной продуктивности овец
Figure 1 – Marker genes and candidate genes for sheep milk productivity

А. М. Sutura с коллегами провели полногеномный поиск ассоциаций (GWAS), изучая характеристики молочной продуктивности овец породы Валле-дель-Беличе. Результаты показали, что девять SNP, расположенных внутри или близко к известным генам, связаны с признаками молочной продуктивности. В частности, SNP rs398340969, связанный как с надоем молока, так и с выходом белка, расположен в гене DCPS (Decapping Enzyme, Scavenger). Кроме того, SNP rs425417915 и rs417079368 связаны с процентным содержанием жира и белка в молоке и расположены в гене *TTC7B* (Tetratricopeptide Repeat Domain 7B) и *SUCNR1* (Succinate Receptor 1) соответственно [17, 18].

Аналогичным образом, в исследовании, проведенном Н. Li и его коллегами, был применен GWAS для анализа кроссбредных молочных овец. В результате этого исследования выявлено значительное количество однонуклеотидных полиморфизмов (SNPs). Идентифицировано 288 SNPs, которые имеют сильную ассоциацию с удоём, а также 115, которые связаны с выходом жира и 74 SNPs с белком. Анализ данных показал, что наибольшее количество высокозначимых SNPs сосредоточено на хромосомах 1, 3, 4, 5, 7 и 11. Это открытие дало возможность авторам сделать вывод о том, что именно указанные хромосомы могут играть ведущую роль в контроле генов, отвечающих за молочную продуктивность овец. Таким образом, хромосомы, на которых были обнаружены эти SNPs, представляют особый интерес для дальнейших исследований в области селекции. В ходе аннотации геномных регионов были выявлены несколько генов, которые связаны с изучаемыми признаками. Среди них можно выделить такие гены, как *TTC7B* (tetratricopeptide repeat domain 7B), *SLC27A6* (solute carrier family 27 member 6), *LRP1B* (low density lipoprotein receptor-related protein 1B), *GALNT14* (polypeptide N-acetylgalactosaminyltransferase 14), *CNTN4* (contactin 4), *CDH13* (cadherin 13) и *SLC39A12* (solute carrier family 39 member 12). Эти гены не только ассоциированы с молочной продуктивностью овец, но и имеют связь с процессами липидного и белкового обмена у других видов сельскохозяйственных животных. Кроме того, в исследовании были определены гены *ITPR2* (inositol 1,4,5-trisphosphate receptor, type 2) и *SLC27A6* как потенциальные кандидаты, способствующие повышению продуктивности молочного скота. Это открытие делает их особенно перспективными для применения в селекционных программах, направленных на улучшение молочной продуктивности овец [19].

В статье М. И. Селионовой и её коллег представлено исследование, в котором впервые проведен полногеномный анализ ассоциаций однонуклеотидных полиморфизмов с показателями качества молока у овец породы лакон. В результате были выявлены 64

полногеномных и 270 предположительных SNPs. Исследование показало, что наиболее значительное количество полногеномных SNPs было обнаружено на трёх хромосомах: 14 на первой, 6 на третьей и 13 на тринадцатой. Предположительно, данные указывают на то, что именно эти хромосомы играют ключевую роль в определении молочной продуктивности овец данной породы. В частности, ассоциации, связанные с массовой долей молочного белка и β -казеина, продемонстрировали наличие 22 и 19 полногеномных SNPs, соответственно. Также структурный анализ геномных регионов позволил выявить 61 ген, для которых известны биологические функции. Из них 11 генов продемонстрировали связь с фенотипическими признаками овец, которые были определены в других исследованиях GWAS. Найденные гены, согласно классификации генной онтологии, участвуют в различных биологических процессах. В частности, некоторые из них играют важную роль в формировании и регуляции функций иммунной системы, среди которых можно выделить гены *GPX7* (glutathione peroxidase 7), *JAK1* (Janus kinase 1) и *CD8B* (*CD8* beta subunit). Другие гены, такие как *UBE2U* (ubiquitin conjugating enzyme E2 U), *ACO1* (aconitase 1), *FABP1* (fatty acid binding protein 1) и *ACBD5* (acyl-CoA binding domain containing 5), связаны с клеточным метаболизмом и транспортом веществ, также выявленные гены участвуют в формировании и развитии внутренних органов и скелетно-хрящевой системы, к ним относятся *BMPR1B* (morphogenetic protein receptor type 1B) и *OXSM* (3-oxoacyl-ACP synthase, mitochondrial). Кроме того, некоторые гены, такие как *ZPBP* (zona pellucida binding protein) и *ZP2* (zona pellucida glycoprotein 2), вовлечены в процессы оогенеза, оплодотворения и раннего развития эмбрионов [20].

Исследование генетической архитектуры молочной продуктивности овец – сложная задача, требующая комплексного подхода. Идентификация ключевых генов, влияющих на объем молока, его жирно-белковый состав, продолжительность лактации, опирается на анализ множества генов и на их взаимодействие между собой, а также с факторами окружающей среды. Нельзя выделить один единственный «ген молочности», определяющий все параметры. Список ДНК-маркеров постоянно обновляется, и поиск мутаций, которые могут влиять на важные экономические характеристики, представляет значительный интерес в области животноводства. В научной литературе чаще всего встречаются исследования, посвященные связям генов-маркеров с репродуктивными и мясными качествами овец [21, 22, 23, 24]. Количество статей, изучающих влияние полиморфизма генов на молочную продуктивность овец, значительно меньше. Рассмотрим некоторые гены-маркеры, функции которых предположительно связаны с молочной продуктивностью овец.

Ген *GHR* (Growth Hormone Receptor) (рецептор гормона роста) играет ключевую роль в регуляции многих метаболических процессов. Некоторые исследования показывают, что активация гена *GHR* улучшает функциональность клеток молочной железы, что в конечном итоге способствует повышению выработки молока у буйволов, дойных коров и овец [25, 26, 27]. У овец ген расположен в 16 хромосоме и содержит 14 экзонов. В исследованиях G. Vanos и соавторов выявлено, что у овец породы хиосс ген *GHR* экспрессировался в молочной железе и, в свою очередь, может указывать на его участие в синтезе и выработке молока [28]. М. L. Dettori с коллегами выявили, что у овец породы сарда полиморфизм данного гена значительно влияет на суточный удой, содержание жира, белка, мочевины и лактозы в молоке. Имеются данные о том, что аллельные варианты гена *GHR* у овец породы сарда были связаны со скоростью синерезиса молочных продуктов (самопроизвольного отделения сыворотки из сгустка) и твердостью творога [29, 30].

Ген *LEP* (Leptin) (лептин) отвечает за выработку лептина (белкового гормона), играющего важную роль в росте и метаболизме животных. Было показано, что лептин влияет на молочную продуктивность крупного рогатого скота и коз [31, 32, 33]. Кроме того, К. F. Mahrous и соавторы в своих исследованиях подчеркнули влияние однонуклеотидных полиморфизмов гена *LEP* на сплайсинг мРНК, функции белков у египетских речных буйволов [34]. Исследования, проведенные командой учёных во главе с Paola Di Gregorio, направленные на сравнения геномной последовательности гена лептина у коз, овец, крупного рогатого скота и буйволов, доказали его роль участия в метаболизме и здоровья молочной железы у молочных жвачных животных [35].

У овец ген *LEP* расположен на 4 хромосоме, состоит из трёх экзонов и двух интронов. Лептин вырабатывается на различных стадиях развития молочной железы, что предполагает его роль как паракринного фактора, который влияет на её рост, развитие и функ-

цию [36, 37]. Исследования, проведенные I. Abousoliman и коллегами на овцах породы барки, доказали, что SNP (rs420693815) в 3 экзоне гена *LEP* оказал значительное влияние на молочные признаки, включая удой и процент жира у данной породы. Овцы с самым высоким удоём имели самый низкий процент жира, следовательно, результаты представляют обратную зависимость между удоём и процентом жира, при этом полученные данные связаны с полиморфизмом гена. Исследования показали, что овцы с генотипом *LEP^{TT}* имели более высокий надой молока 35,55 кг, чем животные с гетерозиготным *LEP^{GT}* (26,67 кг) и гомозиготным *LEP^{GG}* (29,77 кг) вариантами. При этом отмечено, что овцы, несущие *LEP^{GT}* генотип, имели более высокий процент жира ($4,56 \pm 0,26$), чем животные с гомозиготными *LEP^{GG}* (3,92 %) и *LEP^{TT}* (3,81 %) генотипами [38].

Казеин и сывороточный протеин – два типа молочных белков. Содержание казеина в молоке варьируется в зависимости от вида животных, тем не менее в овечьем молоке он составляет большую часть молочных белков (76,0–83,0 % от общего белка) [39]. Гены казеина овец сгруппированы на шестой хромосоме. Ген ***CSN2 (Beta Casein) (бета-казеин)*** у овец локализован там же и имеет девять экзонов. Наиболее изученными вариантами в локусе овечьего бета-казеина являются: варианты аллелей *CSN2^A* и *CSN2^G*. Имеются данные, что у пород Raska и Turgana, вариант аллеля *CSN2^A* имел гораздо более высокую частоту 0,98 % и 0,97 % соответственно, а особи-носители гомозиготного генотипа отсутствовали [40]. Однако в исследованиях J. M. Corral, J. A. Padilla и M. Izquierdo показано, что именно овцематки-носители гомозиготного *CSN2^{GG}* генотипа давали самые высокие показатели удоя, а учитывая, что надои у мериносов очень низкие, включение информации о полиморфизме данного гена в селекцию овец может оказаться полезным для его повышения, однако нельзя исключать породный фактор животных [41].

В своих исследованиях A. H. Al-Amareen и K. I. Jawasreh показали, что у овец породы авасси наибольшее количество молока (165,2 кг) было получено от овцематок-носителей гетерозиготного AC генотипа, в отличие от гомозиготных животных [42]. Однако I. J. Giambra и соавторы обнаружили, что полиморфизм гена *CSN2* не оказывает существенного влияния на выработку и состав молока у овец породы восточно-фризской и лакон [43]. Следовательно, изучение генетического полиморфизма генов казеина у разных пород овец имеет важное значение.

Один из наиболее изучаемых молочных генов – ***PRL (Prolactin) (пролактин)***, у овец находится на 20-й хромосоме, состоит из пяти экзонов и четырех интронов. Продукт этого гена представляет собой лактогенный гормон, который вырабатывается в передней части гипофиза. Этот гормон играет несколько ключевых физиологических ролей в организме животных: участвует в регулировании развития молочных желез, влияет на продолжительность лактационного периода. В 2016 году впервые O. Ozmen и S. Kul в своих исследованиях выявили 48 SNP гена *PRL* (во 2 интроне) у молочных овец пород: сакиз, аккараман, авасси. Учёные пришли к выводу, что идентифицированные SNP в дальнейшем будут использоваться как маркеры продуктивности в других популяциях молочных овец [44]. Результаты исследования P. Padilla и его коллег показали, что овцематки испанской мериносовой породы с гомозиготным генотипом *PRL^{BB}* давали молоко с более высоким содержанием белка по сравнению с овцами-носителями *PRL^{AA}* генотипа. Овцы породы серра-даштрела, обладающие гомозиготным генотипом *PRL^{BB}*, показывают повышенные объёмы молочной продуктивности, а также максимальную концентрацию жира и белка в составе молока [45].

В литературе имеются данные, указывающие на связь между генотипом *PRL^{AA}* и высоким уровнем удоя овец пород сакиз, аккараман, авасси, испанских мериносовых овец. Однако есть данные, которые свидетельствуют о том, что продуктивность овцематок породы российский мясной меринос была выше у животных-носителей гетерозиготного генотипа *PRL^{AB}* (69,75 кг) и оказалась на 1,56 % больше в сравнении со сверстницами с гомозиготным вариантом *PRL^{BB}* [46].

Полученные противоречивые результаты исследований влияния генотипов гена *PRL* на молочные показатели у разных пород овец указывают на сложную полигенную природу данного признака и существенную роль генетической и фенотипической пластичности.

В молочном овцеводстве особую роль уделяют генам, оказывающим влияние на характеристики сыропригодности молока, которые делают его более подходящим для производства различных видов сыра, увеличивая общую ценность молочного продукта. Пред-

ставлены достаточно убедительные доказательства связи генотипов гена **β -LG (beta-lactoglobulin) (бета-лактоглобулин)** с молочной продуктивностью и сыродельческими качествами молока крупного рогатого скота [47, 48, 49], что делает его потенциальным объектом изучения у овец. В геноме овец локализация данного гена установлена на третьей хромосоме, его структура включает шесть экзонов, разделенных пятью интронами. В ходе анализа нуклеотидных последовательностей 2 экзона были выявлены три различных аллельных варианта, обозначенных как A, B и C, что обусловлено вариациями в аминокислотной последовательности белка [50]. Аллели β -LG^A и β -LG^B являются наиболее распространенными и встречаются у большинства пород овец, представляя собой «базовые» варианты гена, в то время как аллель β -LG^C является достаточно редким и обнаружен только у ограниченного числа пород (мериноланд, лача, карранцана, испанский меринос, серра да эштрела, белый и черный меринос) [51]. Такое ограниченное распространение может указывать на специфические селекционные процессы, происходившие в этих породах. Интересно отметить, что географическое распространение этих пород также могло повлиять на сохранение и распространение этого редкого аллеля.

К. Jawasreh и соавторы изучили генетический полиморфизм гена бета-лактоглобулина на породе овец авасси. Исследование показало, что овцематки с гомозиготными генотипами β -LG^{AA} и β -LG^{BB} имели самый высокий процент жира 6,63 и 6,30 %, соответственно, в сравнении с овцами-носителями гетерозиготного β -LG^{AB} генотипа (5,31 %). Животные с генотипом β -LG^{BB} отличились высоким содержанием твердых обезжиренных продуктов (10,4), белка (4,13 %), лактозы (5,39) и плотностью молока (35,4) [52].

В исследовании D. Malik и соавторов изучалось влияние полиморфизма гена β -LG (rs430610497 G>A) на молочную продуктивность и строение вымени у пород овец Harnali и Munjal. Выявлено, что гетерозиготные овцы имеют самые высокие надои и процентное содержание жира. Овцематки с генотипом β -LG^{BB} выделяют значительно большей окружностью и высотой вымени по сравнению с овцами-носителями β -LG^{AA} генотипа. Авторы приходят к выводу, что существует связь между наличием у овец в геноме аллеля B, надоем молока и особенностями вымени животных [53].

В 2019 году учёные под руководством Khaleel Jawasreh провели исследование на овцах породы авасси и обнаружили, что овцы с комбинированным генотипом β -LG^{AA}PRL^{BB} демонстрировали наивысший удой молока. Более того, анализ показал различия в составе молока в зависимости от генотипа. Овцы с генотипом β -LG^{AA}PRL^{BB} отличались наибольшим содержанием жира, в то же время как носители β -LG^{BB}PRL^{BB} варианта имели самое высокое содержание белка, лактозы и самую высокую плотность молока по сравнению с другими группами овцематок, участвовавших в исследовании [54].

Полученные результаты имеют существенное практическое значение для селекционеров, позволяя использовать информацию о генотипах для целенаправленного отбора животных с повышенной молочной продуктивностью с целью экономической выгоды от получаемой продукции. Так, например, в ходе исследований, проведённых на российской популяции овец породы лакон установлено комплексное влияние полиморфизма генов пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (β -LG) на количественные и качественные характеристики полученного адыгейского сыра. Анализ данных по продуктивности овцематок породы лакон показал положительную корреляцию генотипов гена PRL^{BB} и β -LG^{BB} с содержанием белка в молоке и лучшими технологическими качествами для производства сыра [55].

Закключение. Исследование и применение знаний о генетической информации ключевых генов, влияющих на молочную продуктивность овец, представляет собой стратегически важное направление для развития молочного овцеводства в Российской Федерации и мире. Внедрение этой информации в селекционные программы позволит не только повысить количественные и качественные показатели молока, но и укрепить здоровье животных, повысить их устойчивость к заболеваниям и адаптивность к разнообразным климатическим условиям страны. Разведение овец с учётом знаний о генетических особенностях таких генов, как GHR (рецептор гормона роста), LEP (лептин), CSN2 (бета-казеин), PRL (пролактин), β -LG (бета-лактоглобулин) и других перспективных генов-кандидатов создаст прочную основу для повышения эффективности производства и улучшения экономической стабильности сельскохозяйственного сектора. Таким образом, результаты данного исследования открывают новые горизонты для понимания генетических факторов, влияющих на качество молока у овец. Это может быть полезно как для селекционеров, стремящихся улучшить молочную продуктивность, так и для ученых, работающих в области генетики и животноводства.

Conclusions. The study and application of knowledge about the genetic information of key genes affecting the milk productivity of sheep is a strategically important direction for the development of dairy sheep breeding in the Russian Federation and the world. The introduction of this information into breeding programs will not only improve the quantitative and qualitative indicators of milk, but also strengthen the health of animals, increase their resistance to diseases and adaptability to the diverse climatic conditions of the country. Sheep breeding, taking into account knowledge of the genetic features of genes such as GHR (growth hormone receptor), LEP (leptin), CSN2 (beta-casein), PRL (prolactin), β -LG (beta-lactoglobulin) and other promising candidate genes, will create a solid basis for increasing production efficiency and improving the economic stability of the agricultural sector. Thus, the results of this study open up new horizons for understanding the genetic factors that affect the quality of milk in sheep. This can be useful both for breeders seeking to improve milk production and for scientists working in the field of genetics and animal husbandry.

Библиографический список

1. Суров А. И., Карпова Е. Д., Сулыга Н. В., Евлагина Д. Д. Методика исследований по отбору овец с повышенной молочной продуктивностью, приспособленных для машинного доения: методические рекомендации. Ставрополь: Ставрополь-Сервис-Школа, 2024. С. 64.
2. Селионова М. И., Чижова Л. Н., Петухова Д. Д. Перспективные генетические маркеры в молочном овцеводстве. Перспективные разработки молодых ученых в области производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2020. С. 174-179.
3. Pulina G., Milán M. J., Lavín M. P., Theodoridis A., et al. Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *Small Ruminant Research*. 2018. No 164. Pp. 39-47.
4. Селионова М. И., Айбазов А. М., Гладких М. Ю. Состояние молочного овцеводства и перспективы применения геномных методов для улучшения продуктивности овец и состава молока. Овцы, козы, шерстяное дело. 2024. № 1. С. 3-9.
5. Даутова Л. Н. История генетических исследований в овцеводстве (образовательный кейс). Содержательные и процессуальные аспекты современного образования: материалы VI Международной научно-практической конференции. Астрахань: Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, 2024. С. 350-357.
6. Ибраев Д. К., Долдашева Г. К., Мухаметжарова И. Е., Мулдашева А. Х. Молочная продуктивность овец казахской курдючной грубошерстной породы. *Интернаука*. 2020. № 39 (168). С. 25-27.
7. Костылев М. Н., Барышева М. С. Оценка молочной продуктивности овец романовской породы. Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы: материалы II Международной научно-практической конференции. Вологда – Молочное, 2019. С. 92-98.
8. Подкорытов Н. А., Подкорытов А. А. Влияние возраста первой случки на молочную продуктивность мясошерстных овцематок. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2022. № 6 (212). С. 49-54.
9. Уримбетов А. А., Бобокулов Н. А. Молочность каракульских овец окраски сур каракалпакского породного типа. Овцы, козы, шерстяное дело. 2022. № 1. С. 24-26.
10. Баситов К. Т., Юлдашбаев Ю. А., Прманшаев М. Молочная продуктивность мясных пород овец разного происхождения на Юго-Востоке Казахстана. Овцы, козы, шерстяное дело. 2023. № 1. С. 28-29.
11. Атайбеков Б. Ы., Юлдашбаев Ю. А., Погосян Г. А., Губина А. В. Молочная продуктивность овец грубошерстных пород. Селекционные и технологические аспекты интенсификации производства продуктов животноводства: материалы Всероссийской науч.-практ. конференции. Москва, 2022. Ч. I. С. 330-333.
12. Селионова М. И., Евлагина Д. Д., Светличный С. И. Особенности аллельного полиморфизма генов пролактина, бета-лактоглобулина у овец породы лакон. Овцы, козы, шерстяное дело. 2021. № 3. С. 28-31.
13. Скорых Л. Н., Суховеева А. В., Скокова А. В., Ефимова Н. И., Кононова Л. В. Полиморфизмы генов GH и GDF9, ассоциированные с показателями роста у овец породы маньчжурский меринос. *Ветеринария и кормление*. 2023. № 5. С. 73-77.
14. Sanchez M. P., Ramayo-Caldas Y., Wolf V. Sequence-based GWAS, network and pathway analyses reveal genes co-associated with milk cheese-making properties and milk composition in Montbeliarde cows. *Genet. Sel. Evol.* 2019. Vol. 51. P. 34.
15. Marina H., Reverter A., Gutierrez-Gil B. Gene Networks Driving Genetic Variation in Milk and Cheese-Making Traits of Spanish Assaf Sheep. *Genes*. 2020. Vol. 11. P. 715.
16. Garcia-Gamez E., Gutierrez-Gil B., Sahana G. GWA Analysis for Milk Production Traits in Dairy Sheep and Genetic Support for a QTN Influencing Milk Protein Percentage in the LALBA Gene. *PLoS ONE*. 2012. Vol. 7. P. e47782.
17. Suter A. M., Riggio V., Mastrangelo S. Genome-wide association studies for milk production traits in Valle del Belice sheep using repeated measures. *Anim. Genet.* 2019. Vol. 50. Pp. 311-314.
18. Suarez-Vega A., Gutierrez-Gil B., Arranz J. J. Transcriptome expression analysis of candidate milk genes affecting cheese-related traits in 2 sheep breeds. *J. Dairy Sci.* 2016. Vol. 99. Pp. 6381-6390.
19. Li H., Wu X.-L., Tait R. G., Bauck S., Thomas D. L., Murphy T. W., Rosa G. J. M. Genomewide association study of milk production traits in a crossbred dairy sheep population using three statistical models. *Animal Genetics*. 2020. Vol. 51. Pp. 624-628.
20. Селионова М. И., Трухачев В. И., Зиновьева Н. А., Белоус А. А., Айбазов А. М. М. Полногеномный поиск ассоциаций однонуклеотидных замен с показателями качества молока у овец (*Ovis aries* L.) породы лакон. *Сельскохозяйственная биология*. 2024. Т. 59. № 4. С. 735-748.
21. Карпова Е. Д., Суржикова Е. С., Гаджиев З. К., Дмитрик И. И., Завгородняя Г. В. Полиморфизм гена CAST и ассоциация его генотипов с показателями мясной продуктивности овец. *Аграрный научный журнал*. 2022. № 1. С. 60-63.

22. Карпова Е. Д., Суров А. И. Аллельный спектр генов GH, CAST, GDF9 у помесного молодняка, полученного от овцематок отечественной селекции и импортных баранов-производителей. Перспективы устойчивого развития аграрно-пищевых систем на основе рационального использования региональных генетических и сырьевых ресурсов: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: ООО "СФЕРА", 2023. С. 159-163.
23. Гаджиев З. К., Суржикова Е. С., Евлагина Д. Д., Суров А. И., Шумаенко С. Н. Ассоциация однонуклеотидных полиморфизмов в генах GH, CAST, GDF9 с показателями живой массы овец разных пород. Аграрный научный журнал. 2024. № 8. С. 67-72.
24. Скорых Л. Н., Евлагин В. Г., Евлагина Д. Д. Продуктивные показатели баранчиков породы маньчжирский меринос в зависимости от генотипов гена гормона роста. Овцы, козы, шерстяное дело. 2024. № 1. С. 10-14.
25. El-Komy S. M., Saleh A. A., Abdel-Hamid T. M., El-Magd M. A. Association of GHR Polymorphisms with Milk Production in Buffaloes. *Animals (Basel)*. 2020. Vol. 10 (7). P. 1203.
26. Cobanoglu O., Kul E., Gurcan E. K., Abaci S. H., Cankaya S. Determination of the association of GHR/Alul gene polymorphisms with milk yield traits in Holstein and Jersey cattle raised in Turkey. *Arch. Anim. Breed.* 2021. Vol. 64. Pp. 417-424.
27. Khan M. Z., Ma Y., Ma J., Xiao J., Liu Y., Liu S., Khan A., Khan I. M., Cao Z. Association of DGAT1 With Cattle, Buffalo, Goat, and Sheep Milk and Meat Production Traits. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. Pp. 1-14.
28. Banos G., Clark E. L., Bush S. J., Dutta P., Bramis G., Arsenos G., Hume D. A., Psifidi A. Genetic and genomic analyses underpin the feasibility of concomitant genetic improvement of milk yield and mastitis resistance in dairy sheep. *PLoS One*. 2019 Vol. 14. No. 11. P. 0214346.
29. Dettori M. L., Pazzola M., Paschino P., Amills M., Vacca G. M. Association between the GHR, GHRHR, and IGF1 gene polymorphisms and milk yield and quality traits in Sarda sheep. *Dairy Sci.* 2018. No 101 (11). Pp. 9978-9986.
30. Pazzola M., Vacca G. M., Paschino P., Bittante G., Dettori M. L. Novel Genes Associated with Dairy Traits in Sarda Sheep. *Animals*. 2021. No. 11. P. 2207.
31. Селионова М. И., Чижова Л. Н., Бобрышова Г. Т., Суржикова Е. С., Михайленко А. К. Перспективные генетические маркеры крупного рогатого скота. Вестник АПК Ставрополя. 2018. № 3 (31). С. 44-51.
32. Селионова М. И., Чижова Л. Н., Суржикова Е. С., Шарко Г. Н., Михайленко Т. Н., Чудновец А. И. Породные особенности аллельного профиля генов, контролирующих молочную продуктивность крупного рогатого скота. *АгроЗооТехника*. 2019. Т. 2. № 1. С. 3-10.
33. Avondo M., Di Trana A., Valenti B., Criscione A., Bordonaro S., De Angelis A., Giorgio D., Di Gregorio P. Leptin Gene Polymorphism in Goats Fed with Diet at Different Energy Level: Effects on Feed Intake, Milk Traits, Milk Fatty Acids Composition, and Metabolic State. *Animals (Basel)*. 2019 Vol. 9 (7). P. 424.
34. Mahrous K. F., Aboelenin M. M., Rashed M. A., Sallam M. A., Rushdi H. E. Detection of polymorphism within leptin gene in Egyptian river buffalo and predict its effects on different molecular levels. *J. Genet. Eng. Biotechnol.* 2020. Vol. 18. Pp. 6-17.
35. Di Gregorio P., Di Trana A., Celi P., Salvatore C., Rando A. Comparison of goat, sheep, cattle and water buffalo leptin (LEP) genes and effects of the Intron 1 microsatellite polymorphism in goats. *Animal Production Science*. 2024. Vol. 54. Pp. 1258-1262.
36. Gao R., Zhu Q., Huang L., Fan X., Teng X., Miao Y. LEP Gene Promotes Milk Fat Synthesis via the JAK2-STAT3 and mTOR Signaling Pathways in Buffalo Mammary Epithelial Cells. *Animals (Basel)*. 2024. Vol. 14 (16). P. 2446.
37. Mohammadipour Saadat Abadi L., Mohammadabadi M., Asadollahpour Nanaei H., Zeinab Z. Introducing candidate Genes Associated with the Milk and Wool Production Traits in Sheep. 2021. Vol. 16 (3). Pp. 281-297.
38. Abousoliman I., Reyer H., Oster M., Muráni E., Mourad M., Rashed M. A., Mohamed I., Wimmers K. Analysis of Candidate Genes for Growth and Milk Performance Traits in the Egyptian Barki Sheep. *Animals (Basel)*. 2020. Vol. 10. No. 2. P. 197.
39. Suarez V. A., Gutierrez G. B., Klopp C., Tosser K. G., Arranz J. J. Variant discovery in the sheep milk transcriptome using RNA sequencing. *BMC Genomics*. 2017. Vol. 18. P. 170.
40. Kusza S., Ilie D. E., Sauer M., Sauer I. W., Gavojdian D. Preliminary report on β -casein gene Met183QVal183 polymorphism in Romanian indigenous Zackel sheep breeds. *Acta Biochim Pol.* 2017. Vol. 64 (2). Pp. 339-341.
41. Corral J. M., Padilla J. A., Izquierdo M. Associations between milk protein genetic polymorphisms and milk production traits in Merino sheep breed. *Livestock Science*. 2015. Vol. 129 (1-3). Pp. 73-79.
42. Al-Amareen A. H., Jawasreh K. I. Single and combined effects of CSN1S1 and CSN2-casein genes on Awassi sheep milk quantity and quality. *Veterinary World*. 2022. Vol. 15 (2). Pp. 435-441.
43. Giambra I. J., Brandt H., Erhardt G. Milk protein variants are highly associated with milk performance traits in East Friesian Dairy and Lacaune sheep. *Small Rumin. Res.* 2016. Vol. 121 (2-3). Pp. 382-394.
44. Ozmen O., Kul S. Identification of novel SNPs of ovine PRL gene and their association with milk production traits. *Russian J. Genet.* 2016. Vol. 52. Pp. 977-984.
45. Padilla P., Izquierdo M., Martínez-Trancón M., Parejo J. C., Rabasco A., Salazar J., Padilla J. Á. Polymorphisms of α -lactalbumin, β -lactoglobulin and prolactin genes are highly associated with milk composition traits in Spanish Merino sheep. *Livest. Sci.* 2018. Vol. 217. Pp. 26-29.
46. Суров А. И., Омаров А. А., Карпова Е. Д., Евлагина Д. Д. Полиморфизм генов бета-лактоглобулин и пролактин у овец породы российский мясной меринос и его влияние на молочную продуктивность. Аграрный научный журнал. 2024. № 12. С. 138-142.
47. Парыгина Е. В., Кожевникова И. С. Связь аллельных вариантов А и В гена бета-лактоглобулина с молочной продуктивностью крупного рогатого скота. *Генетика*. 2023. Т. 59. № 2. С. 127-134.
48. Епишко О. А., Пешко В. В., Пешко Н. Н. Влияние комплексных генотипов по генам бета-лактоглобулина, пролактина и гормона роста на молочную продуктивность коров белорусской черно-пестрой породы. *Генетика и разведение животных*. 2017. № 3. С. 58-68.

49. Гончаренко Г. М., Гришина Н. Б., Плахина О. В., Герасимчук Л. Д., Бамбух В. И., Панков Е. А., Панков С. А. Влияние голштинизации симментальской породы на изменение полиморфизма генов CSN3, BLG и их связь с продуктивностью и сыропригодностью. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2016. № 4. С. 44-53.

50. Rozbicka-Wieczorek A., Radzik-Rant A., Rant W., Puppel K. The effect of breed, β lactoglobulin variants and somatic cell count on yield, chemical components and whey protein composition in milk of non-dairy sheep. *Anim. Plant Sci.* 2015. Vol. 25. Pp. 633-639.

51. Selvaggi M., Laudadio V., Dario C., Tufarelli V. β -Lactoglobulin Gene Polymorphisms in Sheep and Effects on Milk Production Traits: A Review. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2015. Vol. 3. No. 9. Pp. 478-484.

52. Jawasreh K., Amareen A. A., Aad P. Effect and interaction of β -lactoglobulin, kappa casein, and prolactin genes on milk production and composition of Awassi sheep. *Animals*. 2019. Vol. 9. No. 6. P. 382.

53. Malik D., Magotra A., Bangar Y. C., Chaudhari M., Chaudhary P., Garg A. R. Evaluation of β -Lactoglobulin gene polymorphism with milk composition and udder conformation traits in indigenous sheep. *Small Ruminant Research*. 2024. Vol. 233. Pp. 107-222.

54. Jawasreh I. K., Ismail Z. B. Polymorphism of prolactin, growth differentiation factor 9, and calpastatin genes and their effects on weight traits in Awassi lambs. *Adv Vet Anim Res*. 2018. Vol. 14. No. 6 (1). Pp. 86-91.

55. Selionova M. I., Gladkikh M. Ju., Evlagina D. D., Glushenko M. A. The influence of complex genotypes in the PRL and β -LG genes in Lacon sheep breed on cheese producing. *Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna. Blagoveschensk*, 2023. Part 1. Vol. 420. P. 02001.

References

1. Surov A. I., Karpova E. D., Sulyga N. V., Evogyana D. D. Research Methods for the Selection of Sheep with Increased Milk Productivity, Adapted for Machine Milking: Guidelines. Stavropol: Stavropol-Service-School, 2024. P. 64.

2. Selionova M. I., Chizhova L. N., Petukhova D. D. Promising Genetic Markers in Dairy Sheep Breeding. Promising developments of young scientists in the field of production and processing of agricultural products: a collection of articles based on the materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference for students, graduate students and young scientists. Stavropol: Stavropol State Agrarian University, 2020. Pp. 174-179.

3. Pulina G., Milán M. J., Lavín M. P., Theodoridis A., et al. Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *Small Ruminant Research*. 2018. No 164. Pp. 39-47.

4. Selionova M. I., Aybazonov A. M., Gladkikh M. Y. State of dairy sheep breeding and prospects for the use of genomic methods to improve sheep productivity and milk composition. *Sheep, goats, woollen making*. 2024. № 1. Pp. 3-9.

5. Dautova L. N. History of Genetic Research in Sheep Breeding (Educational Case). Content and Procedural Aspects of Modern Education: Materials of the VI International Scientific and Practical Conference. Astrakhan: Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev, 2024. Pp. 350-357.

6. Ibrayev D. K., Doldasheva G. K., Mukhametzharova I. E., Muldasheva A. Kh. Milk productivity of sheep of the Kazakh fat-tailed coarse-wool breed. *Internauka*. 2020. № 39 (168). Pp. 25-27.

7. Kostylev M. N., Barysheva M. S. Assessment of milk productivity of Romanov sheep. *Agrarian Science at the Present Stage: State, Problems, Prospects: Materials of the II International Scientific and Practical Conference. Volgda – Molochnoe*, 2019. Pp. 92-98.

8. Podkorytov N. A., Podkorytov A. A. Influence of the age of the first mating on the milk productivity of meat-wool ewes. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2022. № 6 (212). Pp. 49-54.

9. Urimbetov A. A., Bobokulov N. A. Milk Production of Karakul Sheep Color of Suras of the Karakalpak Breed Type. *Sheep, goats, woollen making*. 2022. № 1. Pp. 24-26.

10. Basitov K. T., Yuldashbaev Y. A., Prmanshaev M. Milk Productivity of Sheep Meat Breeds of Different Origins in the South-East of Kazakhstan. *Sheep, goats, woollen making*. 2023. № 1. Pp. 28-29.

11. Ataibekov B. Y., Yuldashbaev Y. A., Pogosyan G. A., Gubina A. V. Milk Productivity of Coarse-Wool Sheep. Selection and Technological Aspects of Intensification of Livestock Production: Materials of the All-Russian Scientific Practice. Conference. Moscow, 2022. Part I. Pp. 330-333.

12. Selionova M. I., Evoggana D. D., Svetlichnyi S. I. Features of allelic polymorphism of prolactin and beta-lactoglobulin genes in Lacon sheep. *Sheep, goats, woollen making*. 2021. № 3. Pp. 28-31.

13. Skorykh L. N., Sukhoveeva A. V., Skokova A. V., Efimova N. I., Kononova L. V. Polymorphisms of GH and GDF9 Genes Associated with Growth Parameters in Many Merino Sheep. *Veterinary Medicine and Feeding*. 2023. № 5. Pp. 73-77.

14. Sanchez M. P., Ramayo-Caldas Y., Wolf V. Sequence-based GWAS, network and pathway analyses reveal genes co-associated with milk cheese-making properties and milk composition in Montbeliarde cows. *Genet. Sel. Evol.* 2019. Vol. 51. P. 34.

15. Marina H., Reverter A., Gutierrez-Gil B. Gene Networks Driving Genetic Variation in Milk and Cheese-Making Traits of Spanish Assaf Sheep. *Genes*. 2020. Vol. 11. P. 715.

16. Garcia-Gamez E., Gutierrez-Gil B., Sahana G. GWA Analysis for Milk Production Traits in Dairy Sheep and Genetic Support for a QTN Influencing Milk Protein Percentage in the LALBA Gene. *PLoS ONE*. 2012. Vol. 7. P. e47782.

17. Suter A. M., Riggio V., Mastrangelo S. Genome-wide association studies for milk production traits in Valle del Belice sheep using repeated measures. *Anim. Genet.* 2019. Vol. 50. Pp. 311-314.

18. Suarez-Vega A., Gutierrez-Gil B., Arranz J. J. Transcriptome expression analysis of candidate milk genes affecting cheese-related traits in 2 sheep breeds. *J. Dairy Sci.* 2016. Vol. 99. Pp. 6381-6390.

19. Li H., Wu X.-L., Tait R. G., Bauck S., Thomas D. L., Murphy T. W., Rosa G. J. M. Genomewide association study of milk production traits in a crossbred dairy sheep population using three statistical models. *Animal Genetics*. 2020. Vol. 51. Pp. 624-628.

20. Selionova M. I., Trukhachev V. I., Zinovieva N. A., Belous A. A., Aybazonov A. M. M. Genome-Wide Search for Associations of Single Nucleotide Substitutions with Milk Quality Indicators in Laconian Sheep (*Ovis Aries* L.) Agricultural biology. 2024. V. 59. № 4. Pp. 735-748.

21. Karpova E. D., Surzhikova E. S., Gadzhiev Z. K., Dmitrik I. I., Zavgorodnyaya G. V. Polymorphism of the CAST Gene and the Association of Its Genotypes with Indicators of Meat Productivity of Sheep. *Agrarian Scientific Journal*. 2022. № 1. Pp. 60-63.

22. Karpova E. D., Surov A. I. Allelic Spectrum of GH, CAST, GDF9 Genes in Crossbred Young Animals Obtained from Ewes of Domestic Selection and Imported Breeding Rams. Prospects for sustainable development of agrarian and food systems based on the rational use of regional genetic and raw materials: materials of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd: ООО "SFERA", 2023. Pp. 159-163.
23. Gadzhiev Z. K., Surzhikova E. S., Evogzhana D. D., Surov A. I., Shumaenko S. N. Association of Single Nucleotide Polymorphisms in GH, CAST, GDF9 Genes with Live Weight Indices of Sheep of Different Breeds. Agrarian Scientific Journal. 2024. № 8. Pp. 67-72.
24. Skorykh L. N., Evogzhan V. G., Evoglana D. D. Productive Indicators of Many Merino Sheep Depending on Growth Hormone Genotypes. Sheep, goats, woollen making. 2024. № 1. Pp. 10-14.
25. El-Komy S. M., Saleh A. A., Abdel-Hamid T. M., El-Magd M. A. Association of GHR Polymorphisms with Milk Production in Buffaloes. Animals (Basel). 2020. Vol. 10 (7). P. 1203.
26. Cobanoglu O., Kul E., Gurcan E. K., Abaci S. H., Cankaya S. Determination of the association of GHR/Alul gene polymorphisms with milk yield traits in Holstein and Jersey cattle raised in Turkey. Arch. Anim. Breed. 2021. Vol. 64. Pp. 417-424.
27. Khan M. Z., Ma Y., Ma J., Xiao J., Liu Y., Liu S., Khan A., Khan I. M., Cao Z. Association of DGAT1 With Cattle, Buffalo, Goat, and Sheep Milk and Meat Production Traits. Frontiers in Veterinary Science. 2021. Vol. 8. Pp. 1-14.
28. Banos G., Clark E. L., Bush S. J., Dutta P., Bramis G., Arsenos G., Hume D. A., Psifidi A. Genetic and genomic analyses underpin the feasibility of concomitant genetic improvement of milk yield and mastitis resistance in dairy sheep. PLoS One. 2019 Vol. 14. No. 11. P. 0214346.
29. Dettori M. L., Pazzola M., Paschino P., Amills M., Vacca G. M. Association between the GHR, GHRHR, and IGF1 gene polymorphisms and milk yield and quality traits in Sarda sheep. Dairy Sci. 2018. No 101 (11). Pp. 9978-9986.
30. Pazzola M., Vacca G. M., Paschino P., Bittante G., Dettori M. L. Novel Genes Associated with Dairy Traits in Sarda Sheep. Animals. 2021. No. 11. P. 2207.
31. Selionova M. I., Chizhova L. N., Bobryshova G. T., Surzhikova E. S., Mikhailenko A. K. Promising Genetic Markers of Cattle. Proceedings of APC Stavropol. 2018. № 3 (31). Pp. 44-51.
32. Selionova M. I., Chizhova L. N., Surzhikova E. S., Sharko G. N., Mikhailenko T. N., Chudnovets A. I. Breed Features of the Allelic Profile of Genes Controlling Milk Productivity in Cattle. AgroZooTechnika. 2019. T. 2. № 1. Pp. 3-10.
33. Avondo M., Di Trana A., Valenti B., Criscione A., Bordonaro S., De Angelis A., Giorgio D., Di Gregorio P. Leptin Gene Polymorphism in Goats Fed with Diet at Different Energy Level: Effects on Feed Intake, Milk Traits, Milk Fatty Acids Composition, and Metabolic State. Animals (Basel). 2019 Vol. 9 (7). P. 424.
34. Mahrous K. F., Aboelenin M. M., Rashed M. A., Sallam M. A., Rushdi H. E. Detection of polymorphism within leptin gene in Egyptian river buffalo and predict its effects on different molecular levels J. Genet. Eng. Biotechnol. 2020. Vol. 18. Pp. 6-17.
35. Di Gregorio P., Di Trana A., Celi P., Salvatore C., Rando A. Comparison of goat, sheep, cattle and water buffalo leptin (LEP) genes and effects of the Intron 1 microsatellite polymorphism in goats. Animal Production Science. 2024. Vol. 54. Pp. 1258-1262.
36. Gao R., Zhu Q., Huang L., Fan X., Teng X., Miao Y. LEP Gene Promotes Milk Fat Synthesis via the JAK2-STAT3 and mTOR Signaling Pathways in Buffalo Mammary Epithelial Cells. Animals (Basel). 2024. Vol. 14 (16). P. 2446.
37. Mohammadipour Saadat Abadi L., Mohammadabadi M., Asadollahpour Nanaei H., Zeinab Z. Introducing candidate Genes Associated with the Milk and Wool Production Traits in Sheep. 2021. Vol. 16 (3). Pp. 281-297.
38. Abousoliman I., Reyer H., Oster M., Muráni E., Mourad M., Rashed M. A., Mohamed I., Wimmers K. Analysis of Candidate Genes for Growth and Milk Performance Traits in the Egyptian Barki Sheep. Animals (Basel). 2020. Vol. 10. No. 2. P. 197.
39. Suarez V. A., Gutierrez G. B., Klopp C., Tosser K. G., Arranz J. J. Variant discovery in the sheep milk transcriptome using RNA sequencing. BMC Genomics. 2017. Vol. 18. P. 170.
40. Kusza S., Ilie D. E., Sauer M., Sauer I. W., Gavojdian D. Preliminary report on β -casein gene Met183QVal183 polymorphism in Romanian indigenous Zackel sheep breeds. Acta Biochim Pol. 2017. Vol. 64 (2). Pp. 339-341.
41. Corral J. M., Padilla J. A., Izquierdo M. Associations between milk protein genetic polymorphisms and milk production traits in Merino sheep breed. Livestock Science. 2015. Vol. 129 (1-3). Pp. 73-79.
42. Al-Amareen A. H., Jawasreh K. I. Single and combined effects of CSN1S1 and CSN2-casein genes on Awassi sheep milk quantity and quality. Veterinary World. 2022. Vol. 15 (2). Pp. 435-441.
43. Giambra I. J., Brandt H., Erhardt G. Milk protein variants are highly associated with milk performance traits in East Friesian Dairy and Lacauene sheep. Small Rumin. Res. 2016. Vol. 121 (2-3). Pp. 382-394.
44. Ozmen O., Kul S. Identification of novel SNPs of ovine PRL gene and their association with milk production traits. Russian J. Genet. 2016. Vol. 52. Pp. 977-984.
45. Padilla P., Izquierdo M., Martínez-Trancón M., Parejo J. C., Rabasco A., Salazar J., Padilla J. Á. Polymorphisms of α -lactalbumin, β -lactoglobulin and prolactin genes are highly associated with milk composition traits in Spanish Merino sheep. Livest. Sci. 2018. Vol. 217. Pp. 26-29.
46. Surov A. I., Omarov A. A., Karpova E. D., Evragina D. D. Gene Polymorphism of Beta-Lactoglobulin and Prolactin in Russian Merino Sheep and Its Effect on Milk Productivity. Agrarian Scientific Journal. 2024. № 12. Pp. 138-142.
47. Parygina E. V., Kozhevnikova I. S. Relationship of Allelic Variants A and B of the Beta-Lactoglobulin Gene with Milk Productivity in Cattle. Genetics. 2023. T. 59. № 2. Pp. 127-134.
48. Epishko O. A., Peshko V. V., Peshko N. N. Influence of complex genotypes for beta-lactoglobulin, prolactin and growth hormone genes on milk productivity of cows of the Belarusian black-and-white breed. Genetics and animal breeding. 2017. № 3. Pp. 58-68.
49. Goncharenko G. M., Grishina N. B., Plakhina O. V., Gerasimchuk L. D., Bambukh V. I., Pankov E. A., Pankov S. A. Effect of Holsteinization of the Simmental Breed on Changes in the Polymorphism of the CSN3, BLG Genes and Their Relationship with Productivity and Cheese Suitability. Siberian Bulletin of Agricultural Science. 2016. № 4. Pp. 44-53.
50. Rozbicka-Wieczorek A., Radzik-Rant A., Rant W., Puppel K. The effect of breed, β lactoglobulin variants and somatic cell count on yield, chemical components and whey protein composition in milk of non-dairy sheep. Anim. Plant Sci. 2015. Vol. 25. Pp. 633-639.

51. Selvaggi M., Laudadio V., Dario C., Tufarelli V. β -Lactoglobulin Gene Polymorphisms in Sheep and Effects on Milk Production Traits: A Review. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2015. Vol. 3. No. 9. Pp. 478-484.
52. Jawasreh K., Amareen A. A., Aad P. Effect and interaction of β -lactoglobulin, kappa casein, and prolactin genes on milk production and composition of Awassi sheep. *Animals*. 2019. Vol. 9. No. 6. P. 382.
53. Malik D., Magotra A., Bangar Y. C., Chaudhari M., Chaudhary P., Garg A. R. Evaluation of β -Lactoglobulin gene polymorphism with milk composition and udder conformation traits in indigenous sheep. *Small Ruminant Research*. 2024. Vol. 233. Pp. 107-222.
54. Jawasreh I. K., Ismail Z. B. Polymorphism of prolactin, growth differentiation factor 9, and calpastatin genes and their effects on weight traits in Awassi lambs. *Adv Vet Anim Res*. 2018. Vol. 14. No. 6 (1). Pp. 86-91.
55. Selionova M. I., Gladkikh M. Ju., Evlagina D. D., Glushenko M. A. The influence of complex genotypes in the PRL and β -LG genes in Lacon sheep breed on cheese producing. *Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna. Blagoveschensk*, 2023. Part 1. Vol. 420. P. 02001.

Информация об авторах

Карпова Екатерина Дмитриевна, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (Российская Федерация, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), ORCID: 0000-0002-3900-4434, e-mail: lucziwa@yandex.ru

Кононова Лидия Валентиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (Российская Федерация, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), ORCID: 0000-0003-3812-9099, e-mail: kononova-lidij@mail.ru

Евлагина Дарья Дмитриевна, кандидат биологических наук, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (Российская Федерация, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), ORCID: 0000-0001-6101-7293, e-mail: d1319731@yandex.ru

Фирсова Анна Максимовна, младший научный сотрудник, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (Российская Федерация, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), ORCID: 0009-0008-5582-2921, e-mail: anya-zinoveva_2001@mail.ru

Алимова Валерия Руслановна, младший научный сотрудник, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (Российская Федерация, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), ORCID: 0009-0002-8352-1137, e-mail: alimova-lera-01@mail.ru

Колосов Сергей Евгеньевич, младший научный сотрудник, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (Российская Федерация, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), ORCID: 0009-0005-3880-3102, e-mail: serzh.kolosov.1999@mail.ru

Горлов Иван Федорович, главный научный сотрудник, «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, г. Волгоград, ул. им. Маршала Рокоссовского, 6), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Authors' Information

Karpova Ekaterina Dmitrievna, Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center (Russian Federation, Stavropol region, Mikhailovsk, Nikonov str., 49), ORCID: 0000-0002-3900-4434, e-mail: lucziwa@yandex.ru

Kononova Lidiya Valentinovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, North Caucasus Federal Agricultural Research Center (Russian Federation, Stavropol region, Mikhailovsk, Nikonov str., 49), ORCID: 0000-0003-3812-9099, e-mail: kononova-lidij@mail.ru

Evlagina Darya Dmitrievna, Candidate of Biological Sciences, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center (Russian Federation, Stavropol region, Mikhailovsk, Nikonov str., 49), ORCID: 0000-0001-6101-7293, e-mail: d1319731@yandex.ru

Firsova Anna Maksimovna, Junior Researcher, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center (Russian Federation, Stavropol region, Mikhailovsk, Nikonov str., 49), ORCID: 0009-0008-5582-2921, e-mail: anya-zinoveva_2001@mail.ru

Alimova Valeria Ruslanovna, Junior Researcher, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center (Russian Federation, Stavropol region, Mikhailovsk, Nikonov str., 49), ORCID: 0009-0002-8352-1137, e-mail: alimova-lera-01@mail.ru

Kolosov Sergey Evgenievich, Junior Researcher, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center (Russian Federation, Stavropol region, Mikhailovsk, Nikonov str., 49), ORCID: 0009-0005-3880-3102, e-mail: serzh.kolosov.1999@mail.ru

Gorlov Ivan Fedorovich, Chief Researcher, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, Volgograd, Marshal Rokossovsky St., 6), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-39

ON THE POSSIBILITY OF IMPLEMENTING STATE PLANS FOR MILK PRODUCTION BY 2030¹Kuznetsov A. V., ²Kuznetsova N. V., ¹Lukonina O. N.

¹All-Russia Institute of Animal Breeding
Lesnye Polyany, Moscow Region, Russian Federation
²I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University
Krasnodar, Russian Federation

Corresponding author E-mail: 89181124477@mail.ru

Received 22.04.2025

Submitted 30.05.2025

Abstract

Introduction. The issues of planning of gross milk production for the period of 2025 to 2030 are considered. The article includes elements of appraisal of strategic planning results, is directed toward the study of the feasibility of the objective of milk production in 2030 at the level of 38.9 million tons, including the specification of planning technology. **The subjects** for the study are the dynamics of cow population, their milk production and the gross milk output on the territory of the RF. **Materials and methods.** Official results of

dairy cattle quality classification in the RF in 2010-2024 were used. The data were analyzed with the use of MS Excel tools by mathematical, graphical and statistical methods and evaluated in the context of livestock and selection applicability of forecasting results. **Results and conclusions.** It is shown that according to the official figures published by the Federal Service of State Statistics the planning is not transparent: it is not evident on what grounds the target value of the gross milk production in 2030 is declared. Indices are presented evidencing that the apparent deceleration of the total cow population decline in fact is provided because of the proactive growth of beef cow population. In actual practice the population of dairy and meat-and-dairy cows is decreased at the average rate of 2.02 % per year. It is proved that the existing downward dynamic of dairy cow population is a marked factor of forming the volumes of gross milk production. A planning procedure is proposed, which once being used allowed excluding the detected logical, livestock and statistical controversies. Prognostic practices demonstrated that with this dynamic of dairy herd population it is only possible to maintain the gross milk production by 2030 at the level of 33 million tons/year. It is possible to achieve the objective set by the Decree of the President only if the population of dairy cows increases by at least 1 % per year. It is noted that small and medium size farms within agricultural entities with herds consisting of home-bred cows are a significant resource for executing the plan. In the near future there are no chances for a spontaneous change of the trend vector to the growth of the cow population. It is necessary to initiate at the national level a controlled and regulated increase of cow population as a fundamental biological base for milk production. Accordingly, the milk production market is not ready for a self-regulatory management. The index of a statistical average milk yield per cow per year as a planning input is recognized as non-applicable for forecasting the gross milk output. In parallel, the stagnation of the development of a dairy sector of peasant (farm) enterprises is shown what supports the statement of a self-regulation of the branch. The planning results have to be monitored for 2-3 years.

Keywords: milk production, planned milk production, statistics of milk production, number of cows, dairy cattle breeding, development of dairy cattle breeding.

Citation. Kuznetsov A. V., Kuznetsova N. V., Lukonina O. N. On the possibility of implementing state plans for milk production by 2030. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 366-385 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-39.

Authors' contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, performance or analysis of the study. All authors of this article got familiar and approved the provided final variant.

Conflict of interests. The authors do not have any conflict of interests.

УДК 36.2.034:338.27"2030"

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ВЫПОЛНЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПЛАНОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МОЛОКА К 2030 ГОДУ

¹Кузнецов А. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

²Кузнецова Н. В., кандидат экономических наук, доцент

¹Луконина О. Н., кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела»
п. Лесные Поляны, Московская область, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»
г. Краснодар, Российская Федерация

Актуальность. Рассматриваются вопросы планирования валового производства молока на период с 2025 по 2030 гг. Статья содержит элементы оценки результатов стратегического планирования, нацелена на изучение выполнимости задачи по производству молока в 2030 г. на уровне 38,9 млн т, в том числе на уточнение технологии планирования. **Объектами** исследований являются динамика поголовья коров, их молочной продуктивности и валового производства молока на территории РФ. **Материалы и методы.** Использованы официальные результаты бонитировки молочного скота РФ в 2010-2024 гг. Данные проанализированы с применением инструментария MS Excel математическим, графическим, статистическим методами, оценены с точки зрения зоотехнической и селекционной применимости результатов прогнозирования. **Результаты и выводы.** Показано, что на основании официальных опубликованных Росстатом данных стратегия планирования непрозрачна: не ясно, на каком основании декларирована целевая величина валового производства молока в 2030 г. Приведены показатели, доказывающие, что кажущееся замедление падения численности всего поголовья коров фактически обеспечено за счет активного наращивания поголовья коров мясных пород. Поголовье коров молочных и комбинированных пород на самом деле сокращается со скоростью в среднем 2,02 % в год. Доказано, что сложившаяся негативная динамика поголовья молочных коров представляет собой существенный фактор формирования объемов валового производства молока. Предложена методика планирования, применение которой позволило исключить выявленные логические, зоотехнические и статистические противоречия. Прогностическими мероприятиями продемонстрировано, что при имеющейся динамике численности молочного стада к 2030 г. возможно лишь удержать валовое производство молока на уровне 33 млн тонн в год. Достичь цели, поставленной

Указом Президента, возможно только при наращивании поголовья молочных коров не менее, чем на 1 % в год. Отмечено, что существенным резервом выполнения плана являются малые и средние фермы в составе сельхозорганизаций, укомплектованные коровами отечественных пород. Ближайшей перспективы изменения вектора тенденций на спонтанное увеличение поголовья коров нет. На государственном уровне требуется регулируемое и поднадзорное увеличение поголовья коров как базовой биологической основы производства молока. Исходя из этого рынок производства молока не готов к управлению на принципах саморегулирования. В качестве исходного компонента планирования показатель статистического среднего удоя на корову в год признан неприменимым для прогнозирования валового производства молока. Наряду с этим показана стагнация развития молочного сектора крестьянских (фермерских) хозяйств, подтверждающая тезис о саморегулировании отрасли. Результаты планирования нуждаются в мониторинге на протяжении 2-3 лет.

Ключевые слова: производство молока, планируемое производство молока, статистика производства молока, поголовье коров, молочное скотоводство, развитие молочного скотоводства.

Цитирование. Кузнецов А. В., Кузнецова Н. В., Луконина О. Н. О возможностях выполнения государственных планов по производству молока к 2030 году. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 366-385. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-39.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Молоко – важнейший продукт питания населения, а также сырье для производства молочных продуктов, включенных в ежедневный рацион и занимающих значительную долю в потребительской продуктовой корзине. Это единственный продукт животного происхождения, полностью готовый к употреблению в момент его производства.

Согласно Рекомендациям по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающим современным требованиям здорового питания (приказ Минздравсоцразвития РФ от 2 августа 2010 г. № 593н), в среднем нормы потребления молока и молочных продуктов должны составлять 320-340 кг на 1 человека в год, в том числе на детей – 360,7 кг. Вместе с тем потребление молока и молочных продуктов питания в пересчете на молоко составляет примерно около 250 кг на человека в год, или около 75-76 % от среднестатистической нормы. Таким образом, уже сегодня очевиден острый дефицит молока на российском рынке. Это в том числе подтверждается анализом экспортно-импортных потоков молока и молочных продуктов [8].

Производство молока – важнейшая сфера деятельности животноводческой отрасли. МСХ РФ поставило задачу: к 2030 году нарастить производство сырого молока до 38,9 млн т в год [7]. Данный план принят в качестве целевого для отрасли молочного скотоводства.

Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 года № 20 [1], удельный вес отечественной сельскохозяйственной продукции и продовольствия в общем объеме товарных ресурсов внутреннего рынка для молока и молочных продуктов должен составлять не менее 90 %. Но в 2022 г. этот показатель составил лишь 84,3 % [8]. В решении вопроса обеспечения молоком населения надеяться на «заграничную помощь» не следует.

Отсюда современное состояние трех компонентов продовольственной безопасности РФ – социального заказа, целевого производственного объема и обеспеченности отечественными средствами производства – обуславливает стратегическую необходимость наращивания валового объема производства молока за счет собственных ресурсов страны. Актуальным является вопрос: имеются ли в стране такие возможности? На наш взгляд, озвучивая грандиозные планы, государство в то же время склонно существенно недооценивать проблемы в АПК. А именно:

1. По сведениям некоторых авторов [2], несмотря на высокие темпы строительства и модернизации производственных животноводческих объектов, около половины молока производится на молочных фермах, износ которых превышает 60 %.

2. По заявлениям ряда работников региональных министерств и РИСЦ (ЦИО), основным «селекционным методом» совершенствования молочных стад стал импорт поголовья [3], который активно маскируется под гонку за элитной мировой генетикой и подменяет режим саморемонта стад, обесценивая такие характеристики, как здоровье и самовоспроизводство стад, а также отечественную селекцию в целом. Это априори ставит весь процесс производства молока в зависимость от поставок импортного скота [4].

3. По результатам бонитировки 2023-2024 гг. объемы сокращения поголовья коров в год составили 187,9 тыс. гол. [5], или 2,5 %.

4. До сих пор непрозрачность статистических данных создает проблемы при прогнозировании тенденций, построении планов, предвидении рисков [10].

Отсюда актуален вопрос: за счет каких «скрытых ресурсов» мы планируем к 2030 году нарастить объем производства молока на 13,1 %?

Цель данной статьи – оценка сложившихся в настоящее время возможностей выполнения требования Указа Президента об объеме производства молока к 2030 году, а также обсуждение оптимальных путей достижения поставленной задачи.

Материалы исследований. За исходные данные приняты официальные результаты бонитировки молочного скота РФ в 2010-2024 гг. [5], которые частично приведены в режиме цитирования по материалам Росстата (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика численности крупного рогатого скота и производства молока в хозяйствах различных категорий (по данным Росстата) [5]

Table 1 – Dynamics of the number of cattle and milk production in farms of various categories (according to Rosstat) [5]

Показатели / Indicators	2010 г.	2015 г.	2022 г.	2023 г.	2023 г. ± к 2010 г.	2023 г. ± к 2022 г.
Хозяйства всех категорий / Farms of all categories						
Поголовье КРС, тыс. голов / Number of cattle, thousand	19793,9	18620,9	17489,0	17067,9	-2726,0	-421,1
в т. ч. коров, тыс. голов / incl. cows, thousand	8713	8115,2	7734,7	7546,8	-1166,2	-187,9
Производство молока, тыс. т / Milk production, kt	31507,8	29887,5	32983,8	33797,9	2290,1	814,1
Надой на 1 корову, кг / Milk yield per 1 cow, kg	3776	4134	5194	5424	1648	230
Сельскохозяйственные организации / Agricultural organizations						
Поголовье КРС, тыс. голов / Number of cattle, thousand	9256,5	8447,8	7959,3	7801,9	-1454,6	-157,4
в т. ч. коров, тыс. голов / incl. cows, thousand heads	3712,7	3387,4	3227,4	3147,4	-565,3	-80
Производство молока, тыс. т / Milk production, kt	14313,2	14718	19013,4	20087,2	5774,0	1073,8
Надой на 1 корову, кг / Milk yield per 1 cow, kg	4189	5140	7440	8165	3976	725
Хозяйства населения / Households						
Поголовье КРС, тыс. голов / Number of cattle, thousand	9061,6	7931,8	6609,1	6374,6	-2687,0	-234,5
в т. ч. коров, тыс. голов / incl. cows, thousand	4291,1	3621,9	3042,4	2943,3	-1347,8	-99,1
Производство молока, тыс. т / Milk production, kt	15719,8	13158,6	10989,2	10722,4	-4997,4	-266,8
Надой на 1 корову, кг / Milk yield per 1 cow, kg	3510	3500	3572	3600	90	28
Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели / Peasant (farmer) enterprises and individual entrepreneurs						
Поголовье КРС, тыс. голов / Number of cattle, thousand	1475,7	2241,3	2920,8	2891,4	1415,7	-29,4
в т. ч. коров, тыс. голов / incl. cows, thousand	709,1	1105,9	1464,9	1456,1	747	-8,8
Производство молока, тыс. т / Milk production, kt	1474,7	2010,9	2981,2	2988,2	1513,5	7
Надой на 1 корову, кг / Milk yield per 1 cow, kg	3291	3465	3989	3448	157	-541

Методы исследований. Исследованиями рассматриваются два периода: учетный период – с 2010 по 2024 гг.; период прогнозирования – с 2025 по 2030 гг.

При анализе тенденций исходили из стандартных математических инструментов, предоставленных Ms Excel 2016. Для обеспечения точности прогностических мероприятий и вывода уравнений трендов данные Росстата установлены за каждый отчетный год с

2010 по 2023 гг. При подборе линии тренда пользовались оценкой величины достоверности аппроксимации (R^2). Принято, что чем ближе R^2 к единице, тем математически точнее соответствует тип линии тренда складывающимся тенденциям. Далее математический вывод логически уточнялся с зоотехнической точки зрения. Точность прогностических мероприятий определялась оценкой отклонений расчетных данных от учетных путем вычисления средней абсолютной ошибки прогнозирования ($MAPE$). Уравнение прогноза расчетных данных признавалось достоверно описывающим данные и тенденции на их основе при $MAPE < 5\%$. Математически ожидаемые прогнозы до 2030 года рассчитывались по уравнению линии тренда, логически наиболее точно описывающей динамику данных учетного периода.

Результаты и обсуждение. Экономико-технологической основой производства молока является стадо коров. На поголовье коров нами проиллюстрирована технология моделирования и прогнозирования динамики показателей (рисунок 1).

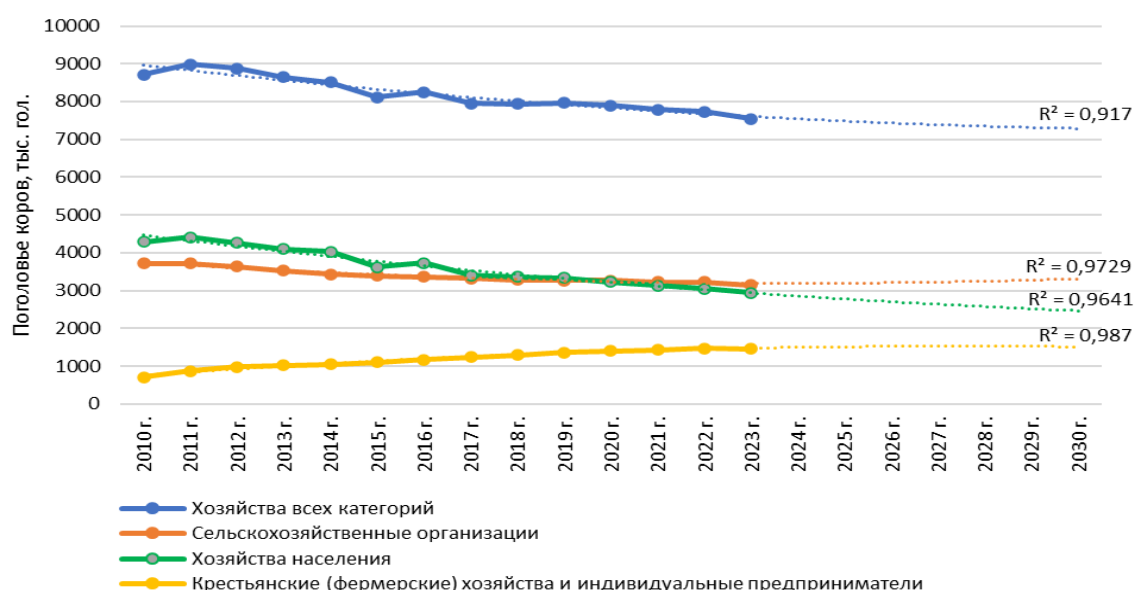


Рисунок 1 – Динамика поголовья коров и прогноз изменения их численности до 2030 г.
Figure 1 – Dynamics of the number of cows and the forecast of changes in their number until 2030

Динамика общего поголовья коров подчиняется уравнению полиномиальной линии тренда

$$y = 2,9602x^2 - 149,07x + 9112,2$$

где (и далее) y – величина ожидаемого показателя, в данном случае – поголовья коров; x – порядковый номер периода прогноза. Один год соответствует одному периоду прогноза. В нашем случае 2024 году соответствует период прогноза с порядковым номером 15; 2030 году – период прогноза с порядковым номером 21.

Совпадение линии тренда общего поголовья коров относительно учетных данных показателя составляет 91,7 % ($R^2 = 0,917$). Учетные величины варьируют относительно расчетов в пределах $-2,2...+2,9\%$; средняя абсолютная ошибка прогнозирования ($MAPE$) составила 1,28 %. Следовательно, соответствие линии тренда учетным данным в довольно высокой степени достоверно. А значит, уравнение данной линии тренда применимо для прогнозирования в продолжительность до 7 прогностических периодов при условии отсутствия дополнительных регуляторных факторов.

В целом тенденция снижения общего поголовья молочных коров в РФ за учетный период достоверно подтверждена на уровне 1,13 % в год с вариациями до 4,87 % в год. В последний учетный год снижение поголовья коров составило 2,49 %.

Линия тренда, описывающая динамику численности стада коров, принадлежащих сельскохозяйственным организациям, выражается полиномиальной зависимостью с точностью описания эмпирических данных 97,3 % ($R^2 = 0,9729$)

$$y = 2,9578x^2 - 86,941x + 3831,6$$

при средней абсолютной ошибке прогнозирования ($MAPE$) 0,75 %, то есть с высокой степенью достоверности описывает сложившуюся тенденцию динамики численности коров – фактическое снижение поголовья коров, принадлежащих сельхозорганизациям, в среднем на 1,28 %, причем в последний учетный год – на 2,54 %. Тем интереснее в общем спрогнозированный факт якобы некоторого замедления сокращения численности коров, принадлежащих сельхозорганизациям. Данная тенденция рядом исследователей рассматривается как результат многолетних регуляторных усилий по стабилизации поголовья в той мере, которая доступна региональным административным аппаратам управления.

Динамика численности коров, принадлежащих населению, – весьма приблизительная учетная характеристика отрасли молочного скотоводства [10]. Она, напротив, никак не регулируется государством и в настоящее время характеризуется негативной тенденцией, описываемой уравнением

$$y = 2,5256x^2 - 155,45x + 4616$$

с точностью описания эмпирических данных 96,4 % ($R^2 = 0,9641$) при средней абсолютной ошибке прогнозирования ($MAPE$) 1,94 %. Сокращение численности коров в данной группе за 14 лет составило 31 % – примерно с 4,4 млн гол. в 2011 г. до 3 млн гол. в 2023 г., и имеет достоверно подтвержденное ежегодное снижение примерно на 3,0 %. Регулярность процесса сокращения поголовья указывает на системный характер факторов, влияющих на данный процесс. Действительно, в последние десятилетия культура содержания коровы в частном подворье была фактически утилизирована (вероятнее всего, на уровне муниципальных образований): произошла тихая замена системы землепользования общественным кормовым клином на систему аренды и приватизации земель. Общественные пастбища, сенокосы, скотопрогоны, использовавшиеся для стад, сформированных из животных, принадлежащих населению, были в основном приватизированы либо иным путем отошли в частную собственность. Это сократило площади общественных земельных угодий и в ряде случаев вообще уничтожило возможность выпаса общественных стад – коллективной формы землепользования общественными землями на селе. Содержание коровы на привозных кормах в условиях частного подворья практически всегда невыгодно, что привело к сокращению численности общественных стад. Оставшееся сегодня поголовье принадлежит в основном тем, кто традиционно привык его содержать, успел приватизировать земли для кормового клина либо имеет возможность выпаса в неорганизованном порядке (окраина села, близость естественных угодий). В это число всё реже входят молодые семьи. Таким образом, частное подворье становится редкостью на селе. А следом за этим неизбежно меняется культурный код села.

Считалось, что альтернативой частному поголовью коров станет поголовье, принадлежащее крестьянским (фермерским) хозяйствам и индивидуальным предпринимателям, описываемое линией тренда согласно уравнению

$$y = -2,5242x^2 + 93,327x + 664,68$$

с точностью описания эмпирических данных 98,7 % ($R^2 = 0,987$) при средней абсолютной ошибке прогнозирования ($MAPE$) 2,13 %. Однако, согласно данному прогнозу, ожидается стабилизация этого показателя на уровне 1500 тыс. голов. То есть равноценной замены поголовья коров, принадлежащих частным подворьям, на поголовье коров, принадлежащее фермерам, ожидать не приходится, поскольку суммарная динамика поголовья коров, принадлежащих населению и фермерам, остается негативной (рисунок 2).

В качестве невыясненного фактора внутри данной статьи выступает вопрос о доле поголовья коров, которой владеют крупные фермеры – «латифундисты», базирующиеся на промышленной основе и применяющие передовые технологии. Их влияние на динамику величины стада коров, принадлежащих крестьянским (фермерским) хозяйствам, за весь учетный период невелико. Кроме него в эту категорию также попадают крестьянские и фермерские хозяйства семейного типа с небольшим поголовьем и минимальной степенью механизации и автоматизации производственных процессов. Стагнация процесса увеличения числа таких хозяйств очевидна. Действительно: откуда взяться новым фермерам и небольшим фермам семейного типа в условиях «занятых» земельных угодий? Индикатором степени «занятости земель» как раз является неуклонное сокращение общественных угодий, которые с большой вероятностью в первую очередь становятся фермерским кормо-

вым клином на условиях аренды. Другой путь выпадения земель из оборота – приватизация их лицами, никак не связанными с сельским хозяйством, с последующим ожиданием новыми владельцами «лучших времен». В последнем случае земли используются, как правило, минимально.



Рисунок 2 – Динамика суммарного поголовья коров, принадлежащих населению и крестьянским (фермерским) хозяйствам

Figure 2 – Dynamics of the total number of cows belonging to the population and peasant (farmer) farms

В качестве аргумента управленцы часто вспоминают о «необъятных» и малоиспользуемых землях «в глубинке». Но при вдумчивом планировании семейного фермерского бизнеса и это не является решением проблемы. Любой фермер рассматривает свой бизнес еще и с точки зрения близости к инфраструктуре: дорогам с твердым покрытием, сбытовым рынкам, социокультурным объектам и т.п. Если ферма – это сердце бизнеса, то дороги – вокруг нее – это артерии, а рынки сбыта – то, из-за чего бьется сердце бизнеса.

Таким образом, негативная динамика общего поголовья коров в среднем за 14 лет составила - 89,7 тыс. в год и обусловлена в основном сокращением поголовья коров, принадлежащих частным подворьям (в среднем - 103,7 тыс. в год в сегменте). Динамика поголовья остальных групп коров показывает, что в ближайшей перспективе тенденций к нерегулируемому – спонтанному – увеличению общего поголовья коров нет (таблица 2). А значит, увеличения производства молока за счет этого фактора ожидать не приходится.

Таблица 2 – Прогноз численности коров к 2030 году
Table 2 – Forecast of the number of cows by 2030

Показатели / Indicators	2024 г.	2025 г.	2026 г.	2027 г.	2028 г.	2029 г.	2030 г.
Хозяйства всех категорий / Farms of all categories	7542,2	7484,9	7433,5	7388,0	7348,5	7314,9	7287,2
Сельскохозяйственные организации / Agricultural organizations	3193,0	3197,7	3208,4	3225,0	3247,5	3275,9	3310,2
Хозяйства населения / Households	2852,5	2775,4	2703,2	2636,2	2574,2	2517,2	2465,3
Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели / Peasant (farmer) enterprises and individual entrepreneurs	1496,6	1511,7	1521,7	1526,7	1526,7	1521,5	1511,4

Исходя из этого на первый взгляд логично рассматривать в качестве основы достижения поставленной цели динамику и селекционно-технологический прогресс среднестатистической молочной продуктивности коров (рисунок 3).

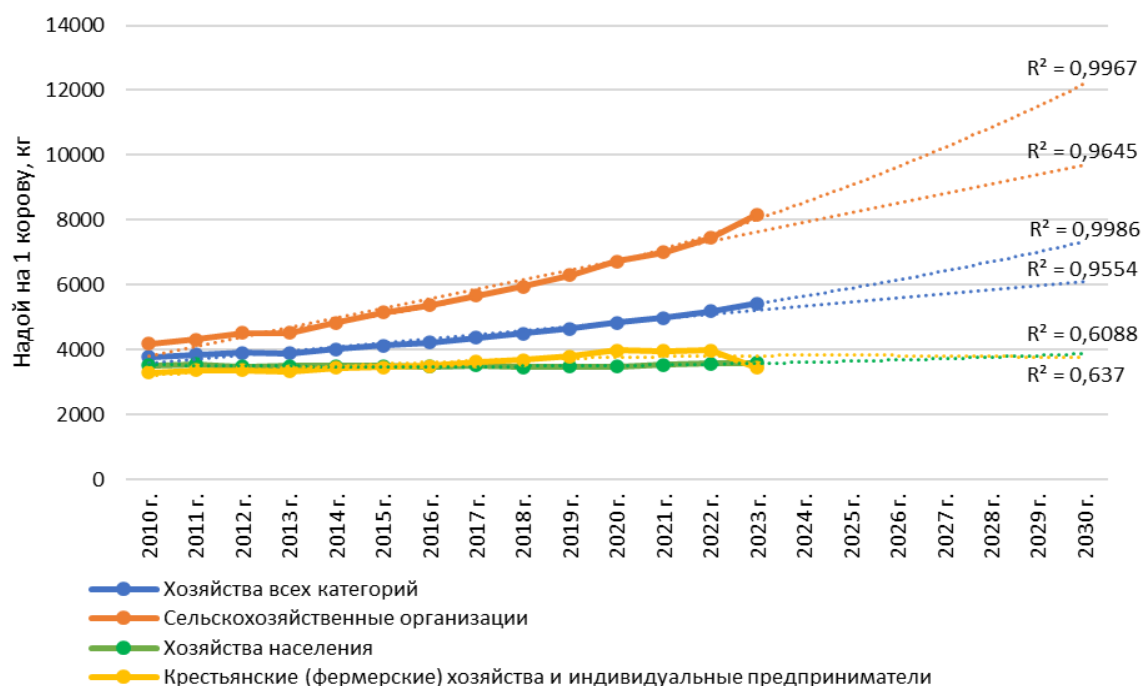


Рисунок 3 – Динамика удоя коров и прогноз изменения показателя до 2030 г.
Figure 3 – Dynamics of cow milk yield and forecast of changes in the indicator until 2030

Положительная динамика среднестатистического удоя на одну корову формируется исключительно за счет ресурсов сельскохозяйственных организаций, математически наиболее точно динамика показателя которых описывается полиномиальным уравнением

$$y = 15,038x^2 + 68,816x + 4116,5,$$

причем точность описания эмпирических данных составила 99,7 % ($R^2 = 0,9967$) при средней абсолютной ошибке прогнозирования ($MAPE$) 0,90 %. Однако результаты математического прогнозирования высокой точности сомнительны с зоотехнической точки зрения. Рост продуктивности с 8 тыс. кг в 2023 г. до 12 тыс. кг в 2030 г., то есть фактически на треть за $\approx 1,5$ поколения, с селекционной точки зрения невозможен. Кривая прогнозирования имеет равноускоряющийся во времени характер, тогда как теоретически с увеличением удоя прибавка из года в год должна падать. А значит, кривая прогнозирования среднестатистического удоя на одну корову должна иметь равнозамедляющийся характер. Таким образом, несмотря на высокую точность описания эмпирических данных полиномом, это уравнение признано неприменимым для прогнозирования динамики удоя коров на период до 2030 г.

Исходя из этого произведен линейный прогноз изменения показателя по уравнению,

$$y = 294,39x + 3515,$$

согласно которому точность описания эмпирических данных снизилась до 96,5 % ($R^2 = 0,9645$). Тем не менее, средняя абсолютная ошибка прогнозирования ($MAPE$) составила 3,48 %, то есть результаты прогноза остались достоверными и могут быть приняты для прогнозирования.

Средний удой коров в хозяйствах населения и крестьянских (фермерских) стадах – технически сложно учитываемые показатели, вызывающие сомнение уже на этапе сбора первичного материала [10]. Данные по обеим статьям прогнозирования практически совпадают по величине и динамике, не выходя за пределы 4000 кг – уровня продуктивности, ожидаемо сформировавшегося при минимуме затрат на высококонцентратное и высокотехнологичное кормление, технологический и ветеринарный уход, на фоне в основном ручного доения. Их динамика описывается полиномиальными уравнениями:

для среднего удоя коров в хозяйствах населения

$$y = 1,9245x^2 - 25,691x + 3564,8; R^2 = 0,6088;$$

для среднего удоя коров в крестьянских (фермерских) стадах –

$$y = -2,8729x^2 + 90,077x + 3121,8; R^2 = 0,637.$$

Точность описания эмпирических данных в обоих случаях довольно низкая. Но средняя абсолютная ошибка прогнозирования (*MAPE*) составила для хозяйств населения 0,61 %, для фермерских хозяйств – 3,09 %, то есть результаты прогноза достоверны.

Константная часть полиномов опосредованно свидетельствует о меньшей продуктивности коров в крестьянских (фермерских) хозяйствах в сравнении с продуктивностью коров в хозяйствах населения в среднем. Радикальным отличием этих категорий является численность стад. В хозяйствах населения количество коров редко превышает 3 гол., тогда как в крестьянских (фермерских) хозяйствах семейного типа численность стад может быть существенной – до нескольких десятков голов, а в крупных фермерских хозяйствах – до нескольких сотен. Качество индивидуального подхода к корове, реализованное в хозяйствах населения, сегодня в России несопоставимо по качеству с крестьянскими (фермерскими) хозяйствами, что сказывается на результатах хозяйствования. Поэтому вполне объясним более высокий удой коров в хозяйствах населения. Умение работать со стадом в несколько десятков коров должно быть основано не только на спонтанном желании и самообучении российского фермера, а на государственной образовательной программе для фермеров; не только на финансовой (субсидиарной) поддержке фермерского сектора, но и на научно-интеллектуальном сопровождении фермерских хозяйств России. Но сегодня нет государственных мер образовательной программы и научно-интеллектуальной поддержки на постоянной основе для фермеров, хотя в перспективе это должно лечь в основу культуры фермерства как новой формы хозяйствования в животноводстве РФ.

Поскольку многолетние данные по удою ни в хозяйствах населения, ни в крестьянских (фермерских) хозяйствах существенно не меняются, очевидна связь позитивной динамики удоя коров в среднем по хозяйствам всех категорий лишь с динамикой показателя в стадах сельхозорганизаций. Этим можно обосновать выбранный тип уравнения и метод прогнозирования динамики удоя в хозяйствах всех категорий, сходный с динамикой показателя в стадах сельхозорганизаций – линейный тренд:

$$y = 125,18x + 3471,$$

согласно которому точность описания эмпирических данных составила 95,5 % ($R^2 = 0,9554$). Средняя абсолютная ошибка прогнозирования (*MAPE*) составила 2,22 %, то есть результаты прогноза достоверны (таблица 3).

Таблица 3 – Прогноз удоя коров к 2030 году
Table 3 – Forecast of cow milk yield by 2030

Показатели / Indicators	2024 г.	2025 г.	2026 г.	2027 г.	2028 г.	2029 г.	2030 г.
Хозяйства всех категорий / Farms of all categories	5349	5474	5599	5724	5849	5975	6100
Сельскохозяйственные организации / Agricultural organizations	7931	8225	8520	8814	9108	9403	9697
Хозяйства населения / Households	3612	3646	3684	3726	3771	3821	3874
Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели / Peasant (farmer) enterprises and individual entrepreneurs	3827	3828	3823	3812	3796	3774	3746

На практике средняя прибавка молочной продуктивности за год составляет около 300 кг, или примерно 3–4 %, что можно рассматривать как суммарный селекционно-технологический прогресс: сумму прибавок за счет селекции и технологических улучшений. С увеличением удоя этот показатель будет неуклонно сокращаться.

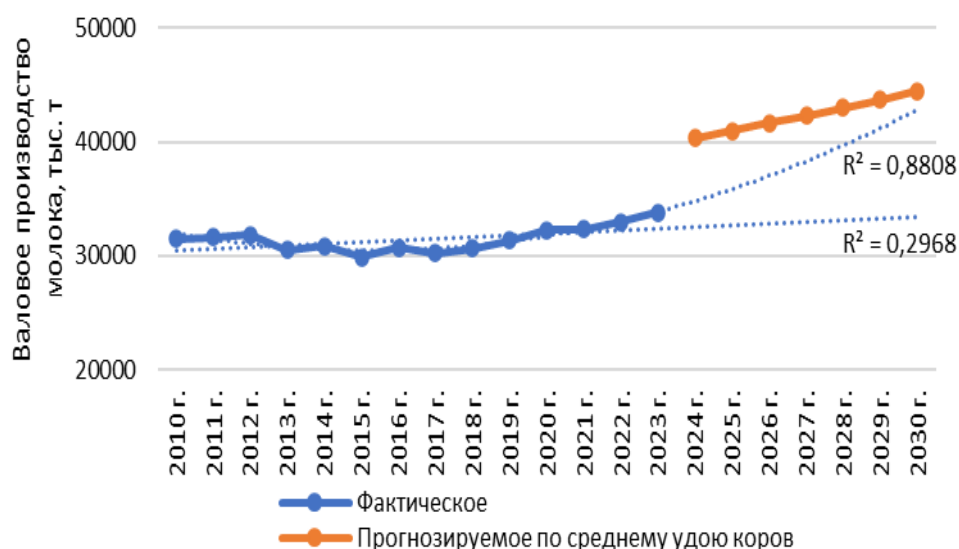
Исходя из данных таблиц 2 и 3 кажется очевидным прогнозирование валового производства молока к 2030 г. путем умножения спрогнозированного поголовья коров на спрогнозированный среднестатистический удой (таблица 4).

Таблица 4 – Прогноз валового производства молока коров к 2030 году
Table 4 – Forecast of gross milk production of cows by 2030

По хозяйствам всех категорий / For farms of all categories	2024 г.	2025 г.	2026 г.	2027 г.	2028 г.	2029 г.	2030 г.
Поголовье коров, тыс. гол. (таблица 2) / Number of cows, thousand (Table 2)	7542,2	7484,9	7433,5	7388	7348,5	7314,9	7287,2
Удой на корову, кг (таблица 3) / Milk yield per cow, kg (Table 3)	5349	5474	5599	5724	5849	5975	6100
Валовое производство молока, тыс. т / Gross milk production, thousand tons	40343,2	40972,3	41620,2	42288,9	42981,4	43706,5	44451,9

Из чего можно заключить, что производственных ресурсов в РФ более чем достаточно для выполнения требований Указа Президента об объеме производства молока к 2030 году – 38,9 млн т.

Если бы не одно но – этот прогноз явно не совпадает с фактическими тенденциями, сложившимися в показателе «Валовое производство молока, тыс. т» за учетный период в точке начала планирования (2024 г., рисунок 4). Разница составляет 6,5 млн т (16,2 %), и не укладывается в допустимые погрешности планирования, хотя вроде бы совпадает с конечными объемами планирования в 2030 г. при принятии полиномиального уравнения прогнозирования ($R^2 = 0,8808$). Помня о более вероятном линейном тренде удоя на корову и негативной динамике поголовья коров, сложно верить в выполнимость такого прогноза. Альтернативный – линейный – прогноз валового производства молока отличается очень низкой точностью ($R^2 = 0,2968$).

Рисунок 4 – Сопоставление фактического и прогнозируемого валового производства молока
Figure 4 – Comparison of actual and projected gross milk production

При очевидных и простых методических посылках объяснить полученный факт «преломления» тенденций в начальной точке прогнозирования возможно лишь наличием ошибки в исходных данных. Так, Росстат в статистических сборниках оперирует показателем «поголовье коров», не разграничивая данные по группам «коровы молочных и комбинированных пород», которые доят и обеспечивают валовое производство молока, и «коровы мясных пород», которые не доят и никакого отношения не имеют к производству молока. Нами путем дополнительного запроса были получены данные о динамике численности именно молочных коров (рисунок 5). К сожалению, сведения о численности молочных коров в сельхозорганизациях и крестьянских (фермерских) хозяйствах источником, предоставившим данные, не разделены.

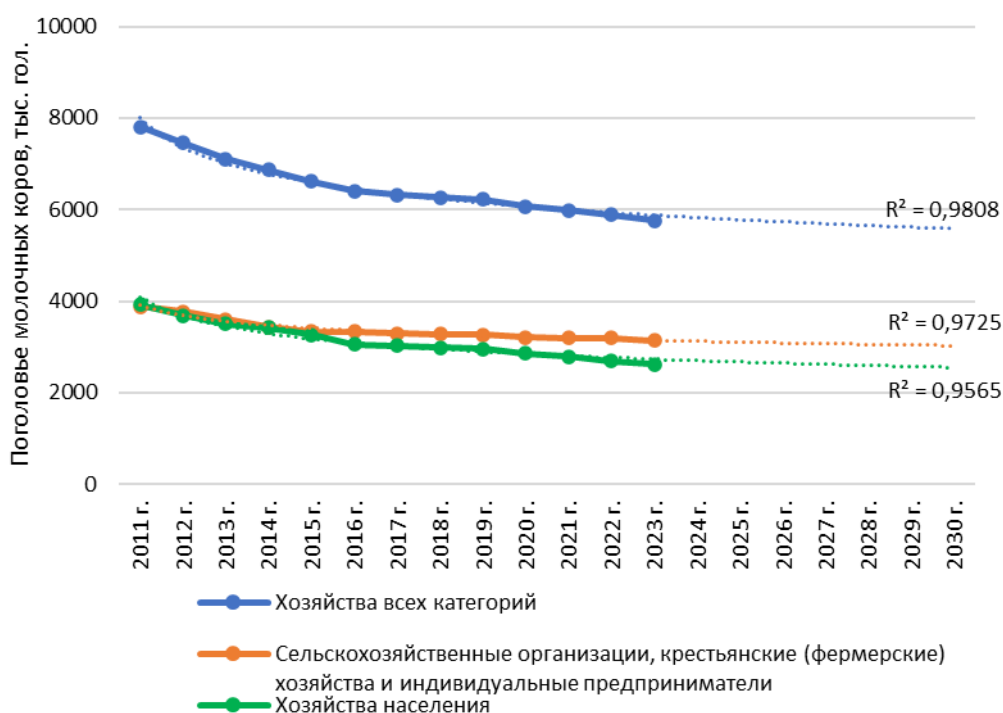


Рисунок 5 – Динамика поголовья коров молочных и комбинированных пород и прогноз изменения их численности до 2030 г.

Figure 5 – Dynamics of the number of cows of dairy and combined breeds and the forecast of changes in their number until 2030

Линия тренда, наиболее точно описывающая динамику поголовья молочных коров в сельхозорганизациях и фермерских хозяйствах, выражается степенной функцией с точностью описания эмпирических данных 97,3 % ($R^2 = 0,9725$)

$$y = 3911,1x^{-0,085}.$$

Средняя абсолютная ошибка прогнозирования ($MAPE$) составила 0,79 %. То есть функция с высокой степенью достоверности описывает сложившиеся тенденции динамики численности молочных коров, принадлежащих сельхозорганизациям и фермерским хозяйствам. Сокращение поголовья в среднем за период с 2011 по 2023 г. составило 1,84 %.

Отсюда следует вывод, корректирующий результаты анализа динамики поголовья коров по данным Росстата. Замедление падения численности всего поголовья коров (см. рисунок 1), принадлежащих сельхозорганизациям, фактически обеспечено за счет активного наращивания поголовья коров мясных пород и механистического объединения Росстатом мясных и молочных коров в одну статистическую группу. Поголовье коров молочных и комбинированных пород на самом деле сокращается, несмотря на многолетние регуляторные усилия по стабилизации поголовья молочных коров региональными административными аппаратами управления. Объединение Росстатом численности коров молочных и комбинированных пород с численностью коров мясных пород маскирует этот факт, что в дальнейшем принципиально влияет на точность прогностических мероприятий и объемы плановых государственных заданий по производству молока.

Негативная тенденция численности молочных коров в хозяйствах населения носит степенной характер с точностью описания эмпирических данных 95,7 % ($R^2 = 0,9565$)

$$y = 4098,2x^{-0,158}.$$

Средняя абсолютная ошибка прогнозирования ($MAPE$) составила 3,48 %, то есть прогноз численности коров данной категории характеризуется как достоверный.

Общая численность молочных коров за учетный период описывается степенной функцией

$$y = 7998,1x^{-0,12}.$$

с точностью 98,1 % ($R^2 = 0,9808$) при средней абсолютной ошибке прогнозирования ($MAPE$) – 2,63 %. Общая численность молочных коров за прогнозируемый период получена суммированием прогнозируемой численности молочных коров в сельхозорганизациях, крестьянских (фермерских) хозяйствах и хозяйствах населения (прогноз 1, таблица. 4).

Таблица 4 – Корректировка прогноза валового производства молока коров к 2030 г. исходя из поголовья молочных коров

Table 4 – Adjustment of the forecast of gross milk production of cows by 2030 based on the number of dairy cows

По хозяйствам всех категорий / For farms of all categories	2024 г.	2025 г.	2026 г.	2027 г.	2028 г.	2029 г.	2030 г.
Поголовье молочных коров, тыс. гол. (прогноз 1: -0,7 % в год) / Dairy cow herd, thousand (fore- cast 1: -0.7 % per year)	5826,1	5778,5	5734,4	5693,3	5654,8	5618,8	5584,8
Удой на корову, кг (таблица 3) / Milk yield per cow, kg (Table 3)	5349	5474	5599	5724	5849	5975	6100
Валовое производство молока скорректированное, тыс. т / Adjusted gross milk production, kt	31163,8	31631,5	32106,9	32588,4	33074,9	33572,3	34067,3

Следует отметить, что использование степенной функции в прогнозе позволило предсказать сокращение поголовья молочных коров в среднем в год на уровне 0,7 %, тогда как за последние 4 года показатель снижался в среднем на 1,98 % в год. Отсюда скорректирован прогноз валового производства молока (рисунок 6).

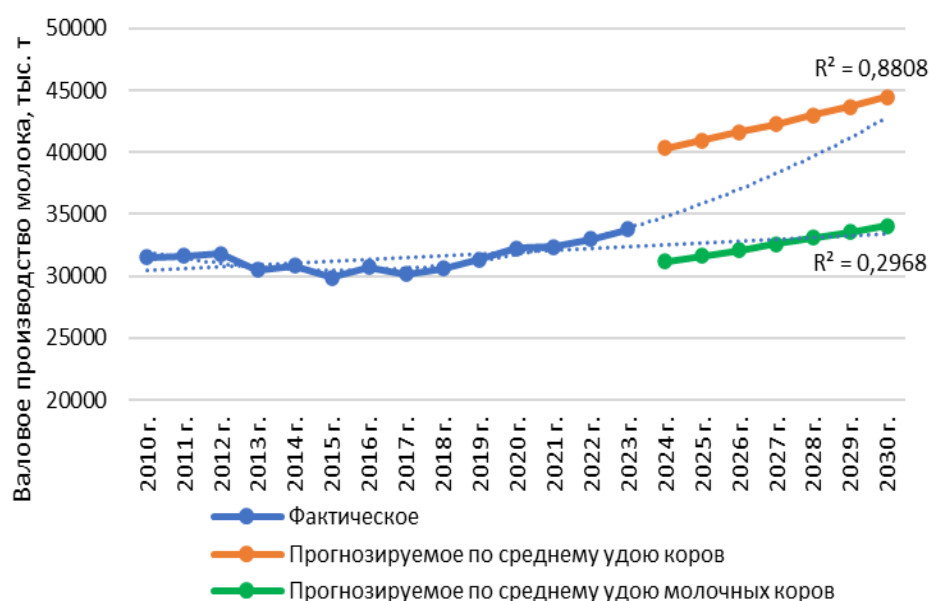


Рисунок 6 – Сопоставление фактического и прогнозируемого валового производства молока: исходя из поголовья молочных коров

Figure 6 – Comparison of actual and projected gross milk production: based on the number of dairy cows

Но результаты скорректированного прогноза также плохо соотносятся с фактическими данными в точке начала планирования. Разница составляет 2,6 млн т (-8,5 %), и также не укладывается в допустимые погрешности планирования. При этом и в конечной точке планирования поставленная задача не может быть достигнута. Таким образом, общий вывод следующий: опираясь на опубликованные данные (см. таблица 1) – не ясно, на каком основании декларирована целевая величина валового производства молока в 2030 году [8].

Несмотря на негативные результаты проверки выполнимости плана [8], в сложившихся условиях, остается актуальным вопрос о способах выполнения плана, конечных объемах планирования и ежегодных рубежных показателях выполнения плана.

В нашем случае, исходя из приведенного выше анализа, единственной причиной, негативно повлиявшей на результаты прогнозирования, является корректность формирования статистических сведений о средней продуктивности молочных коров. Поэтому сведения о средней продуктивности коров по данным Росстата нами в последующих прогностических мероприятиях проигнорированы. В качестве исходных параметров планирования нами приняты динамика поголовья молочных коров и валовой объем произведенного молока за учетный период.

Валовой объем произведенного молока, или «Валовое производство молока», – это не статистический, а реальный национальный продукт, компонент продовольственной безопасности страны. В пищу употребляется именно валовое, а не статистическое молоко. Значит, и планирование должно осуществляться, отталкиваясь от валового объема производства молока, а не от существующих лишь на бумаге статистических достижений. Практикуется несколько способов оценки как валового производства молока [7], так и его аналитических компонентов. В нашем случае максимально приближенный результат к понятию «средняя молочная продуктивность коровы за год» получается путем деления всего произведенного валового молока на всё поголовье молочных коров.

Отсюда полагаем методически верным при прогнозировании:

1. по валовому производству молока и численности молочных коров рассчитать среднее производство молока на корову в год за учетный период, не менее чем в два раза превышающий прогнозный;
2. выбрать тип тренда с учетом селекционно-зоотехнических рекомендаций и согласно уравнению, описывающему динамику показателя в учетный период, рассчитать среднее производство молока на молочную корову в год на прогнозный период;
3. оценить тенденции поголовья молочных коров с учетом различных вариантов формирования фактора;
4. рассчитать план валового производства молока, исходя из прогноза среднего производства молока на молочную корову в год и альтернативных прогнозов поголовья молочных коров.

Пункт 1, 2. Среднее производство молока на корову в год получено путем деления фактически произведенного валового объема молока на численность молочных коров за учетный период (рисунок 7).

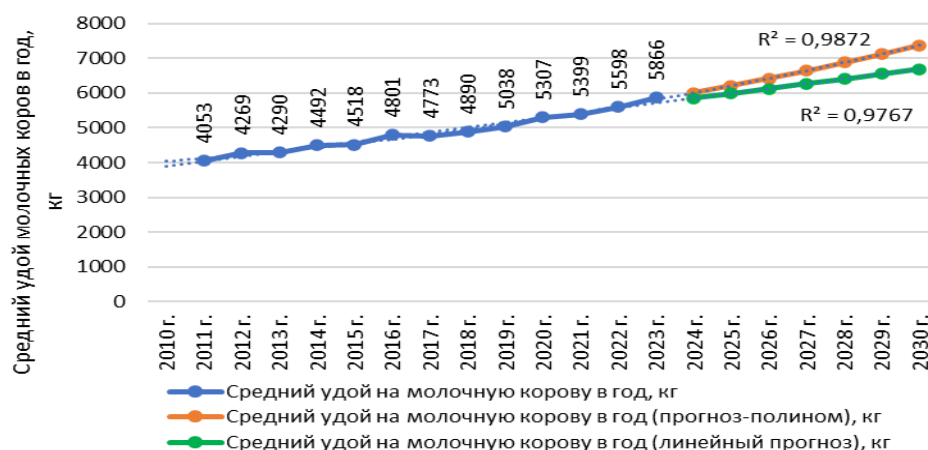


Рисунок 7 – Результаты прогнозирования среднего удоя на молочную корову в год
Figure 7 – Results of forecasting the average milk yield per dairy cow per year

Математически средний удой на корову в год за прогнозный период наиболее точно описывается полиномом

$$y = 4,3821x^2 + 70,177x + 3965,5$$

согласно которому точность описания эмпирических данных составила 98,7 % ($R^2 = 0,9872$). Средняя абсолютная ошибка прогнозирования ($MAPE$) составила 1,04 %, то есть результаты прогноза являются в высокой степени достоверными.

Альтернативный прогноз показателя сделан путем линейной экстраполяции согласно уравнению

$$y = 140,29x + 3746,4.$$

При этом точность описания эмпирических данных составила 97,7 % ($R^2 = 0,9767$), а средняя абсолютная ошибка прогнозирования (MAPE) оказалась на уровне 1,3 %. Таким образом, линейный тренд является практически равнозначным полиному по точности прогноза, но принципиально отличается по результату в конечной точке планирования (таблица 5).

Таблица 5 – Прогноз среднего удоя на молочную корову в год на период до 2030 г.

Table 5 – Forecast of average milk yield per dairy cow per year for the period up to 2030

Показатели / Indicators	2024 г.	2025 г.	2026 г.	2027 г.	2028 г.	2029 г.	2030 г.
Полиномиальный прогноз удоя, кг / Polynomial prognosis of milk yield, kg	6004	6210	6425	6648	6881	7122	7372
Прибавка продуктивности, ±кг / Increase in productivity, ±kg	138	206	215	223	233	241	250
Линейный прогноз удоя, кг / Linear forecast of milk yield, kg	5851	5991	6131	6272	6412	6552	6692
Прибавка продуктивности, ±кг / Increase in productivity, ±kg	-15	140	140	141	140	140	140

При сходной точности прогнозирования результаты в конечной точке планирования различаются на 10,2 %. Это связано с тем, что в первом случае имеет место прогрессирующая, а во втором – стабильная прибавка молока. Зоотехнической практикой неоднократно установлено, что с ростом продуктивности животных ежегодное ее приращение имеет тенденцию к сокращению. Однако при полиномиальном прогнозе удоя ежегодная математическая плановая прибавка к прогнозируемому удою составляет в среднем 215 кг, последовательно увеличиваясь со 138 кг при удое 6004 кг на корову в год до 250 кг при удое 7372 кг на корову в год. В то же время по фактическим данным учетного периода прибавка составила в среднем 151 кг. Поэтому с точки зрения зоотехнии полагаем полиномиальный прогноз удоя излишне оптимистичным, поскольку он основан на завышенном плановом темпе роста продуктивности, тогда как линейный прогноз удоя характеризуется несколько меньшим средним показателем плановой прибавки (≈ 140 кг) в сравнении с фактической (151 кг) и в наибольшей степени соответствует сложившейся зоотехнической практике. Обеспечить прогрессирующую прибавку удоя как с точки зрения селекции, так и с точки зрения технологии сложно. Однако именно эти усилия связаны с селекционно-технологическим прогрессом в отрасли. Поэтому принимаем к рассмотрению обе стратегии планирования удоя в среднем на молочную корову в год.

Пункт 3. Далее проанализируем набор тенденций по динамике поголовья молочных коров, помня о противоречии (таблица 4) между плановым сокращением поголовья молочных коров в среднем в год (на уровне -0,7 %) и фактическим сокращением поголовья молочных коров за последние 4 учетных года (-1,98 % в среднем), рисунок 8.

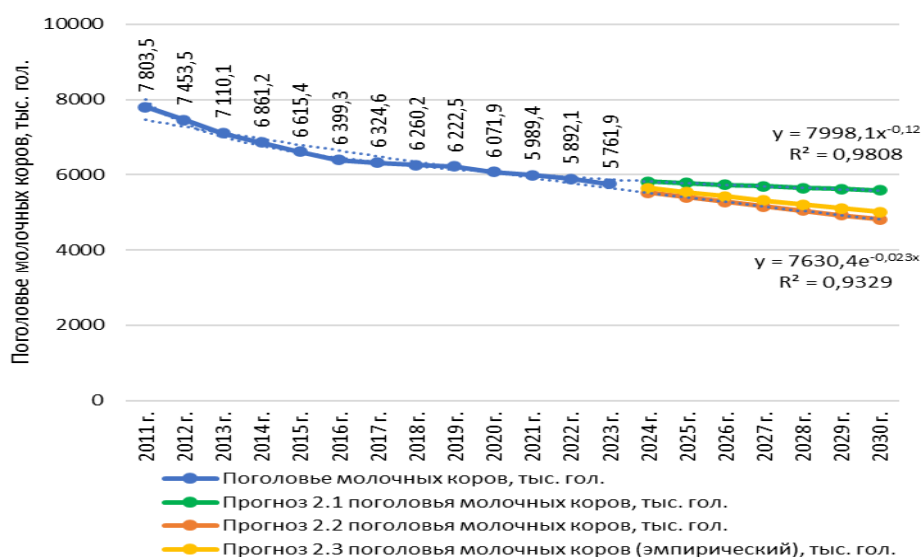


Рисунок 8 – Результаты прогнозирования динамики поголовья молочных коров
Figure 8 – Results of forecasting the dynamics of the dairy cow population

Поиск математической закономерности, описывающей динамику поголовья молочных коров, выявил два уравнения линии тренда, представляющих технический интерес: степенная зависимость вида

$$y = 7998,1x^{-0,12},$$

описанная нами ранее; и экспоненциальная зависимость вида

$$y = 7630,4e^{-0,023x},$$

согласно которой точность описания эмпирических данных несколько ниже, чем в первом случае – 93,3 % ($R^2 = 0,9329$). Средняя абсолютная ошибка прогнозирования (MAPE) составила 1,72 %, то есть результаты прогноза являются в высокой степени достоверными.

Из этого рассчитан эмпирический прогноз динамики поголовья с учетом уже сложившегося темпа сокращения поголовья молочных коров (таблица 6).

Таблица 6 – Прогноз динамики поголовья молочных коров на период до 2030 г.
Table 6 – Forecast of the dynamics of the dairy cow population for the period up to 2030

Показатели / Indicators	2024 г.	2025 г.	2026 г.	2027 г.	2028 г.	2029 г.	2030 г.
Прогноз 2.1 (степенная функция) / Prognosis 2.1 (power function)	5826,1	5778,5	5734,4	5693,3	5654,8	5618,8	5584,8
±% к предыдущему году / ±% year-on-year	1,1	-0,82	-0,77	-0,72	-0,68	-0,64	-0,61
Прогноз 2.2 (экспоненциальная функция) / Forecast 2.2 (exponential function)	5529,7	5404	5281,1	5161,1	5043,7	4929	4816,9
±% к предыдущему году / ±% year-on-year	-4,2	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33
Прогноз 2.3 (эмпирический) / Prediction 2.3 (empirical)	5647,8	5536	5426,4	5319	5213,7	5110,5	5009,3
±% к предыдущему году / ±% year-on-year	-2,02	-2,02	-2,02	-2,02	-2,02	-2,02	-2,02

Прогноз 2.2 в большей степени соответствует эмпирическим тенденциям (прогноз 2.3), однако следование ему ведет к коллапсу отрасли производства молока за счет тотального снижения поголовья. Действительно, в сравнении с 2011 г. в 2030 году при отсутствии управленческих усилий в этом направлении согласно прогнозам 2.2. и 2.3 ожидается снижение поголовья молочных коров на 38,3 % и 35,8 % соответственно. Прогноз 2.1 требует определенных административных усилий. Но и в его случае поголовье к 2030 году снизится на 28,4 %. Таким образом, динамика поголовья молочных коров представляет собой в той или иной мере негативный фактор формирования объемов валового производства молока.

Пункт 4. На основании прогнозирования среднего удоя на молочную корову (таблица 5) и динамики поголовья молочных коров (таблица 6) в таблице 7 и на рисунке 8 представлен прогноз валового производства молока при разных вариантах динамики факторов. Кроме этого, считаем необходимым рассмотреть прогноз валового производства молока при стабилизации и в режиме наращивания поголовья.

Как было замечено ранее: не всегда математически точный прогноз является зоотехнически приемлемым. Это и послужило аргументом деления результатов прогнозирования по динамике прибавки молока на две группы. При прогрессирующей прибавке молока (математический прогноз) допустимо снижение поголовья молочных коров не более 1 % в год, тогда как при увеличении поголовья на 1-1,5 % в год валовое производство молока ожидается выше линии тренда. Что касается зоотехнически вероятного прогноза, то выполнение плана производства валового молока возможно лишь при наращивании численности молочного стада более 1 % в год. В соответствии со сложившейся тенденцией уменьшения поголовья (-2,02 %) ни при прогрессирующей прибавке, ни при стабильной прибавке молока в удое достичь поставленной Указом Президента цели невозможно. То есть динамика фактора численности молочного стада даже при условии довольно высоких показателей удоя играет определяющую роль в формировании производственного итога. Отсюда следует неутешительный вывод, обуславливающий всю стратегию работы в отрасли: при сложившейся

сегодня динамике численности молочного стада возможно лишь удержать валовое производство молока на примерно одинаковом уровне – 33 млн тонн в год. Только при наращивании поголовья молочных коров можно достичь поставленной Указом Президента цели.

Таблица 7 – Прогноз валового производства молока коров к 2030 году, исходя из поголовья молочных коров (таблица 6) и удоя на молочную корову в год (таблица 5)

Table 7 – Forecast of gross milk production of cows by 2030, based on the number of dairy cows (Table 6) and milk yield per dairy cow per year (Table 5)

Прибавка поголовья молочных коров в год / Increase in the number of dairy cows per year	2024 г.	2025 г.	2026 г.	2027 г.	2028 г.	2029 г.	2030 г.
Прогноз 3.1 (прогрессирующая прибавка молока, математический прогноз) / Prognosis 3.1 (progressive milk gain, mathematical prognosis)							
-0,71 %	34979,9	35884,5	36843,5	37849,1	38910,7	40017,1	41171,1
-2,59 %	33200,3	33558,8	33931,1	34311,0	34705,7	35104,3	35510,2
-2,02 % сложившаяся /- 2,02 % established	33909,4	34378,6	34864,6	35360,7	35875,5	36397,0	36928,6
±0,0 %	34594,4	35781,4	37020,2	38305,1	39647,6	41036,3	42476,7
+1,0 %	34940,3	36500,5	38142,0	39860,7	41670,6	43561,7	45542,0
+1,5 %	35113,2	36862,6	38710,6	40655,2	42711,1	44870,0	47141,7
Прогноз 3.2 (стабильная прибавка молока, зоотехнический прогноз) / Forecast 3.2 (stable milk increase, zootechnical forecast)							
-0,71 %	34088,5	34619,0	35157,6	35708,4	36258,6	36814,4	37373,5
-2,59 %	32354,3	32375,4	32378,4	32370,4	32340,2	32294,8	32234,7
-2,02 % сложившаяся /- 2,02 % established	33045,3	33166,2	33269,3	33360,8	33430,2	33484,0	33522,2
±0,0 %	33712,9	34519,5	35326,2	36138,6	36945,3	37752,0	38558,6
+1,0 %	34049,9	35213,3	36396,7	37606,3	38830,4	40075,3	41341,2
+1,5 %	34218,4	35562,6	36939,3	38355,8	39799,9	41278,9	42793,3

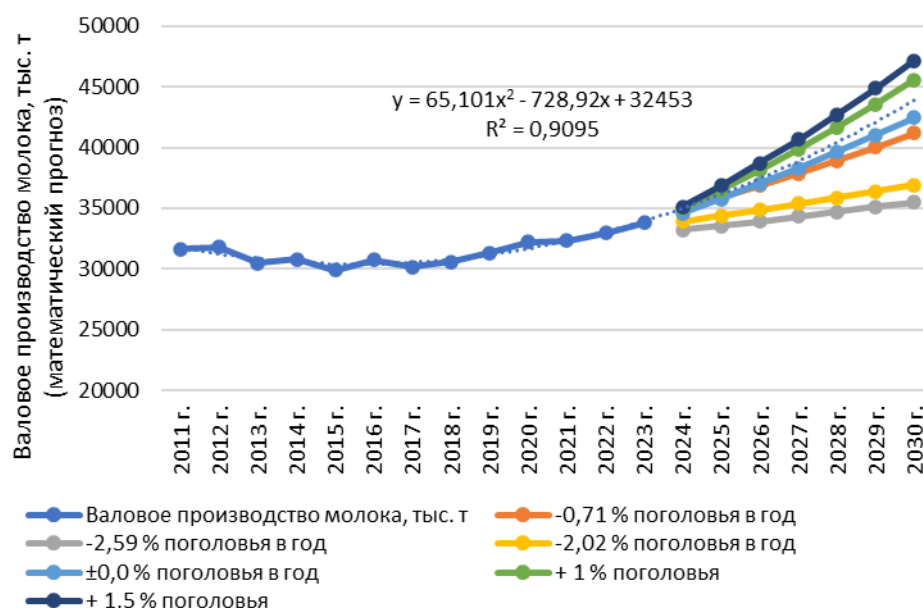


Рисунок 9 – Результаты прогнозирования валового производства молока
Figure 9 – Results of forecasting gross milk production

Обсуждение. Традиционно рассматриваются два пути достижения производственной цели – селекционно-зоотехнический и административно-управленческий. Но в последнее время создается впечатление, что решение вопроса производства молока переложено на плечи селекционеров.

В целом прогнозирование по сложившимся результатам хозяйственной деятельности показало весьма неустойчивую возможность выполнения Указа Президента. Технические возможности реализации плановых заданий сегодня минимальны, не подкреплены достаточными ресурсами и государственной поддержкой, не имеют четкой программной стратегии достижения декларированного валового объема производства молока. По мнению авторов, стратегия выполнения задания, основанная на использовании монопороды (голштинской), провальна в части обеспечения самовоспроизводства стада. Двигаясь в направлении всеобщей голштинизации молочных стад, замены отечественных пород на голштинскую, государству придется обеспечивать валовое производство молока за счёт ремонта стад импортным поголовьем, поскольку устойчивость самовоспроизводства голштинской породы на территории Российской Федерации – весьма неоднозначный вопрос. При существующих объемах импорта ремонтного поголовья нельзя говорить о производстве молока «за счёт собственных ресурсов», как того требует Доктрина продовольственной безопасности [1], поскольку ресурсная база должна характеризоваться не только способностью создать конечный продукт, но и самостоятельной репродукцией ресурсной базы.

Альтернативой является стратегия наращивания поголовья собственных молочных пород в зонах их районирования. Наращивание поголовья – самый быстрый способ увеличения объемов производства молока. Именно этот путь является наиболее легко осуществимым для достижения поставленной перед молочной отраслью цели. Отечественные породы объективно дольше живут, отличаются лучшим по сравнению с голштинами здоровьем, лучшей приспособленностью к нашим условиям. Их меньшая продуктивность с успехом компенсируется качеством молока, длительностью хозяйственного использования коров, легкостью размножения стад, неприхотливостью животных, меньшими производственными издержками на корову в год. Саморемонт стад отечественных пород при обеспечении животных достаточной кормовой базой – само собой разумеющееся явление, часто ведущее к избытку ремонтного поголовья. Лишь отсутствие организационной воли региональных структур, их слабая осведомленность о продуктивных и репродуктивных возможностях отечественных пород, в ряде случаев ангажированность идеей монопороды препятствуют наращиванию поголовья коров отечественных пород.

Отечественные породы отлично приспособлены для средних по численности (200-2000 гол.) ферм. Такие небольшие по сегодняшним меркам молочные комплексы легко масштабируются с точки зрения наращивания поголовья, сравнительно проще обеспечиваются кормовой базой, не создают такой высокой концентрации отходов, как при работе крупных промышленных мегаферм. Нельзя забывать и о социальном влиянии небольших молочных комплексов. Эти предприятия всегда были градообразующими центрами, рядом с которыми продолжали жить поселки. Это рабочие места в сельской местности, самообеспечение и организационное саморегулирование села. На небольших фермах вполне реализуемы программы уникальных агропроектов по замкнутому циклу производства продуктов питания, свойственных этнокультурным особенностям населения.

При сравнительно невысоких удоях и стабильном приросте поголовья молочного стада на 1 % – планового показателя валового производства молока можно будет достигнуть уже в 2029 году. При этом технические возражения против роста поголовья считаем несостоятельными, поскольку для такого (и даже вдвое больше!) роста поголовья скотоместа на производстве есть: только за последний учетный год освободилось 2,63 % мест. Но остаётся актуальным вопрос причин освобождения скотомест: биологические, технические, организационные, бизнес-управленческие, экономические?

Как заинтересовать производителя в выполнении программы наращивания поголовья? Считаем, что государство может переориентировать точку стимулирования с поддержки статистического «большого молока» на субсидирование здоровой коровы, родившей теленка в текущем году. Если корова родила теленка, то молоко будет производиться, поскольку именно рождение теленка запускает физиологический процесс его производства – молокопоиз. Владелец стада должен быть субсидиарно заинтересован не в молоке, а в сохранении здоровья коровы и получении телят. Тогда ему не будет выгоден суперраздой и неоправданно длительное доение коров. Это по принципу бумеранга существенно улучшит

технологические качества молока-сырья и положительно скажется на здоровье, продолжительности хозяйственного использования и самокупаемости коров, прозрачности учетных операций. Более того, распределение средств субсидирования станет прозрачным с начала хозяйственного года. На корову, родившую теленка, хозяйство может адресно получить субсидию уже по итогам квартала. А значит государственные средства будут оперативно включены в производственный процесс и раньше начнут работать на благосостояние отрасли. При этом субсидией должны быть охвачены не только стада-флагманы отрасли в регионе, но и каждая здоровая корова, родившая теленка. Эта мысль интересна также с точки зрения поддержки стад хозяйств населения и крестьянских (фермерских) хозяйств.

Таким образом, актуальны следующие выводы и предложения производству:

1. Динамика поголовья коров. За период с 2011 г. по 2023 г. в среднем уменьшение поголовья коров в год составляет 2,58 % из них за последние 4 года – 1,98 %, причём в 2023 году снижение составило 2,49 %, или 187,9 тыс. гол. Это происходит в основном за счёт поголовья, принадлежащего сельхозорганизациям (-1,28 %) и хозяйствам населения (-3,0 %). Поголовье коров, принадлежащее населению, за 14 лет сократилось практически на треть, причем данный процесс не поддается регулированию государственными путями. Не следует считать, что сложившиеся негативные тенденции скорректирует позитивная динамика поголовья, принадлежащего крестьянским (фермерским) хозяйствам (+5,28 %), поскольку, с одной стороны, в этом сегменте ни объемная (19,3 % от всего поголовья коров) ни ресурсная база несопоставимы с теми, которыми располагают сельхозорганизации. С другой стороны, динамика поголовья имеет равнозамедляющийся характер (+0,6 % в 2023 г.). В целом ближайшей перспективы к спонтанному изменению вектора тенденций на увеличение поголовья коров нет. А значит, нет естественно складывающихся предпосылок увеличения производства молока за счет увеличения поголовья коров. На государственном уровне требуется регулируемое и поднадзорное увеличение поголовья коров как базовой биологической основы производства молока. Из чего следует, что рынок производства молока не готов к самоуправлению на принципах саморегулирования.

2. Динамика поголовья коров молочных и комбинированных пород. Как оказалось, опубликованные в ежегоднике данные, ставшие основой прогнозирования, оперируют общим поголовьем коров в стадах Российской Федерации без разграничения на группы “коровы молочных и комбинированных пород”, от которых получают молоко, и “коровы мясных пород”, которые не доятся. Анализ динамики поголовья молочных коров показал сокращение поголовья в сельхозорганизациях в среднем на 1,84 %, в хозяйствах населения и крестьянских фермерских хозяйствах в среднем на 3,48 %, в целом по молочному стаду России – на 2,63 %. Оказалось, что объёмы сокращения выше, чем в соответствии с данными Росстата. Объединение в статистической отчетности численности коров молочных и комбинированных пород с численностью коров мясных пород маскирует этот факт, что принципиально влияет на точность прогноза валового производства молока.

3. В целом показатель статистического среднего удоя на корову в год признан неприменимым для прогнозирования валового производства молока. Опубликованные в [5] данные Росстата не могут быть использованы для вопросов планирования производства молока. Для этого необходима структуризация поголовья коров по направлению продуктивности и привязка показателей численности и продуктивности молочных коров к валовому производству молока.

4. Прибавка к продуктивности может обеспечиваться двумя путями: селекционным и технологическим. За период 7 лет в голштинской породе – наиболее многочисленной среди других пород РФ – сменится 1,5 поколения коров, что даст суммарную прибавку за плановый период на 200-600 кг. Остальное – 500-900 кг – необходимо добрать за счет улучшения технологии эксплуатации молочных стад. При высоком удельном весе неконтролируемой части стада (хозяйства населения и фермерские стада) – достижение прибавки к продуктивности около 1000 кг сомнительно.

5. Параметры воспроизводства и ремонта стад принципиально влияют на динамику поголовья коров. Голштинская порода сегодня характеризуется плохими воспроизводительными качествами, из-за чего импорт голштинских нетелей и телок в РФ занимает значимую часть ремонтных мероприятий в породе. В настоящий момент ряд стран Европы – традиционных поставщиков племматериала – закрыт по ветеринарным причинам, из-за чего импорт резко подорожал.

6. В планировании учтена существенная часть дойного стада хозяйств населения. Это статистически наиболее неподтвержденная часть плана. Опирается при планировании на этот источник молока и молочных продуктов крайне сложно, поскольку данный экономический сегмент обладает неконтролируемой динамикой поголовья негативного характера.

7. Считаем крестьянские (фермерские) хозяйства недостаточно надежной альтернативой хозяйствам населения. Это самостоятельное и спонтанно развивающийся сегмент хозяйствования, нуждающийся в создании инфраструктуры интеллектуальной и специальной поддержки на государственном уровне.

8. Нужна экономико-технологическая переориентация региональных управленческих структур на развитие отечественного животноводства, в том числе его воспроизводства за счет собственных ресурсов.

9. Существенным резервом являются малые и средние фермы в составе сельскохозяйственных организаций, укомплектованные коровами отечественных пород. Хорошие воспроизводительные параметры отечественных пород позволяют быстро наращивать, ремонтировать и масштабировать поголовье таких ферм. Относительно небольшое поголовье, сконцентрированное на этих фермах, довольно легко обеспечить за счет собственных кормовых угодий и внутренними силами. При этом современный аргумент «меньшая экономическая эффективность», по мнению авторов, вызывает сомнение в части учтенности всех производственно-экономических и социальных факторов. Однако этот сегмент хозяйственной деятельности в настоящее время не находит значимой государственной поддержки.

Считаем целесообразным проведение мониторинга результатов прогнозирования на протяжении 2-3 лет на практике.

Заключение. Селекция – не бесконечный ресурс, подчиняющийся исключительно биологическим законам. Селекционное подстегивание одних признаков в конце концов приведет к угнетению признаков-антагонистов, что в целом приведет к разбалансированию биологической системы от уровня отдельного животного до уровня породы. В этом случае затраты на селекционный результат не только превысят экономический эффект от селекции и никогда не окупятся, но могут поставить под сомнение производственную эффективность стад и пород в целом. Поэтому селекционный путь никогда не может быть единственным при решении административно-хозяйственных задач, каковой является валовое производство молока. В нашем случае стабильная селекционная прибавка удоя – важный компонент в системе наращивания валового производства молока. Но нельзя надеяться только на селекционеров и забывать об административном ресурсе. Считаем регулирование численности поголовья задачей административно-управленческого аппарата, вполне поддающейся решению. Оперативность принятия решения позволит выполнить поставленную Указом Президента перед отраслью задачу в запланированные сроки.

Conclusions. Selection is not an infinite resource following exclusively biological laws. Selective boosting of certain traits will ultimately result in the inhibition of antagonist traits what in general will slip the biological system out of balance from the level of an individual animal to the breed level. In this case the expenses for a selection result will not only exceed the economic benefit from the selection and will be never recovered but they can place a question mark over the performance efficiency of herds and breeds in general. So the selection pathway can be never the only one when business and administrative problems are solved, notably these of gross milk production. In our case a stable selective growth of milk yield is a major component in the system of increasing gross milk production. But we can't hope only on stock breeders and forget the administrative resources. We believe that the control of the stock number is the concern of the managerial personnel that is perfectly manageable. A prompt arrival at a decision will allow meeting the task faced by the sector within the scheduled period.

Библиографический список

1. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: Федеральный указ Президента РФ № 20. М.: Кремль, 2020.
2. Кулистикова Т., Долбунова Е. Государство недооценивает проблемы в АПК. Состояние основных фондов может не позволить выйти на плановые показатели развития отрасли. Агроинвестор. 2024. <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/43438-gosudarstvo-nedootsenivaet-problemy-v-apk-sostoyanie-osnovnykh-fondov-mozhet-ne-pozvolit-vyyti-na-pl/>
3. Филиппова Н. В. Владимирская область – один из лидеров молочного скотоводства ЦФО. Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 5. С. 2-4.
4. Столповский Ю. А., Гостева Е. Р., Солоднева Е. В. Генетические аспекты истории развития скотоводства на территории России. Москва: Акварель, 2022. 88 с.

5. Шичкин Г. И., Дунин И. М., Тяпугин Е. Е., Герасимова Е. В., Мышкина М. С., Козлова Н. А., Семенова Н. В., Макарова Н. Н., Боголюбова Л. П. Состояние молочного скотоводства в Российской Федерации. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации. Лесные Поляны, 2024. С. 3-23.
6. Ткаченко В. В. Факторы, оказывающие влияние на валовое производство молока в сельскохозяйственных предприятиях Белгородской области. Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2007. № 4. С. 67-68.
7. Дуборезов В., Рыхлик А. Грамотное кормление высокопродуктивной коровы. Молочное скотоводство. 2019. С. 41-42.
8. Литвинова Е. Минсельхоз: производство молока к 2030 году должно вырасти до 39 млн тонн. Агроинвестор. 2024. <https://www.agroinvestor.ru/markets/news/42650-minselkhoz-proizvodstvo-moloka-k-2030-godu-dolzno-vyrasti-do-39-mln-tonn/>
9. Карташова В. Россия – в числе ведущих производителей молока. Животноводство России. 2023. С. 2-5.
10. Ганенко И. Молочный КРС в динамике. Агроинвестор. 2012. <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/12155-molochnyy-krs-v-dinamike/>

References

1. On the approval of the Food Security Doctrine of the Russian Federation: The Federal Decree of the President of the Russian Federation n°20. М.: Kremlin, 2020.
2. Kulistikova T., Dolbunova E. The State underestimates the problems in the AIC. Fixed capital status can ill afford to reach the planned figures of the sector development. Аgroinvestor. 2024. <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/43438-gosudarstvo-nedootsenivaet-problemy-v-apk-sostoyanie-osnovnykh-fondov-mozhet-ne-pozvolit-vyyti-na-pl/>
3. Filippova N. V. Vladimir region is one of dairy farming leaders in the Central Federal District. Dairy and beef cattle breeding. 2017. № 5. Pp. 2-4.
4. Stolpovskiy Yu. A., Gosteva E. R., Solodneva E. V. Genetic aspects of cattle farming history on the territory of Russia. Moscow: Akvarel, 2022. 88 p.
5. Shichkin, G. I., Dunin I. M., Tyapugin E. E., Gerasimova E. V., Myshkina M. S., Kozlova N. A., Semenova N. V., Makarova N. N., Bogolyubova L. P. State of dairy farming in the Russian Federation. Yearbook on Dairy Cattle Stock Breeding in Farms of the Russian Federation. Lesnye Polyany: All-Russia Research Institute of Animal Breeding, 2024. Pp. 3-23.
6. Tkachenko V. V. Factors affecting gross milk production in agricultural holdings of Belgorod region. Vestnik BGTU named after V. G. Shukhov. 2007. № 4. Pp. 67-68.
7. Duborezov V., Rykhlik A. Appropriate feeding a heavy milking cow. Dairy cattle breeding. 2019. Pp. 41-42.
8. Litvinova E. Ministry of Agriculture: by 2030 milk production shall rise up to 39 mio ton. Аgroinvestor. 2024. <https://www.agroinvestor.ru/markets/news/42650-minselkhoz-proizvodstvo-moloka-k-2030-godu-dolzno-vyrasti-do-39-mln-tonn/>
9. Kartashova V. Russia is among leading milk producers. Животноводство России. 2023. Pp. 2-5.
10. Ganenko I. Dairy cattle in dynamics. Аgroinvestor. 2012. <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/12155-molochnyy-krs-v-dinamike/>

Информация об авторах

Кузнецов Андрей Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела» (Российская Федерация, 141212, Московская область, г. Пушкино, п. Лесные Поляны, ул. Ленина, 13), ORCID iD: 0009-0009-0564-2006, e-mail: 89181124477@mail.ru

Кузнецова Наталья Владимировна, кандидат экономических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), ORCID iD: 0009-0009-7864-853X, e-mail: alyasnow@yandex.ru

Луконина Ольга Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ВРИО директора, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела» (Российская Федерация, 141212, Московская область, г. Пушкино, п. Лесные Поляны, ул. Ленина, 13), ORCID iD: 0009-0004-5369-6555, e-mail: o.n.lukonina@vniiple.ru

Authors' Information

Kuznetsov Andrey Vasilievich, Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor, Senior Researcher, All-Russia Institute of Animal Breeding (Russian Federation, 141212, Moscow region, Pushkino, settl. Lesnye Polyany, Lenin str., 13), ORCID iD: 0009-0009-0564-2006, e-mail: 89181124477@mail.ru

Kuznetsova Natalya Vladimirovna, Candidate of Economic Sciences, Assistant Professor, I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinina str., 13), ORCID iD: 0009-0009-7864-853X, e-mail: alyasnow@yandex.ru

Lukonina Olga Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Acting Director, All-Russia Institute of Animal Breeding (Russian Federation, 141212, Moscow region, Pushkino, settl. Lesnye Polyany, Lenin str., 13), ORCID iD: 0009-0004-5369-6555, e-mail: o.n.lukonina@vniiple.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-40

THE USE OF «VOLZHSKY» FEED PROTEIN CONCENTRATE IN THE BROILER CHICKEN DIETS

Ryabova M. A., Nikolaev S. I., Lipova E. A., Brykhno O. Yu., Shkalenko V. V., Vorontsova E. S.

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: prosto-marija88@mail.ru

Received 15.05.2025

Submitted 10.06.2025

Abstract

Introduction. The current level of development of industrial poultry farming, genetic potential, productivity, technologies suggest the use of feed that is balanced in all nutritional indicators and produced using the most advanced technologies of the feed industry. In the structure of the cost of poultry products, the cost of

feed is 65-75 %. The availability of high-quality and at the same time inexpensive compound feed largely determines the level of development and cost-effectiveness of poultry farming. One of the main tasks of the country's agro-industrial complex is to provide the population with high-quality food products. The problems associated with this can only be solved through sustainable growth in production and the release of competitive agricultural products. In connection with the task of accelerated import substitution and preventing high dependence of the agro-industrial complex on the supply of some expensive feed components, a search is underway for local cheap and affordable traditional and non-traditional feed products. The aim of the study was to investigate the effect of different levels of input of the feed protein concentrate "Volzhsky" on the main zootechnical indicators when growing broiler chickens of the Ross-308 cross. **Research object.** The object of the study is broiler chickens of the Ross-308 cross. **Materials and methods.** Studies on broiler chickens were carried out in the conditions of the center for nutrigenomics of agricultural animals and poultry on the basis of the Volgograd State Agrarian University. For the experiment, four groups of broiler chickens were formed at the age of one day: one control and three experimental, 120 heads each. The parameters of maintenance, feeding rates and technological modes in the groups were identical, based on the recommendations of VNITIP and the requirements for the maintenance of the ROSS 308 cross. During the entire experiment, broiler chickens of the control group received complete compound feed with soybean meal. The experimental groups received similar compound feeds containing Volzhsky feed protein concentrate according to the following scheme: 1st experimental group – main diet with 50 % soybean meal replacement, 2nd experimental group – main diet with 75 % soybean meal replacement, 3rd experimental group – main diet with 100 % soybean meal replacement. The nutritional value of the compound feeds used for poultry of all groups met the cross requirements and poultry feeding recommendations developed by VNITIP. **Results and conclusions.** As a result of the conducted research, it can be concluded that the use of Volzhsky feed protein concentrate in feeding broiler chickens contributes to: an increase in live weight by 30.51 g (1.28 %), 118.50 g (4.96 %) and 83.80 g (3.51 %); total weight gain by 31.11 g (1.34 %), 119.19 g (5.12 %) and 84.61 g (3.63 %); average daily live weight gain by 0.87-3.31 g; reduction in feed consumption per 1 kg of live weight gain by 0.02-0.07 kg; increase in gutted carcass weight by 24.54 g (1.41 %) – 97.81 g (5.61 %); slaughter yield by 0.44 %.

Keywords: poultry farming, broiler chickens, feed protein concentrate "Volzhsky", productivity of broiler chickens, diets of broiler chickens.

Citation. Ryabova M. A., Nikolaev S. I., Lipova E. A., Brykhno O. Yu., Shkalenko V. V., Vorontsova E. S. The use of «Volzhsky» feed protein concentrate in the broiler chicken diets. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 385-393 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-40.

Author's contribution. In this experiment, all authors took part in the planning, execution, and analysis of the research results. The presented version of the article has been approved by all authors.

Conflict of interest. The authors did not declare any conflicting interests.

УДК 636.5.033.087.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРМОВОГО БЕЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТА «ВОЛЖСКИЙ» В РАЦИОНАХ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Рябова М. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Николаев С. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Липова Е. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Брюхно О. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Шкаленко В. В., доктор биологических наук, профессор
Воронцова Е. С., кандидат биологических наук

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Современный уровень развития промышленного птицеводства, генетический потенциал, продуктивность, технологии предполагают использование кормов, сбалансированных по всем показателям питательности и произведенных на основе самых передовых технологий комби-кормовой промышленности. В структуре себестоимости продукции птицеводства стоимость кормов составляет 65-75 %. Наличие качественных и в то же время недорогих комбикормов во многом определяет уровень развития и экономичность птицеводства. Одной из основных задач агропромышленного комплекса страны является обеспечение населения высококачественными продуктами питания. Связанные с этим проблемы могут быть решены только за счёт устойчивого роста производства и выпуска конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции. В связи с задачей ускоренного импортозамещения и предотвращения высокой зависимости агропромышленного комплекса от поставок некоторых дорогостоящих кормовых компонентов ведётся поиск местных дешёвых и доступных традиционных и нетрадиционных кормовых продуктов. Целью исследования послужило изучение, влияния разного уровня ввода кормового белкового концентрата «Волжский» на основные зоотехнические показатели при выращивании цыплят-бройлеров кросса «Росс-308». **Объект исследования.**

Объектом исследований являются цыплята-бройлеры кросса «Росс-308». **Материалы и методы.** Исследования на цыплятах-бройлерах были проведены в условиях центра нутригеномики сельскохозяйственных животных и птицы на базе ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Для опыта в суточном возрасте были сформированы четыре группы цыплят-бройлеров одна из них контрольная и три опытных по 120 голов в каждой. Параметры содержания, нормы кормления и технологические режимы в группах были идентичными, опирались на рекомендации ВНИТИП и требования к содержанию кросса РОСС 308. В течение всего опыта цыплята-бройлеры контрольной группы получали полнорационный комбикорм с соевым шротом. Опытные группы получали аналогичные комбикорма с включением в их состав кормового белкового концентрата «Волжский» по следующей схеме: 1-опытная группа основной рацион с замещением 50 % шрота соевого, 2-опытная группа основной рацион с замещением 75 % шрота соевого, 3-опытная группа основной рацион с замещением 100 % шрота соевого. Питательность комбикормов, используемых для птицы всех групп, соответствовала требованиям к кроссу и рекомендациям по кормлению птицы, разработанным ВНИТИП. **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что использование кормового белкового концентрата «Волжский» в кормлении цыплят-бройлеров способствует: увеличению живой массы на 30,51 г (1,28 %), 118, 50 г (4,96 %) и 83,80 г (3,51 %); общего прироста на 31,11 г (1,34 %), 119,19 г (5,12 %) и 84,61 г (3,63 %); среднесуточного прироста живой массы на 0,87-3,31 г; снижению расхода корма на 1 кг прироста живой массы на 0,02-0,07 кг; увеличению показателя массы потрошенной тушки на 24,54 г (1,41 %) – 97,81 г (5,61 %); убойного выхода на 0,44 %.

Ключевые слова: птицеводство, цыплята-бройлеры, кормовой белковый концентрат «Волжский», продуктивность цыплят-бройлеров, рационы цыплят-бройлеров.

Цитирование. Рябова М. А., Николаев С. И., Липова Е. А., Брюхно О. Ю., Шкаленко В. В., Воронцова Е. С. Использование кормового белкового концентрата «Волжский» в рационах цыплят-бройлеров. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 385-393. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-40.

Авторский вклад. В данном эксперименте все авторы принимали участие в планировании, выполнении, а также анализе полученных результатов исследований. Представленный вариант статьи одобрен всеми авторами.

Конфликт интересов о конфликте интересов авторы не заявляли.

Введение. На сегодняшний день отрасль птицеводства занимает лидирующее место в агропромышленном комплексе нашей страны. Стоит также отметить, что птицеводство – это одна из самых быстро развивающихся отраслей аграрного сектора экономики [1].

Увеличение производства продукции птицеводства связано с замещением импорта, а также с потребностями населения нашей страны. Потребность в полноценных продуктах питания населения способствует увеличению темпов развития отечественного птицеводства как одного из способов достижения продовольственной безопасности страны. Для быстрого достижения желаемых результатов в птицеводстве, необходимо обеспечить птицу сбалансированным по всем питательным веществам в правильных пропорциях рационом [2].

Сбалансированность кормов для сельскохозяйственной птицы по питательным веществам (энергии, протеину, минералам и витаминам) – это взаимосвязанные аспекты. В связи с этим, ключевой задачей для ученых является точное определение содержания питательных веществ в используемых кормах. Также важно восполнить дефицит недостающих элементов путем оптимального выбора ингредиентов, включая использование нетрадиционных кормов и биологически активных добавок [3].

В структуре рациона птицы используются в основном кукуруза, пшеница, соевый шрот, рыбная мука, мясокостная мука и другие корма.

Недостаток и более высокая стоимость ингредиентов, используемых в комбикормах, наряду с все более важной проблемой защиты окружающей среды, стимулируют исследования альтернативных источников пищевого белка.

Корм является самым дорогим элементом общих производственных затрат – примерно 70-75 %, из которых около 15 % составляют затраты на белок [4, 5].

Поэтому снижение стоимости кормов и повышение качества белка становится важной задачей в птицеводстве.

В последние годы будущая доступность и растущая стоимость и более высокий спрос на продукты из сои как источника белка в кормах для животных и птицы, а также запрет на побочные продукты животного происхождения, становятся серьезной угрозой для дальнейшего развития птицеводства [6].

В результате возникла необходимость поиска альтернативных источников белка, которые могут полностью или частично заменить обычные источники белка в составе кормов для птицы. Среди обычных альтернативных источников белка, которые могут использоваться в составе кормов для птицы кормовой белковый концентрат «Волжский».

Целью исследования послужило изучение, влияния разного уровня ввода кормового белкового концентрата «Волжский» на основные зоотехнические показатели при выращивании цыплят-бройлеров кросса «Росс-308».

Материал и методы. В соответствии с поставленной целью в условиях центра нутригеномики сельскохозяйственных животных и птицы на базе ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (г. Волгоград) были проведены исследования на птице кросса РОСС-308. Для опыта в суточном возрасте были сформированы четыре группы цыплят-бройлеров одна из них контрольная и три опытных по 120 голов в каждой. Продолжительность опыта составила 37 дней. Схема проведения опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема проведения опыта
Table 1 – Experimental design

Группа / Group	Количество голов / Quantity	Продолжительность опыта, дней / Duration of the experiment, days	Особенности кормления / Feeding features
Контрольная / Control	120	37	Основной рацион (ОР) с соевым шротом / Basic ration (BR) with soybean meal
1-опытная / Experimental 1	120	37	ОР с замещением 50 % шрота соевого на кормовой белковый концентрат «Волжский» / BR with replacement of 50 % of soybean meal with Volzhsky feed protein concentrate
2- опытная / Experimental 2	120	37	ОР с замещением 75 % шрота соевого на кормовой белковый концентрат «Волжский» / BR with replacement of 75 % of soybean meal with Volzhsky feed protein concentrate
3-опытная / Experimental 3	120	37	ОР с замещением 100 % шрота соевого на кормовой белковый концентрат «Волжский» / BR with the replacement of 100 % of soybean meal with Volzhsky feed protein concentrate

В течение исследования с суточного до 37-дневного возраста цыплята-бройлеры содержались напольным способом. Нормы посадки, световой, температурный, влажностный режимы, фронт кормления и поения во все возрастные периоды соответствовали рекомендациям и для всех групп были одинаковыми [7].

В течение всего опыта цыплята-бройлеры контрольной группы получали полнорационный комбикорм с соевым шротом. Опытные группы получали аналогичные комбикорма с включением в их состав кормового белкового концентрата «Волжский» по следующей схеме: 1-опытная группа основной рацион с замещением 50 % шрота соевого, 2-опытная группа основной рацион с замещением 75 % шрота соевого, 3-опытная группа основной рацион с замещением 100 % шрота соевого.

Питательность комбикормов, используемых для птицы всех групп, соответствовала требованиям к кроссу и рекомендациям по кормлению птицы, разработанным ВНИТИП [8].

Клинико-физиологическое состояние и сохранность птицы определяли путем ежедневного ее осмотра.

Во время опыта учитывались следующие показатели: динамика живой массы цыплят-бройлеров оценивалась путем индивидуального взвешивания еженедельно до кормления с расчетом общего и среднесуточного прироста, сохранность поголовья, потребление кормов за весь период выращивания, расход комбикормов на 1 кг прироста живой массы, мясные качества бройлеров, убойный выход.

Полученные в опыте цифровые данные были статистически обработаны с определением уровня достоверности различий между группами по t-критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Перед проведением научно-хозяйственных исследований в лабораторных условиях был изучен и проанализирован сравнительный химический состав исследуемых кормовых продуктов (кормовой белковый концентрат «Волжский», соевый шрот).

В ходе проведения лабораторных исследований были получены следующие результаты, кормовой белковый концентрат «Волжский» содержал в своем составе больше сырого протеина на 10,79 %, сырой золы на 2,32 %, сырого жира на 8,48 % и меньше сырой клетчатки – на 3,65 %, БЭВ – на 15,94 % в сравнении с соевым шротом (рисунок 1).

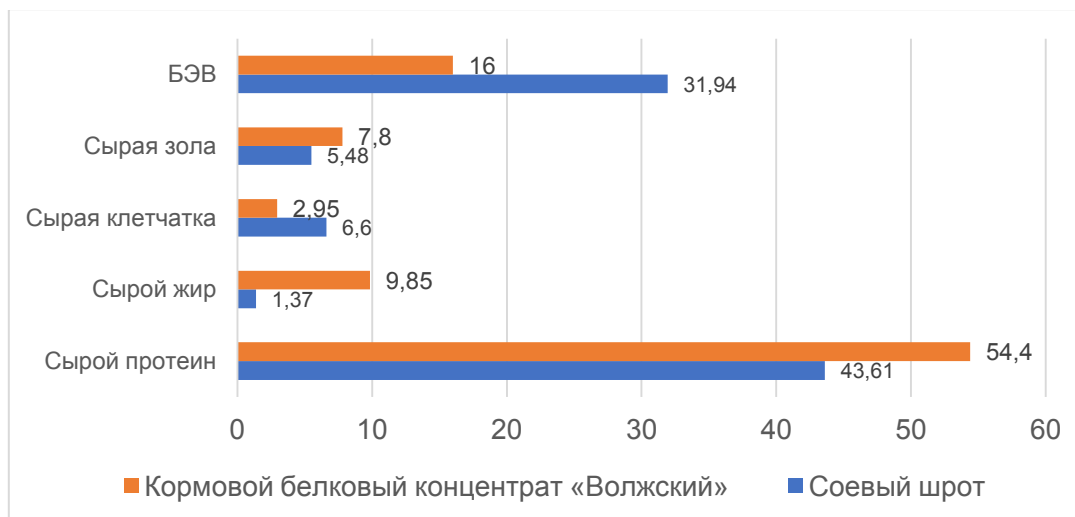


Рисунок 1 – Сравнительный химический состав соевого шрота и кормового белкового концентрата «Волжский», %

Figure 1 – Comparative chemical composition of soybean meal and feed protein concentrate “Volzhsky”, %

По содержанию аминокислот кормовой белковый концентрат «Волжский» превосходил соевый шрот по лизину на 0,30 %, по метионину на 0,31 %, по треонину на 0,09 %, по триптофану на 0,11 %, по треонину на 0,09 %, по аргинину на 0,83 %, по изолейцину на 0,36 % (рисунок 2).

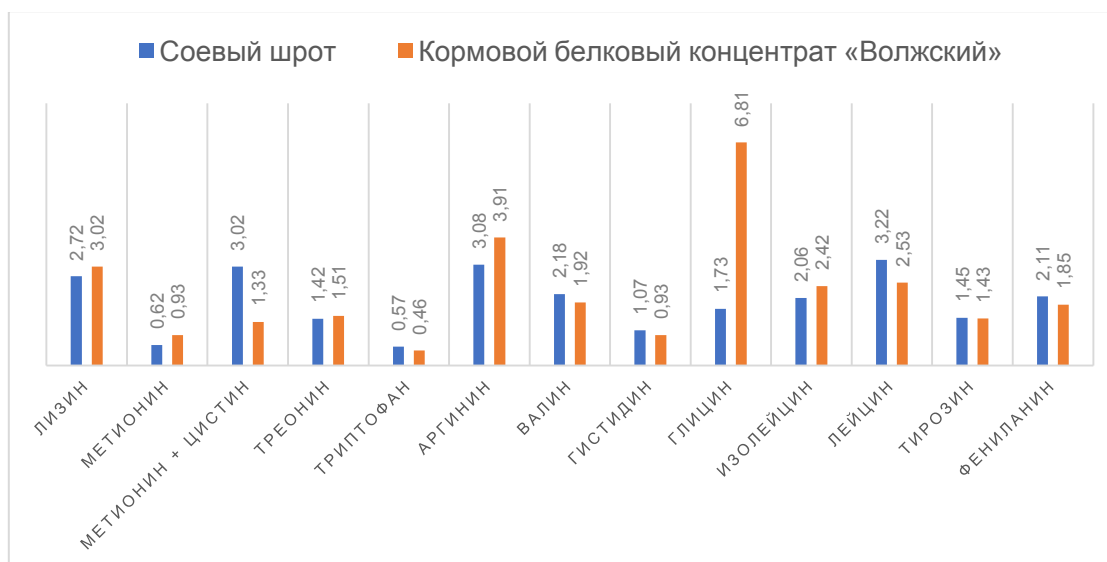


Рисунок 2 – Аминокислотный состав соевого шрота и кормового белкового концентрата «Волжский», %

Figure 2 – Amino acid composition soybean meal and feed protein concentrate “Volzhsky”, %

На основании проведенных лабораторных исследований было выявлено, что кормовой белковый концентрат «Волжский» по химическому и аминокислотному составу не уступает соевому шроту, и это повлияло на выбор дальнейшего исследования.

Основными показателями, характеризующими эффективность выращивания цыплят-бройлеров, являются их живая масса в предубойном возрасте и среднесуточный прирост живой массы за весь период выращивания (таблица 2) [9, 10].

Таблица 2 – Зоотехнические показатели выращивания цыплят-бройлеров
Table 2 – Zootechnical indicators of growing broiler chickens

Показатели / Indicators	Группа / Group			
	Контрольная / Control	1-опытная / Experimental 1	2-опытная / Experimental 2	3-опытная / Experimental 3
Живая масса в суточном возрасте, г / Live weight at daily age, g	61,58±0,26	61,38±0,17	61,29±0,17	61,17±0,18
Живая масса в 7-суточном возрасте, г / Live weight at 7 days of age, g	210,19±2,66	214,57±2,08	223,16±2,93	218,17±2,89*
Живая масса в 14-суточном возрасте, г / Live weight at 14 days of age, g	528,95±8,79	530,97±7,92	540,22±8,75	534,45±8,29
Живая масса в 21-суточном возрасте, г / Live weight at 21 days of age, g	953,17±10,47	997,15±12,99**	1037,02±12,05***	1010,38±10,69***
Живая масса в 28-суточном возрасте, г / Live weight at 28 days of age, g	1594,56±15,54	1606,60±18,35	1642,00±16,02*	1623,31±17,02
Живая масса в 35-суточном возрасте, г / Live weight at 35 days of age, g	2252,00±20,29	2271,40±23,09	2355,70±21,13***	2296,31±22,96
Живая масса в 37-суточном возрасте, г (перед убоем) / Live weight at 37 days of age, g (before slaughter)	2390,50±23,27	2421,01±24,23	2509,00±24,08***	2474,30±26,24*
За период опыта / During the experiment period				
Общий прирост живой массы, г / Total live weight gain, g	2328,52	2359,63	2447,71	2413,13
Среднесуточный прирост живой массы, г / Average daily gain in live weight, g	64,68	65,55	67,99	67,03

Примечание: *P>0,95, ** P>0,99, *** P>0,999.

Note: *P>0.95, ** P>0.99, *** P>0.999.

Сохранность цыплят-бройлеров является важнейшим показателем, определяющим эффективность производства [11].

В наших исследованиях сохранность цыплят-бройлеров в контрольной и опытных группах была высокой и составила 100 %.

В опытных группах цыплят-бройлеров которым скормливали кормовой белковый концентрат «Волжский», были получены наивысшие значения живой массы перед убоем.

Так, живая масса цыплят в возрасте 37 суток (перед проведением убоя) в группе первой была выше в сравнении с контролем на 30,51 г (1,28 %), в группе третьей – на 83,80 г (3,51 %).

Наивысшее значение данного показателя было отмечено в группе второй, цыплятам которой скормливали кормовой белковый концентрат «Волжский» с замещением 75 % шрота соевого масса цыплят этой группы в возрасте 37 суток (перед проведением убоя) была на 118, 50 г (4,96 %) выше живой массы цыплят контрольной группы.

Прирост живой массы – интегральный показатель нормального функционирования организма птицы. Изучение влияния различных факторов на рост животного организма является основным критерием оценки эффективности технологий содержания, кормления, селекции и состояния здоровья поголовья [12].

Общий прирост в группах составил: в контрольной – 2328,52 г, в группе первой опытной – 2359,63 г (разница с контролем 31,11 г или 1,34 %), в группе второй опытной – 2447,71 г (разница с контрольной группой 119,19 г или 5,12 %), в группе третьей опытной – 2413,13 г (разница 84,61 г или 3,63 % с контрольной группой).

Среднесуточный прирост живой массы опытных групп составил в 1-ой – 0,87 г, во 2-ой – 3,31 г, в 3-ей – 2,35 г (рисунок 3).

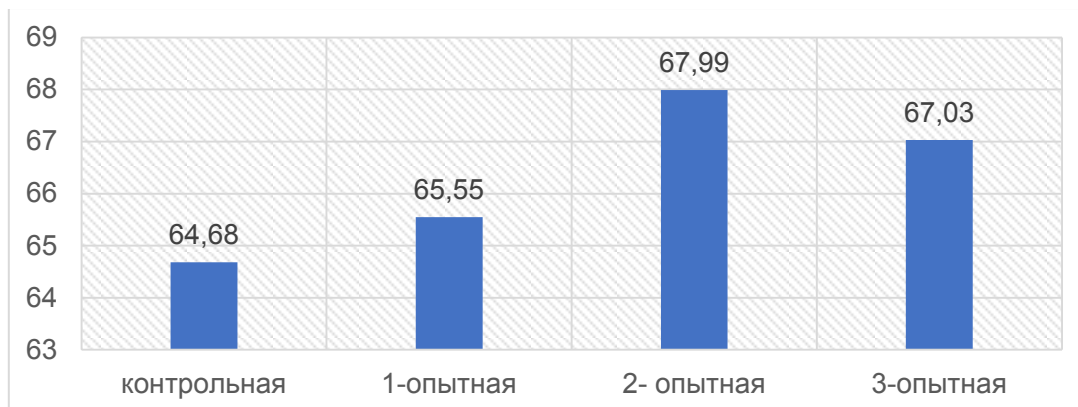


Рисунок 3 – Среднесуточный прирост цыплят-бройлеров с суточного до 37-дневного возраста, г
Figure 3 – Average daily growth of broiler chickens from one day to 37 days of age, g

За весь период проведения исследований потребление комбикорма одним бройлером составило 3,586 кг, на основании этого были рассчитаны кормовые затраты на прирост живой массы (1 килограмм).

Один из основных показателей эффективности производства мяса бройлеров – расход корма на 1 кг прироста живой массы (конверсия корма) [13].

В опытных группах расход корма на 1 кг прироста живой массы (конверсия корма) был ниже, чем в контрольной группе, на в 1-ой – 0,02 кг, во 2-ой – 0,07 кг, в 3-ей – 0,05 кг.

Для установления влияния на мясную продуктивность и качество мяса птицы кормового белкового концентрата «Волжский» в рационах цыплят-бройлеров был проведен контрольный убой (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты контрольного убоя, $M \pm m$

Table 3 – Results of control slaughter, $M \pm m$

Группа / показатель Group / Indicator	Предубойная живая масса, г / Pre-slaughter live weight, g	Масса потрошенной тушки, г / Weight of gutted carcass, g	Убойный выход, % / Slaughter yield, %
Контрольная / Control	2390,50±23,27	1742,79±17,17	72,92
1-опытная / Experimental 1	2421,01±24,23	1767,33±19,13	73,00
2-опытная / Experimental 2	2509,00±24,08	1840,60±23,27	73,36
3-опытная / Experimental 3	2474,30±26,24	1813,16±21,22	73,28

Анализ приведенных в таблице 3 данных показывает, что по предубойной живой массе опытные группы превосходили контроль на 30,51-118,50 г (рисунок 4).

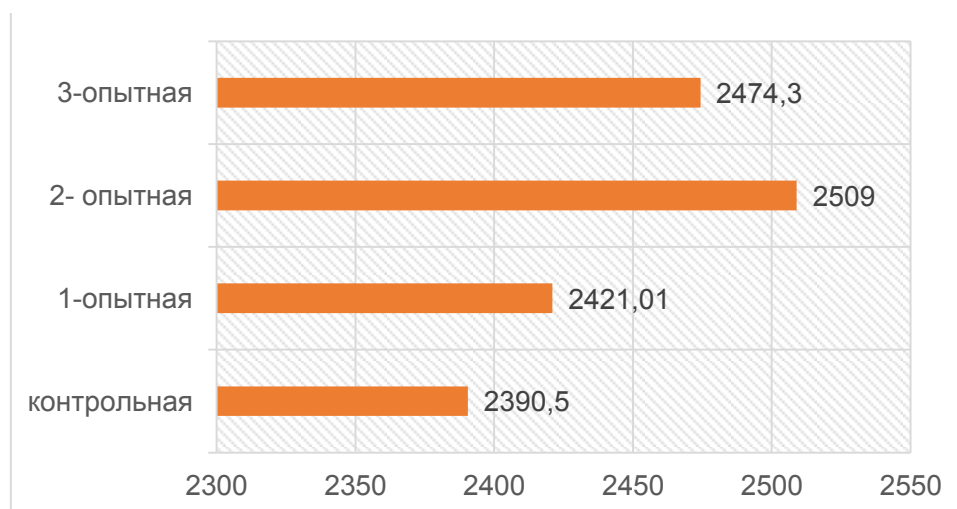


Рисунок 4 – Живая масса птицы перед убоем, г
Figure 4 – Live weight of poultry before slaughter, g

Тенденция к увеличению показателя массы потрошенной тушки была отмечена в сравнении с контрольной на 97,81 г (5,61 %) – во 2 опытной группе, 70,37 г (4,04 %) – в 3 опытной группе и 24,54 г (1,41 %) – в 1 опытной группе.

Убойный выход является важным показателем, который отражает убойные качества.

У цыплят-бройлеров опытных групп он составил 73,00-73,36 %, что на 0,08-0,44 % больше по сравнению с контрольной группой. Наивысший убойный выход имели цыплята-бройлеры 2 опытной группы, которой скармливали кормовой белковый концентрат «Волжский» с замещением 75 % шрота соевого.

Заключение. Современное птицеводство в России на сегодняшний день благополучно работает и развивается, этому способствует использование передовых технологий в сфере кормления и содержания птицы. Грамотно разработанные программы кормления способствуют раскрытию генетического потенциала бройлеров. В связи с этим актуальность разработки и внедрения новаторских подходов к кормлению, с использованием кормового белкового концентрата «Волжский» в рационах цыплят-бройлеров не вызывает сомнений, что находит подтверждение в результатах проведенных исследований: показатель сохранности остался на уровне 100 %; увеличилась живая масса в опытных группах: в первой на 30,51 г (1,28 %), во второй на 118, 50 г (4,96 %) и в третьей – на 83,80 г (3,51 %); увеличился общий прирост также в опытных группах на 31,11 г или 1,34 %, 119,19 г или 5,12 % и на 84,61 г или 3,63 %; среднесуточный прирост живой массы опытных групп составил в 1-ой – 0,87 г, во 2-ой – 3,31 г, в 3-ей – 2,35 г; расход корма на 1 кг прироста живой массы (конверсия корма) в опытных группах был ниже, чем в контрольной группе, на в 1-ой – 0,02 кг, во 2-ой – 0,07 кг, в 3-ей – 0,05 кг; увеличился показатель массы потрошенной тушки на 24,54 г (1,41 %) – 97,81 г (5,61 %); наивысший убойный выход имели цыплята-бройлеры 2 опытной группы 0,44 %.

Conclusions. Modern poultry farming in Russia today operates successfully and develops, which is facilitated by the use of advanced technologies in the field of feeding and keeping poultry. Well-designed feeding programs help to reveal the genetic potential of broilers. In this regard, the relevance of the development and implementation of innovative approaches to feeding, using the feed protein concentrate "Volzhsky" in the diets of broiler chickens is beyond doubt, which is confirmed by the results of the studies: the survival rate remained at 100 %; live weight increased in the experimental groups: in the first by 30.51 g (1.28 %), in the second by 118, 50 g (4.96 %) and in the third – by 83.80 g (3.51 %); the overall weight gain also increased in the experimental groups by 31.11 g or 1.34 %, 119.19 g or 5.12 % and 84.61 g or 3.63 %; the average daily live weight gain in the experimental groups was 0.87 g in the 1st, 3.31 g in the 2nd and 2.35 g in the 3rd; feed consumption per 1 kg of live weight gain (feed conversion) in the experimental groups was lower than in the control group: 0.02 kg in the 1st, 0.07 kg in the 2nd and 0.05 kg in the 3rd; the eviscerated carcass weight increased by 24.54 g (1.41 %) to 97.81 g (5.61 %). The highest slaughter yield was shown by broiler chickens from the 2nd experimental group – 0.44 %.

Библиографический список

1. Лавриненко К. В., Кощаев И. А., Сергеева Е. С. и др. Кормовая Лецитин содержащая добавка в рационах цыплят-бройлеров. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 6 (78). С. 277-286.
2. Тлецерук И. Р. Использование нетрадиционных кормовых средств в рационах цыплят-бройлеров в условиях юга России. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2023. № 7 (216). С. 15-25.
3. Михайлова Л. Р., Жестянова Л. В., Лаврентьев А. Ю. и др. Эффективность включения в комбикорма отечественных ферментов для повышения яйценоскости кур и качества яиц. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 8 (193). С. 33-41.
4. Pogosyan D., et al. Use of unconventional feed for broiler chickens. 2020. Pp. 124-128.
5. Khan M. et al. Partial and total replacement of soybean meal with maggot larvae meal in broiler chicken diets: impact on growth performance, nutrients digestibility, haematological parameters and intestinal histomorphology. Livestock Science. 2023. V. 277. P. 105355.
6. Abbas B. A. Traditional and non-traditional feeds in poultry feeding: A review Radinka journal of science and systematic literature review. 2023. V. 1. № 2. Pp. 111-127.
7. Егоров И. А., Манукян В. А., Ленкова Т. Н. и др. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы. Молекулярно-генетические методы определения микрофлоры кишечника. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2013. 51 с.
8. Имангулов Ш. А. и др. Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы. Сергиев Посад: ВНИИТИП, 2003. 144 с.
9. Буряков Н. П., Козловский А. Ю., Загарин А. Ю. Сравнительная эффективность использования различных пробиотиков в кормлении цыплят-бройлеров. Птицеводство. 2022. № 2. С. 4-8.
10. Сизенцов Я. А., Рахматуллин Ш. Г., Кван О. В., Шейда Е. В., Дускаев Г. К. Использование нетрадиционных жмыхов при выращивании цыплят-бройлеров. Птицеводство. 2024. № 1. С. 30-35.

11. Коломиец С. Н. Влияние применения «Токсисорб Классик» в кормлении цыплят-бройлеров на основные зоотехнические показатели. Птицеводство. 2024. № 4. С. 5-10.

12. Лавриненко К. В., Кошаев И. А., Рядинская А. А., Сергеева Е. С. Влияние модифицированной янтарной кислоты на продуктивность цыплят-бройлеров. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 1 (73). С. 218-225.

13. Григорьева М. А. Использование эмульгатора жира при выращивании цыплят-бройлеров в условиях теплового стресса. Птицеводство. 2023. № 10. С. 29-34.

References

1. Lavrinenko K. V., Koshchaev I. A., Sergeeva E. S., et al. Lecithin-containing feed additive in broiler chicken diets. News of the Lower Volga Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. No. 6 (78). Pp. 277-286.

2. Tletseruk I. R. Use of non-traditional feeds in broiler chicken diets in the conditions of the south of Russia. Feeding of farm animals and forage production. 2023. No. 7 (216). Pp. 15-25.

3. Mikhailova L. R., Zhestyanova L. V., Lavrentiev A. Yu., et al. Efficiency of inclusion of domestic enzymes in compound feed to increase egg production of chickens and egg quality. Feeding of farm animals and forage production. 2021. No. 8 (193). Pp. 33-41.

4. Pogosyan D., et al. Use of unconventional feed for broiler chickens. 2020. Pp. 124-128.

5. Khan M., et al. Partial and total replacement of soybean meal with maggot larvae meal in broiler chicken diets: impact on growth performance, nutrients digestibility, haematological parameters and intestinal histomorphology. Livestock Science. 2023. V. 277. P. 105355.

6. Abbas B. A. Traditional and non-traditional feeds in poultry feeding: A review. Radinka journal of science. and systematic literature review. 2023. V. 1. № 2. Pp. 111-127.

7. Egorov I. A., Manukyan V. A., Lenkova T. N., et al. Methodology for conducting scientific and industrial research on feeding agricultural poultry. Molecular genetic methods for determining intestinal microflora. Sergiev Posad: VNIITIP, 2013. 51 p.

8. Imangulov Sh. A., et al. Recommendations for feeding agricultural poultry. Sergiev Posad: VNIITIP, 2003. 144 p.

9. Buryakov N. P., Kozlovsky A. Yu., Zagarin A. Yu. Comparative efficiency of using various probiotics in feeding broiler chickens. Poultry farming. 2022. No 2. Pp. 4-8.

10. Sizenzov Ya. A., Rakhmatullin Sh. G., Kvan O. V., Sheida E. V., Duskaev G. K. Use of non-traditional oil-cakes in growing broiler chickens. Poultry farming. 2024. No. 1. Pp. 30-35.

11. Kolomiets S. N. Effect of the use of "Toxisorb Classic" in feeding broiler chickens on the main zootechnical indicators. Poultry farming. 2024. No. 4. Pp. 5-10.

12. Lavrinenko K. V., Koshchaev I. A., Ryadinskaya A. A., Sergeeva E. S. Effect of modified succinic acid on the productivity of broiler chickens. News of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. No 1 (73). Pp. 218-225.

13. Grigorieva M. A. Use of fat emulsifier in growing broiler chickens under heat stress. Poultry farming. 2023. No. 10. Pp. 29-34.

Информация об авторах

Рябова Мария Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: prosto-marija88@mail.ru

Николаев Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Липова Елена Андреевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: lipova.elenka@mail.ru

Брюхно Ольга Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: o.bruhno@yandex.ru

Шкаленко Вера Владимировна, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Authors' Information

Ryabova Maria Alekseevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: prosto-marija88@mail.ru

Nikolaev Sergey Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Lipova Elena Andreevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: lipova.elenka@mail.ru

Bryukhno Olga Yuryevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: o.bruhno@yandex.ru

Shkalenko Vera Vladimirovna, Doctor of Biological Sciences, Professor of Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

**THE ANALYSIS OF THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE KALMYK BREED BULLS
UNDER THE INFLUENCE OF THE *PIT-1* GENE POLYMORPHISM****Tretyakova R. F., Kayumov F. G.***Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences
г. Оренбург, Российская Федерация*

Corresponding author E-mail: nazkalms@mail.ru

Received 10.03.2025

Submitted 05.06.2025

The research was carried out in accordance with the research plan for 2025 of the Federal State Budgetary Institution FNCB (FNWZ-2021-0001).**Abstract**

Introduction. The analysis of the growth and development of Kalmyk bull calves in the context of *PIT-1* gene polymorphism is important for both science and agricultural practice. The Kalmyk breed is known for its high meat qualities, and understanding the genetic factors that affect productivity can significantly improve the results of breeding work. Since the *PIT-1* gene plays a key role in regulating animal growth and development, the polymorphism of this gene can influence important characteristics such as growth rate, feed conversion, and overall productivity. Studying variations in this gene in Kalmyk bull calves will make it possible to identify genetic markers associated with the growth and development of animals, allowing breeders to select individuals with optimal genetic characteristics for further breeding. The object of the study. **The object of the study** were Kalmyk bull calves. **Materials and methods.** The study was conducted on Kalmyk bull calves at Agrofirma Uralan LLC in the Republic of Kalmykia, which were kept using beef cattle breeding technology. The maintenance of experimental animals during this period was organized in groups, without leashes, in the paddock and fodder yard, where there was a burial mound and a deep permanent litter for resting young animals, as well as equipped light rooms. The steers were fed and watered in the paddock yard under canopies. The assessment of growth and development was carried out by monthly weighing. Based on the collected data, the average daily increase in body weight, as well as the absolute and relative growth rate, were calculated. Genotyping was performed on 48 animals in the Laboratory of Immunogenetics and DNA technologies of the Federal State Budgetary Institution VNIIOK. **Results and conclusions.** The study analyzed the frequency of *PIT-1* gene alleles in a population of Kalmyk bull calves. The results showed that the frequency of the A-allele was 0.430, and the frequency of the B-allele was 0.570, indicating the predominance of the B-allele in this population. Studying the effect of the *PIT-1* gene on the growth of young cattle revealed interesting patterns. At the initial stage of the experiment, after weaning calves from their mothers at the age of eight months, differences in body weight between animals carrying different *PIT-1* gene variants (genotypes) turned out to be statistically insignificant. However, by the age of 16 months, the difference became more significant in favor of bulls with the *BB* genotype. Significantly surpassing analogues of *AA* and *AB* genotypes by 14.7 kg (3.54 %) and 5.8 kg (1.37 %). An analysis of average daily body weight gains showed a steady superiority of bulls with the *BB* genotype throughout the entire follow-up period. They demonstrated a higher rate of mass accumulation compared to animals carrying other *PIT-1* gene variants. The analysis of the absolute increase in body weight also confirmed these conclusions. Bulls with homozygous *BB* genotype showed the highest growth rate throughout the experiment. However, the most pronounced difference in the relative growth rate between bulls of different genotypes was observed in the age range from 8 to 12 months. Individuals with the *BB* genotype outperformed animals with the *AA* genotype by 1.8 %, and those with the *AB* genotype by 1.0 %. Thus, animals with the *Pit-1BB* genotype showed better results compared to analogues of other genotypes, which emphasizes their importance in determining growth rate and body weight.

Keywords: *bulls of the Kalmyk breed, Kalmyk breed of cattle, genotypes of bulls, growth of bulls, average daily gain of bulls.*

Citation. Tretyakova R. F., Kayumov F. G. The analysis of the growth and development of the Kalmyk breed bulls under the influence of the *Pit-1* gene polymorphism. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 394-401 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-41.

Author contributions. The authors of this scientific study were directly involved in laying out field experience, analyzing the data obtained during the period of research.

Conflict of interest. The authors of this publication declare no conflict of interest.

УДК 632.082.11

АНАЛИЗ РОСТА И РАЗВИТИЯ БЫЧКОВ КАЛМЫЦКОЙ ПОРОДЫ ПРИ ВЛИЯНИИ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА *PIT-1*

Третьякова Р. Ф., кандидат биологических наук
Каюмов Ф. Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»
г. Оренбург, Российская Федерация

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2025 год ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (FNWZ-2021-0001).

Актуальность. Анализ роста и развития бычков калмыцкой породы в контексте полиморфизма гена *PIT-1* имеет важное значение как для науки, так и для практики сельского хозяйства. Калмыцкая порода известна своими высокими мясными качествами, и понимание генетических факторов, влияющих на продуктивность, может значительно улучшить результаты селекционной работы, так как ген *PIT-1* играет ключевую роль в регуляции роста и развития животных. Полиморфизм этого гена может оказывать влияние на такие важные характеристики, как скорость роста, конверсия корма и общая продуктивность. Изучение вариаций в этом гене у бычков калмыцкой породы даст возможность выявить генетические маркеры, ассоциированные с ростом и развитием животных, позволяя селекционерам выбирать особей с оптимальными генетическими характеристиками для дальнейшего разведения. **Объект исследования.** Объектом исследования явились бычки калмыцкой породы. **Материалы и методы.** Исследование проводилось на бычках калмыцкой породы в ООО «Агрофирма Уралан» в Республике Калмыкия, которые содержались по технологии мясного скотоводства. Содержание подопытных животных в этот период было групповое, беспривязное, на выгульно-кормовом дворе с курганом и глубокой несменяемой подстилкой для отдыха молодняка. Кормление животных осуществлялось на выгульно-кормовом дворе под навесами. Оценка роста и развития проводилась путем ежемесячного взвешивания. На основе собранных данных рассчитывались среднесуточный прирост живой массы, а также абсолютная и относительная скорость роста. Генотипирование проводилось на животных (n=48) в лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ВНИИОК. **Результаты и выводы.** В рамках исследования был проведен анализ частоты аллелей гена *PIT-1* у популяции калмыцких бычков. Результаты показали, что частота А-аллеля составила 0,430, а частота В-аллеля – 0,570, что указывает на преобладание В-аллеля в данной популяции. Изучение влияния гена *PIT-1* на рост молодняка крупного рогатого скота выявило интересные закономерности. В начальной стадии эксперимента, после отъема бычков от матерей в возрасте восьми месяцев, различия в живой массе между животными, несущими различные варианты гена *PIT-1* (генотипы), оказались статистически незначимыми. Однако к 16-месячному возрасту разница стала более существенной в пользу бычков с генотипом *BB*, достоверно превосходя аналогов *AA* и *AB* – генотипов на 14,7 кг (3,54 %) и 5,8 кг (1,37 %). Анализ среднесуточных приростов массы тела показал устойчивое превосходство бычков с генотипом *BB* на протяжении всего периода наблюдения. Они демонстрировали более высокую скорость накопления массы по сравнению с животными, несущими другие варианты гена *PIT-1*. Анализ абсолютного прироста живой массы также подтвердил эти выводы. Бычки с гомозиготным генотипом *BB* показали наибольшую скорость роста на протяжении всего эксперимента. Однако наиболее выраженное различие в относительной скорости роста между бычками разных генотипов наблюдалось в возрастном промежутке от 8 до 12 месяцев. Особи с генотипом *BB* превосходили животных с генотипом *AA* на 1,8 %, а с генотипом *AB* – на 1,0 %. Таким образом, животные с генотипом *Pit-1^{BB}* показали лучшие результаты по сравнению с аналогами других генотипов, что подчеркивает их значимость в определении скорости роста и массы тела.

Ключевые слова: бычки калмыцкой породы, калмыцкая порода КРС, генотипы бычков, рост бычков, средний суточный прирост бычков.

Цитирование. Третьякова Р. Ф., Каюмов Ф. Г. Анализ роста и развития бычков калмыцкой породы при влиянии полиморфизма гена *Pit-1*. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 394-401. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-41.

Авторский вклад. В данном эксперименте все авторы принимали участие в планировании, выполнении, а также анализе полученных результатов исследований. Представленный вариант статьи одобрен всеми авторами.

Конфликт интересов. О конфликте интересов авторы не заявляли.

Введение. ДНК-диагностика занимает важное место в зоотехнии, предоставляя современные и высокоэффективные методы для оценки продуктивности, генетического потенциала животных. Молекулярно-генетические технологии дают возможность точно идентифицировать генетические маркеры, которые ассоциируются с такими характеристиками

как рост, развитие, продуктивность и т.д. Это дает возможность проводить более целенаправленный и эффективный отбор животных, что способствует улучшению породных качеств [1-4].

Кроме того, важным аспектом является влияние генетических факторов на гормональную регуляцию роста и развития животных. Гипофизарный транскрипционный фактор *Pit-1*, например, играет ключевую роль в активации экспрессии генов, отвечающих за синтез гормонов, таких как гормон роста (GH), пролактин (PRL) и тиреотропный гормон (TTG) [5-7]. Эти гормоны непосредственно влияют на процессы роста, метаболизма и развития животных. Понимание роли гена *Pit-1* и его взаимодействия с другими генами позволяет более точно прогнозировать и управлять продуктивностью животных [8-11].

На сегодняшний день проведено множество исследований, посвященных анализу полиморфизма гена *Pit-1* и его влиянию на рост, развитие и продуктивность мясного скота. [12-14]. Так, Zwierzchowski L. и соавторы (2001) в ходе исследования мясных пород польского скота обнаружили положительную связь между наличием аллеля *bPit-1-Hinfl A* и скоростью роста в ранний период постнатального развития у телят [14].

Однако Renaville R. и соавторы (1997) в ходе исследования взаимосвязи аллеля *bPit-1-Hinfl* с живой массой телят в раннем возрасте у голштинской породы не обнаружили подтверждения этой ассоциации [15]. Эти результаты подчеркивают сложность генетических факторов, влияющих на развитие молодняка, и указывают на необходимость дальнейших исследований для более полного понимания роли гена *Pit-1* в продуктивности крупного рогатого скота.

Цель исследования заключается в изучении взаимосвязи *SNP* гена *Pit-1* с ростом и развитием бычков калмыцкой породы.

Объект исследования. Объектом исследования были бычки калмыцкой породы.

Материалы и методы. Исследование проводилось на животных калмыцкой породы в ООО «Агрофирма Уралан» в Республике Калмыкия, которые содержались по технологии мясного скотоводства.

Эксперимент по выращиванию молодняка крупного рогатого скота проводился в рамках технологии мясного скотоводства, предусматривающей два основных этапа.

Первый этап длился до восьми месяцев и заключался в содержании телят на подсосе у матерей. Это обеспечивало оптимальное питание и развитие животных в ранний период жизни, когда молоко матери является незаменимым источником питательных веществ и антител, укрепляющих иммунитет. После достижения восьмимесячного возраста начинался второй, более интенсивный этап – дорастивание и откорм, продолжавшийся до шестнадцатимесячного возраста животных. В этот период молодняк содержался на специально оборудованной откормочной площадке, представляющей собой выгульно-кормовой двор, разработанный с учетом оптимального микроклимата и комфорта животных. Система содержания была беспривязная, групповая, что позволило максимально приблизить условия к естественным условиям стада. На площадке имелся курган, служащий местом отдыха для животных, и глубокая несменяемая подстилка, обеспечивающая гигиеничность и теплоизоляцию. Для кормления и поения бычков использовались специально оборудованные навесы на выгульно-кормовом дворе. Такое расположение кормушек и поилок обеспечивало удобство доступа животных к пище и воде в любую погоду, предотвращая переохлаждение или перегрев.

Оценка роста и развития животных осуществлялась путем ежемесячного взвешивания подопытных бычков. Полученные данные служили основой для расчета ключевых показателей: среднесуточного прироста живой массы, абсолютной и относительной скорости роста.

Определение абсолютной скорости роста позволяло оценить общую прибавку в массе за определенный период времени, в то время как относительная скорость роста, рассчитанная по формуле С. Броди, давала более точную картину интенсивности роста с учётом возрастных особенностей.

Генотипирование 48 животных, проведенное в лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», позволило выявить полиморфизм гена *Pit-1* с использованием метода ПЦР-анализа. Для амплификации участка гена *Pit-1* были применены специфические праймеры:

F: 5' aaa-cca-tca-tct-ccc-ttc-tt-3'

R: 5' aat-gta-caa-tgt-ctt-ctg-ag-3'

Условия ПЦР: «горячий старт» – 5 мин. при 94 °С; 35 циклов денатурация – 45 сек. при 95 °С, отжиг – 60 сек. при 62 °С, синтез – 60 сек. при 72 °С; достройка – 10 мин. при 72 °С.

После амплификации полученный продукт был подвергнут рестрикции с использованием эндонуклеазы HinfI. Этот этап позволил определить наличие полиморфизмов в амплифицированном локусе гена *PIT-1*. В результате ДНК-анализа крупного рогатого скота были определены размеры и количество специфических рестрикционных фрагментов для различных генотипов: для PIT1/AA – 451 п.о., для PIT1/AB – 451, 244 и 207 п.о., а для PIT1/BB – 244 и 207 п.о.

На основе предоставленных данных было сформировано три группы бычков: I – с генотипом AA (n=21), II – AB (n=10) и III – BB – (n=17).

Результаты и обсуждение. В ходе анализа было установлено, что среди подопытных бычков преобладали особи с генотипом BB – 21 (44 %). Встречаемость гетерозиготного варианта AB составила 0,354, при этом частота гомозиготного генотипа AA выявлена лишь у 10 животных (21 %) (таблица 1).

Таблица 1 – Полиморфизм гена *PIT-1* у животных калмыцкой породы скота (n=48)

Table 1 – Polymorphism of the *PIT-1* gene in Kalmyk cattle (n=48)

Ген / Gene	Генотип / Genotype	Количество носителей / Number of gene carriers	Частота генотипа / Genotype frequency	Частота аллелей / Allele frequency
<i>PIT-1</i>	AA	10	0,208	A=0,430 B=0,570
	AB	17	0,354	
	BB	21	0,438	

Наибольшая частота встречаемости у животных выявлена у носителей B-аллеля гена *PIT-1* (0,570), наименьшая – у A-аллеля (0,430). Результаты нашего исследования согласуются с данными опубликованными Zwierzchowski L. и его коллегами. Они провели аналогичный анализ у мясных пород польского скота и обнаружили еще более выраженное преобладание B-аллеля, его частота составила 0,740. Частота A-аллеля в их исследовании была значительно ниже – всего 0,260. Сопоставление наших данных с результатами Zwierzchowski L. et al. позволяет сделать вывод о том, что высокая частота B-аллеля может быть характерной особенностью не только для конкретной популяции польского скота, но и имеет более широкое распространение среди животных других пород [15].

Важным аспектом селекции животных является изучение влияния генотипа на живую массу и рост молодняка (таблица 2).

Исследования показали, что живая масса при рождении у молодняка желательного BB – *Pit-1* – генотипа была несущественна выше, чем у аналогов AB – *Pit-1* и AA – *Pit-1* – генотипов, превосходство составило 0,6 кг (2,83 %) и 0,4 кг (1,87 %).

Таблица 2 – Динамика живой массы бычков разных генотипов по гену *Pit-1*, кг

Table 2 – Dynamics of live weight of bulls of different genotypes according to the *Pit-1* gene, kg

Возраст, мес. / Age, months	Живая масса (кг) в зависимости от генотипа / Live weight (kg) depending on genotype		
	AA	AB	BB
Новорожденные / Newborns	21,2±0,20	21,4±0,19	21,6±0,13
8	215,3±2,39	218,9±2,011	220,4±1,48
12	305,2±3,24**	312,6±3,05	318,1±3,16
16	415,7±1,45***	424,6±1,12**	430,4±0,60

Здесь и далее ** P<0,01, *** P<0,001.

Here and hereafter ** P<0,01, *** P<0,001.

По достижении 8-месячного возраста гомозиготные особи *Pit-1^{BB}* также имели преимущество по величине весового роста над гетерозиготными *Pit-1^{AB}* на 5,1 кг (2,37 %) и гомозиготными *Pit-1^{BB}* на 1,5 кг (0,69 %). К 12 месяцам различия в живой массе между молодняком с различными генотипами становились более выраженными. Носители B-аллеля гена *Pit-1* демонстрировали превосходство, достигая разницы в 12,9 кг (4,23 %; P<0,01) по сравнению с генотипом AA и 5,5 кг (1,76 %) – с генотипом AB. Однако ситуация кардинально изменилась к 16 месяцам, на заключительном этапе контрольного выращивания. К этому времени отчетливо проявилось преимущество бычков, обладающих гомозиготным генотипом BB по гену *PIT-1*. Их живая масса превосходила массу животных с другими генотипами. Конкретно, разница в живой массе между особями с генотипом BB и другими группа-

ми составила 14,7 кг (3,54 % $P < 0,001$) и 5,8 кг (1,37 %; $P < 0,01$), что указывает на достоверное влияние гена *PIT-1* на темпы роста. Эти результаты подтверждают предположение о существенном генетическом контроле над ростом и развитием животных.

При анализе среднесуточного прироста выявлено, что животные с генотипом *Pit-1^{BB}* в период от рождения до 8 месяцев незначительно опережали по весовому росту сверстников *Pit-1^{AA}* и *Pit-1^{AB}*. Различия по интенсивности роста составили 19,3 г (2,42 %) и 5,3 г (0,65 %) (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика среднесуточных приростов живой массы молодняка разных генотипов по гену *Pit-1*, г

Table 3 – Dynamics of average daily weight gain of young animals of different genotypes according to the *Pit-1* gene, g

Возрастной период, мес. / Age period, months	Генотип / Genotype		
	AA	AB	BB
0 – 8	798,8±14,5	812,8±12,34	818,1±9,42
8 – 12	736,9±24,41	768,0±22,08*	800,8±16,49*
12 – 16	905,7±36,12	918,0, ±23,15	920,5±46,18
0 – 16	811,7±17,09	829,6±14,11	841,2±11,25

Здесь и далее * $P < 0,05$

Here and hereafter * $P < 0,05$

После отъема телят от матерей было замечено снижение интенсивности весового роста у молодняка изучаемых групп. Однако носители *A*-аллеля значительно уступали по среднесуточному приросту аналогам *Pit-1^{AB}* и *Pit-1^{BB}*, где разница была 31,1 г (4,27 %; $P < 0,05$) и 63,9 г (8,67 %; $P < 0,05$).

В завершающий этап выращивания (12-16 месяцев) было зафиксировано недостоверное преимущество гомозиготных животных *Pit-1^{BB}* над аналогами с генотипами *AB – Pit-1* и *AA – Pit-1* по среднесуточному приросту, составившее 14,5 г (1,63 %) и 2,5 г (0,27 %) соответственно. При анализе данных о весовом росте (от рождения до 16 месяцев) выявлено, что особи с генотипом *Pit-1^{BB}* имели лидерство над сверстниками на 29,5 г (3,63 %) и 11,6 г (1,40 %).

Таким образом, на протяжении всех этапов контроля за весом отмечалось превосходство носителей генотипа *Pit-1^{BB}* по среднесуточному приросту.

Анализ интенсивности роста бычков с различными генотипами по гену *Pit-1* (*AA*, *AB* и *BB*) выявил значительные различия в абсолютном приросте живой массы (таблица 4).

Таблица 4 – Абсолютный прирост живой массы бычков разных генотипов по гену *Pit-1*, кг
Table 4 – Absolute increase in live weight of bulls of different genotypes according to the *Pit-1* gene, kg

Возрастной период, мес. / Age period, months	Генотип / Genotype		
	AA	AB	BB
0-8	194,1±1,43*	197,5±1,14	198,8±1,03
8-12	89,9±1,54***	93,7±1,29*	97,7±0,85
12-16	110,5±0,89	112,0±0,61	112,3±0,30
0-16	394,5±1,65***	403,2±1,14**	408,8±1,22

Здесь и далее * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$.

Here and hereafter * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$.

Этот показатель, отражающий скорость накопления массы тела, является ключевым индикатором продуктивности животных и эффективности селекционных программ.

Бычки гомозиготного варианта *Pit-1^{BB}* продемонстрировали наибольшую скорость роста на протяжении всего исследуемого периода. Более детальный анализ установил, что преимущество генотипа *BB* наиболее выражено в возрастных интервалах интенсивного роста (таблица 4). Например, в период с 8 до 12 месяцев животные с генотипом *Pit-1^{BB}* имели прирост живой массы в 97,7 кг, что на 7,8 (8,68 %; $P < 0,001$) кг больше, чем у молодняка с генотипом *AA*, и на 4,0 кг (4,27 %; $P < 0,05$) – с генотипом *AB* гена *Pit-1*. В последующий период (с 12 до 16 месяцев) превосходство носителя *B*-аллеля сохраняется. Разница в приросте массы между особями гомозиготного *AA – Pit-1* генотипа достигает 1,8 кг (1,63 %), гетерозиготного *AB – Pit-1* – генотипа – 0,3 кг (0,27 %). Эти данные подтверждают стабильность положительного влияния *Pit-1^{BB}* генотипа на интенсивность роста на протяжении всего исследуемого периода.

Различия в относительной скорости роста между бычками разных генотипов были зафиксированы на протяжении всего эксперимента, причем наиболее заметные изменения наблюдались в возрасте от 8-12 месяцев. В этот период особи носители *B*-аллеля продемонстрировали наибольшие показатели, превосходя животных с генотипом *AA* – на 1,8 % и с генотипом *AB* – на 1,0 % (рисунок 1).

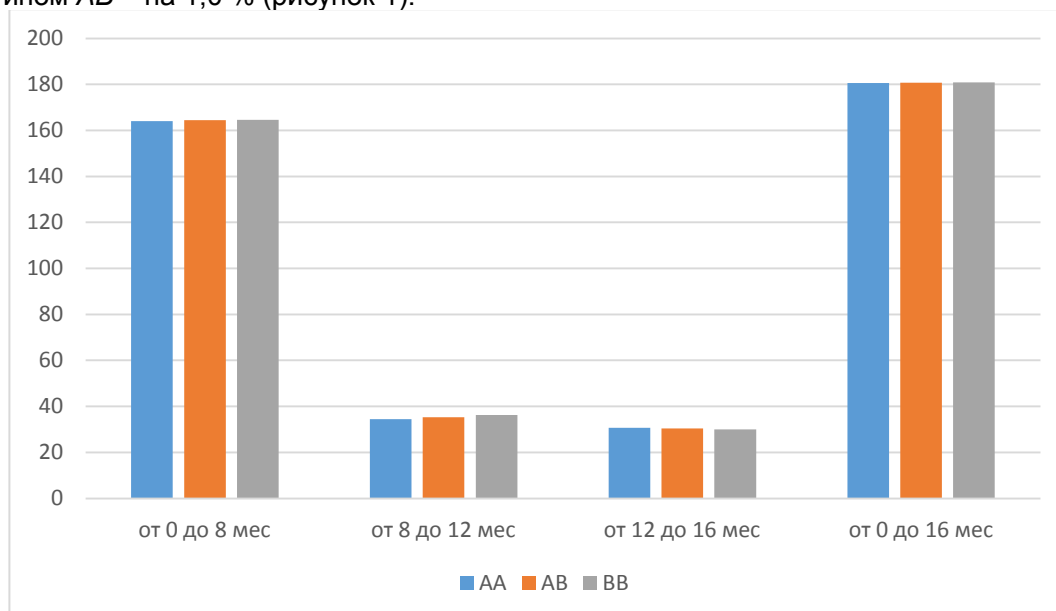


Рисунок 1 – Динамика относительной скорости роста живой массы бычков разных генотипов по гену *Pit-1*, %

Figure 1 – Dynamics of the relative growth rate of live weight of bulls of different genotypes according to the *Pit-1* gene, %

В то же время в такие периоды, как 0-8, 12-16 и 0-16 месяцев, межгрупповая разница по данному показателю была несущественной. Тем не менее, несмотря на несущественные различия между группами, бычки с генотипом *Pit-1^{BB}* все же показали лучшие результаты по сравнению с их сверстниками из других групп. Это говорит о том, что влияние аллеля *B* на скорость роста наиболее выражено в период интенсивного постнатального развития. В остальные периоды наблюдения различия в относительной скорости роста между группами были статистически незначимыми, что может быть связано с замедлением темпов роста и достижением определенного физиологического предела.

Заключение. Таким образом, на всех этапах контроля за живой массой и среднесуточным приростом выявлено превосходство генотипа *Pit-1^{BB}* над аналогами. Эти результаты подтверждают, что бычки с данным генотипом обладают лучшими показателями роста по сравнению с животными других генотипов. Результаты исследования подчеркивают необходимость дальнейшего изучения влияния генетических факторов на продуктивность животных. Понимание этих взаимосвязей может помочь в разработке более эффективных стратегий селекции и управления генетическими ресурсами, что, в конечном итоге, приведет к повышению эффективности и устойчивости животноводства в целом.

Conclusions. Thus, at all stages of control over body weight and average daily growth, the superiority of the *Pit-1^{BB}* genotype over its analogues was revealed. These results confirm that bulls with this genotype have better growth rates compared to animals of other genotypes. The results of the study emphasize the need for further study of the influence of genetic factors on animal productivity. Understanding these relationships can help develop more effective strategies for breeding and managing genetic resources, ultimately leading to improved efficiency and sustainability of livestock production in general.

Библиографический список

1. Джуламанов К. М., Сафронова А. А., Платонов С. А., Кизаев М. А. Оценка генотипа герефордского скота по племенным и продуктивным качествам. Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2022. № 4 (69). С. 63-69.
2. Седых Т. А., Гизатуллин Р. С., Долматова И. Ю., Гусев И. В., Калашникова Л. А. Полиморфизм гена соматотропного гормона в связи с качеством туш мясного скота. Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 2. С. 53-57.

3. Амерханов Х. А., Клименко А. И., Шевхужев А. Ф., Дубовскова М. П., Каниболоцкая А. А. Полиморфизм генов SCD и FABP4 у мясного скота калмыцкой породы. Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 4. С. 9-13.
4. Белая Е. В., Бейшова И. С., Селионова М. И., Шулинский Р. С., Ульянова Т. В. Полногеномный поиск QLT-ассоциированных SNP для прогнозирования наследственного потенциала продуктивности у казахского белоголового скота. Вестник АПК Ставрополя. 2022. № 3 (47). С. 18-25.
5. Третьякова Р. Ф., Каюмов Ф. Г. Генетическая структура создаваемого нового типа «Адучи» калмыцкой породы по генам DGAT1, GHR, IGF-1, PIT-1. Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 3. С. 38-41.
6. Селионова М. И., Плахтюкова В. Р. Мясная продуктивность бычков казахской белоголовой породы разных генотипов по генам CAPN1 и GH. Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 9-12.
7. Столповский Ю. А., Пискунов А. К., Свищева Г. Р. Геномная селекция. I. Последние тенденции и возможные пути развития. Генетика. 2020. Т. 56. № 9. С. 1006-1017.
8. Ruchay A., Kober V., Dorofeev K., Kolpakov V., Dzhulamanov K, Kalschikov V., Guo H. Comparative analysis of machine learning algorithms for predicting live weight of Hereford cows. Computers and Electronics in Agriculture. 2022. № 195. P.106837.
9. Ulyanov V. A., Kubekova B. Z., Beishova I. S., Belaya A. V., Papusha N. V. Preferred and undesirable genotypes of bGH and bIGF-1 genes for the milk yield and quality of black-and-white breed. Veterinary World. 2021. №14 (5). Pp. 1202-1209.
10. Колпаков В. И. Влияние некоторых полиморфных генов на мясную продуктивность и качество мяса у крупного рогатого скота (обзор). Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 4. С. 47-64.
11. Тагиров Х. Х., Николаева Н. Ю., Ишбердина Р. Р. Рост и мясная продуктивность молодняка герефордской породы в условиях юга Западной Сибири. Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 2. С. 15-17.
12. Сеитов М. С., Левицкая Т. Т. Содержание, кормление и сравнительная оценка показателей роста бычков разных генотипов. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1(87). С. 256-260.
13. Гармаев Д. Ц., Толочка В. В., Косилов В. И. Особенности весового роста бычков специализированных мясных пород в условиях Приморского края. Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2021. № 3 (64). С. 23-29.
14. Танана Л. А., Вертинская О. В., Кизилевич К. О. Убойные и качественные показатели мяса герефордских быков в зависимости от аллельного полиморфизма гена Pit – 1. Znanstvena Misel. 2020. № 1 (39). С. 3-7.
15. Гайнутдинова Э. Р., Сафина Н. Ю., Шакиров Ш. К. и др. Идентификация полиморфизма гена PIT-1 в татарстанской популяции крупного рогатого скота голштинской породы. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2020. Т. 237 (I). С. 40-43.

References

1. Dzhulamanov K. M., Safronova A. A., Platonov S. A., Kizaev M. A. Assessment of the genotype of Hereford cattle by breeding and productive qualities. Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov. 2022. No 4 (69). Pp. 63-69.
2. Sedykh T. A., Gizatullin R. S., Dolmatova I. Yu., Gusev I. V., Kalashnikova L. A. Polymorphism of the somatotrophic hormone gene in connection with the quality of beef cattle carcasses. Russian agricultural science. 2020. No. 2. Pp. 53-57.
3. Amerkhanov Kh. A., Klimenko A. I., Shevkhezhev A. F., Dubovskova M. P., Kanibolotskaya A. A. Polymorphism of SCD and FABP4 genes in Kalmyk beef cattle. Dairy and beef cattle breeding. 2023. No. 4. Pp. 9-13.
4. Belaya E. V., Beishova I. S., Selionova M. I., Shulinsky R. S., Ulyanova T. V. Genome-wide search for QLT-associated SNPs for predicting hereditary productivity potential in Kazakh white-headed cattle. Bulletin of the Agroindustrial Complex of Stavropol. 2022. No. 3 (47). Pp. 18-25.
5. Tretyakova R. F., Kayumov F. G. The genetic structure of the new type of "Aduchi" of the Kalmyk breed being created according to the DGAT1, GHR, IGF-1, PIT-1 genes. Dairy and beef cattle breeding. 2023. № 3. Pp. 38-41.
6. Selionova M. I., Plakhtyukova V. R. Meat productivity of Kazakh white-headed bulls of different genotypes according to the CAPN1 and GH genes. Dairy and beef cattle breeding. 2020. No. 4. Pp. 9-12.
7. Stolpovsky Yu. A., Piskunov A. K., Svishcheva G. R. Genomic breeding. I. Recent trends and possible ways of development. Genetics. 2020. Vol. 56. No. 9. Pp. 1006-1017.
8. Ruchay A., Kober V., Dorofeev K., Kolpakov V., Dzhulamanov K, Kalschikov V., Guo H. Comparative analysis of machine learning algorithms for predicting live weight of Hereford cows. Computers and Electronics in Agriculture. 2022. No. 195. P.106837.
9. Ulyanov V. A., Kubekova B. Z., Beishova I. S., Belaya A. V., Papusha N. V. Preferred and indestructible genotypes of bGH and bIGF-1 genes for the milk yield and quality of black-and-white breed. Veterinary World. 2021. No. 14 (5). Pp. 1202-1209.
10. Kolpakov V. I. Influence of some polymorphic genes on meat productivity and meat quality in cattle (review). Animal husbandry and feed production. 2020. V. 103. No. 4. Pp. 47-64.
11. Tagirov Kh. Kh., Nikolaeva N. Y., Ishberdina R. R. Growth and meat productivity of young Hereford breed in the conditions of the South of Western Siberia. Dairy and beef cattle breeding. 2021. No. 2. Pp. 15-17.
12. Seitov M. S., Levitskaya T. T. Maintenance, feeding and comparative assessment of growth indicators of bulls of different genotypes. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2021. No 1 (87). Pp. 256-260.
13. Garmaev D. Ts., Tolochka V. V., Kosilov V. I. Features of weight growth of gobies of specialized meat breeds in the conditions of Primorsky region. Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov. 2021. No. 3 (64). Pp. 23-29.
14. Tanana L. A., Vertinskaya O. V., Kizilevich K. O. Slaughter and quality indicators of meat of Hereford bulls depending on the allelic polymorphism of the Pit – 1 gene. Znanstvena Misel. 2020. No 1 (39). Pp. 3-7.
15. Gainutdinova E. R., Safina N. Y., Shakirov S. K. and others. Identification of the PIT-1 gene polymorphism in the Tatarstan population of Holstein cattle. Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman. 2020. V. 237 (I). Pp. 40-43.

Информация об авторах

Третьякова Рузия Фоатовна, кандидат биологических наук, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29), ORCID: 0000-0001-9241-9228, e-mail: nazkalms@mail.ru

Каюмов Фоат Галимович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29), ORCID: 0000-0002-5155-4295, e-mail: nazkalms@mail.ru

Authors' Information

Tretyakova Ruzia Foatovna, Candidate of Biological Sciences, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, January 9 str., 29), ORCID: 0000-0001-9241-9228, e-mail: nazkalms@mail.ru

Kayumov Foat Galimovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, January 9 str., 29), ORCID: 0000-0002-5155-4295, e-mail: nazkalms@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-42

THE EFFECT OF THE FEED ADDITIVE «BIOSPECTR 2B» ON THE BASIC VITAL SIGNS OF THE LABORATORY ANIMALS

**Ushakov M. A., Nikolaev S. I., Sonichev B. E., Vorontsova E. S., Shkalenko V. V.,
Chehranova S. V., Morozova E. A.**

*Volgograd State Agrarian University Volgograd
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: volgau-ushakov@yandex.ru

Received 23.04.2025

Submitted 22.05.2025

The research was conducted within the framework of the agreement dated 06/05/2024, Afidmix Rus LLC.

Summary

As part of an experiment on mice, the chronic toxicity of the feed additive «BioSpectr 2B» was determined, taking into account the increases in live weight, the dynamics of feed and water consumption, morphological and biochemical blood tests, and autopsy results. Despite the differences in the metabolism of toxic substances in different animals, feed safety standards are not adapted for each species. Therefore, it is necessary to develop unified methods of toxicity testing and research in order to determine adequate safe and toxic levels for different animals. Achieving this goal will increase livestock productivity, improve food health and safety, and strengthen consumer confidence in feed and livestock products. This requires the creation of a scientific feed safety assessment system appropriate to the conditions of each country. Taking into account the likelihood of new dangerous substances, it is necessary to use various methods of toxicological control to establish safe and toxic levels for both humans and animals. It is important to develop and apply adequate toxicity testing methods to accurately determine safe and toxic levels in feed and food products.

Abstract

Introduction. Toxins associated with feed, food, water and plants pose a serious threat to the health of both animals and humans worldwide. These toxins can be of natural origin, including bacterial toxins, algae toxins, mycotoxins and phytotoxins, and they are one of the main causes of diseases in animals. Phytotoxins and other feed pollutants are diverse, and many of them have only recently been identified. Farm animals are often exposed to toxic substances such as phytotoxins and mycotoxins. Many phytotoxins, especially the active components of plants, have become known only in recent years. Climate change can also contribute to an increase in the content of toxins in plants and feed components. In many countries, information on poisoning cases, including those related to phytotoxins and feed toxins, is extremely limited or absent due to a lack of effective centralized reporting and control systems. The aim of our work was to study the chronic toxicity of the feed additive «BioSpectr 2B» during prolonged intragastric administration to female and male Wistar rats. **Materials and methods.** The study of chronic toxicity consisted of the following stages: selection of clinically healthy Wistar laboratory rats; intragastric administration of the dose of the feed additive «BioSpectr 2B» – 200 and 400 mg/kg; keeping records of the amount of feed consumed; accounting for the amount of water consumed; determination of the presence or absence of clinical signs of intoxication of animals when receiving the feed additive «BioSpectr 2B»; conducting laboratory tests of urine and blood; conducting an autopsy followed by an examination of the internal organs of the animals. The method of conducting the study is based on OECD, Test N 408: 1998 "Repeated examination of oral toxicity in rodents: 90-day" (GOST 32637). General clinical observations were performed at least once a day, at the same time, taking into account the peak period of expected exposure after administration of the dose of the substance. Throughout the scientific study, regular examinations of animals were carried out to identify the presence or absence of clinical signs of intoxication or other physiological. **Results and conclusions.** Throughout the entire scientific study of the chronic toxicity of the feed additive «BioSpectr

2B», fatal outcomes of females and males in the experimental and control groups were not detected. All the experimental and control groups remained in full force. All animals were weighed weekly. The body weight of the rats increased evenly as they matured and was within acceptable limits for this species. It can be noted that a gradual increase in weight was observed in all groups. Based on the results of the experiment, it can be concluded that the feed additive «BioSpectr 2B» is well tolerated and there is no toxic effect on male and female Wistar rats.

Keywords: feed toxicity, laboratory animals, chronic toxicity.

Citation. Ushakov M. A., Nikolaev S. I., Sonichev B. E., Vorontsova E. S., Shkalenko V. V., Chehranova S. V., Morozova E. A. The effect of the feed additive «BioSpectr 2B» on the basic vital signs of the laboratory animals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 401-412 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-42.

Author's contribution. The team of authors represented in this publication actively participated in the development of the research concept, its implementation and the subsequent analysis of the data obtained. Each of the authors of the article reviewed the final version of the paper and expressed their agreement with its content.

Conflict of interests. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 619:636.087.7

ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «БИОСПЕКТР 2Б» НА ОСНОВНЫЕ ЖИЗНЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

Ушаков М. А., кандидат сельскохозяйственных наук
Николаев С. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Сонищев Б. Е., кандидат биологических наук
Воронцова Е. С., кандидат биологических наук
Шкаленко В. В., доктор биологических наук, доцент
Чехранова С. В., доктор сельскохозяйственных наук
Морозова Е. А., кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследование проведено в рамках договора № б.н. от 05.06.2024 г., ООО «Афидмикс Рус».

Актуальность Токсины, содержащиеся в кормах, продуктах питания, воде и растениях, представляют серьезную угрозу здоровью как животных, так и людей во всем мире. Эти токсины могут быть природного происхождения, включая бактериальные токсины, токсины водорослей, микотоксины и фитотоксины растительного происхождения, и они являются одной из основных причин заболеваний животных. Фитотоксины и другие загрязнители кормов разнообразны, и многие из них были выявлены только недавно. Сельскохозяйственные животные часто подвергаются воздействию токсичных веществ, таких как фитотоксины и микотоксины. Многие фитотоксины, особенно активные компоненты растений, стали известны только в последние годы. Изменение климата также может способствовать увеличению содержания токсинов в растениях и компонентах кормов. Во многих странах информация о случаях отравления, в том числе связанных с фитотоксинами и кормовыми токсинами, крайне ограничена или вообще отсутствует из-за отсутствия эффективных централизованных систем отчетности и контроля. **Целью** нашей работы было изучение хронической токсичности кормовой добавки «Биоспектр 2Б» при длительном внутрижелудочном введении самкам и самцам крыс линии Wistar. **Материалы и методы.** Исследование хронической токсичности состояло из следующих этапов: отбор клинически здоровых лабораторных крыс линии Wistar; внутрижелудочное введение дозы кормовой добавки «Биоспектр 2Б» – 200 и 400 мг/кг; ведение учета количества потребляемого корма; учет количества потребляемой воды; определение наличия или отсутствия клинических признаков интоксикации животных при приеме кормовой добавки «Биоспектр 2Б»; проведение лабораторных исследований мочи и крови; проведение вскрытия с последующим исследованием внутренних органов животных. Методика проведения исследования основана на стандарте OECD, тест N 408: 1998 "Повторное исследование пероральной токсичности у грызунов: 90 дней" (ГОСТ 32637). Общие клинические наблюдения проводились не реже одного раза в день в одно и то же время с учетом периода максимального ожидаемого воздействия после введения дозы вещества. На протяжении всего научного исследования проводились регулярные осмотры животных для выявления наличия или отсутствия клинических признаков интоксикации или других физиологических проявлений. **Результаты и заключения.** На протяжении всего научного исследования хронической токсичности кормовой добавки «Биоспектр 2Б» летальных исходов у самок и самцов в опытных и контрольных группах выявлено не было. Все опытные и контрольные группы остались в полном составе. Всех животных взвешивали еженедельно. Масса тела крыс равномерно увеличивалась по

мере их взросления и находилась в допустимых для данного вида пределах. Можно отметить, что постепенное увеличение массы наблюдалось во всех группах. По итогам проведения эксперимента можно сделать вывод о хорошей переносимости кормовой добавки «БиоСпектр 2Б» и отсутствии токсического влияния на самцов и самок крыс линии Wistar.

Ключевые слова: токсичность кормов, лабораторные животные, хроническая токсичность.

Цитирование. Ушаков М. А., Николаев С. И., Соничев Б. Е., Воронцова Е. С., Шкаленко В. В., Чехранова С. В., Морозова Е. А. Влияние кормовой добавки «БиоСпектр 2Б» на основные жизненные показатели лабораторных животных. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 401-412. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-42.

Авторский вклад. Авторский коллектив, представленный в данной публикации, активно участвовал в разработке концепции исследования, его реализации и последующем анализе полученных данных. Каждый из авторов статьи ознакомился с финальной версией работы и выразил свое согласие с ее содержанием.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Токсины, связанные с кормами, пищевыми продуктами, водой и растениями, представляют собой серьезную угрозу для здоровья, как животных, так и человека по всему миру. Эти токсины могут быть природного происхождения, включая бактериальные токсины, токсины водорослей, микотоксины и фитотоксины, и они являются одной из основных причин заболеваний у животных. Фитотоксины и другие загрязнители кормов разнообразны, и многие из них были выявлены только в последнее время [1, 4, 5, 6].

Множество фитотоксинов, особенно активные компоненты растений, стали известны лишь в последние годы. Изменение климата так же могут способствовать повышению содержания токсинов в растениях и компонентах кормов.

Во многих странах информация о случаях отравлений, включая те, что связаны с фитотоксинами и кормовыми токсинами, крайне ограничена или отсутствует из-за недостатка эффективных централизованных систем отчетности и контроля [4, 5, 8].

В связи с унификацией кормов для животных, важным требованием, актуальным в последнее время, становится производство безопасных комбикормов. Они не должны наносить вред здоровью самих животных и не ухудшать здоровье людей, потребляющих продукцию животноводства [5, 7].

Несмотря на отличия в метаболизме токсичных веществ у различных животных, стандарты безопасности кормов не адаптированы для каждого вида. Поэтому необходимо разработать унифицированные методы тестирования и исследования токсичности, чтобы определить адекватные безопасные и токсичные уровни для разных животных [2]. Достижение этой цели позволит повысить продуктивность скота, улучшить здоровье и безопасность пищевых продуктов, а также укрепить доверие потребителей к кормам и животноводческой продукции. Снижение содержания токсинов в сырье - серьезная проблема, пути решения которой ищут специалисты практически во всем мире. Считается, что проблема формирования микотоксикозов и зараженности кормов микотоксинами для крупного рогатого скота менее актуальна, чем для птицы и свиней [3]. Тем не менее, было установлено, что некоторые микотоксины обладают ярко выраженными антимикробными свойствами, вызывая снижение численности полезных микроорганизмов [9, 10, 11]. Для этого требуется создать научную систему оценки безопасности кормов, соответствующую условиям каждой страны. С учетом вероятности появления новых опасных веществ, необходимо использовать различные методы токсикологического контроля для установления безопасных и токсичных уровней, как для людей, так и для животных. Важно разработать и применить адекватные методы тестирования токсичности, чтобы точно определить безопасные и токсичные уровни в кормах и пищевых продуктах.

Целью нашей работы было изучение хронической токсичности кормовой добавки «БиоСпектр 2Б» при длительном внутрижелудочном введении самкам и самцам крыс линии Wistar.

Исследование хронической токсичности состояло из следующих этапов:

- отбор клинически здоровых лабораторных крыс линии Wistar;
- внутрижелудочное введение дозы кормовой добавки «БиоСпектр 2Б» – 200 и 400 мг/кг;
- проведение учёта количества потребленного корма;
- проведение учёта количества потребленной воды;

- определение наличия или отсутствия клинических признаков интоксикации животных при получении кормовой добавки «БиоСпектр 2Б»;
- проведение лабораторных исследований мочи и крови;
- проведение аутопсии с последующим осмотром внутренних органов животных.

Материалы и методы. Метод проведения исследования основан на OECD, Test N 408: 1998 «Повторное исследование пероральной токсичности на грызунах: 90-дневное» (ГОСТ 32637-2014).

Общие клинические наблюдения проводили не реже одного раза в день, в одно и то же время, с учетом пикового периода предполагаемого воздействия после введения дозы вещества. На протяжении научного исследования проводились регулярные осмотры животных для выявления наличия или отсутствия клинических признаков интоксикации организма или других физиологических отклонений.

При осмотре особое внимание обращали на следующие показатели: потребление корма и воды, изменения кожи, шерстного покрова, глаз, слизистых оболочек, появление выделений или экскреции и вегетативную активность (например, слезотечение, изменение размера зрачков, необычный характер дыхания), изменения походки, позы и реакции на обращение, а также наличие клонических или тонических движений, стереотипов (например, чрезмерный уход за шерстью, повторяющееся движение по кругу) или необычное поведение (например, самокалечение, хождение задом наперед).

Измерение массы тела проводилось в первый день исследования, затем каждую неделю. Взвешивание крыс всегда производилось до кормления животных.

В конце научного исследования был проведен забор крови и мочи.

При проведении гематологического исследования фиксировались показатели лейкоциты, эритроциты, гемоглобин, гематокрит, тромбоциты, MID (моноциты, эозинофилы), лимфоциты, СОЭ. Биохимический анализ включал исследование таких показателей, как общий белок, глюкоза, АСТ, АЛТ, щелочная фосфатаза, общий билирубин, мочевины, креатинин (ГОСТ 32637-2014 Методы испытания по воздействию химической продукции на организм человека. Повторное исследование пероральной токсичности на грызунах: 90-дневное. М.: Стандартинформ, 2019. 9 с.).

Исследование мочи подопытных животных проводили по следующим показателям: рН, кровь/гемоглобин, белок, глюкоза, кетоны, билирубин, лейкоциты.

По истечении срока исследования все животные подвергаются аутопсии для изучения внутренних органов крыс. В процессе осмотра органов обращали внимание на состояние слизистых оболочек, размер, отечность, плотность и консистенцию органов, полноту кровеносных сосудов, наличие кровоизлияний, гиперемий, некрозов. При обнаружении патологических изменений проводили регистрацию полученных данных, в случае отсутствия патологических изменений указывали – «не обнаружено».

Для получения достоверных результатов исследования хронической токсичности кормовой добавки был выбран метод внутрижелудочного введения дозы. Для этого кормовую добавку смешивали с дистиллированной водой и вводили в организм при помощи желудочного зонда. Расчет дозы производился индивидуально для каждого животного, поскольку ее показатель зависел от массы тела конкретной крысы, а также от результатов, полученных при исследовании острой токсичности кормовой добавки.

Дозы кормовой добавки, вводимой крысам при исследовании хронической токсичности посредством желудочного зонда, составили 1/5 и 1/10 от максимально допустимой дозы. В исследовании острой токсичности максимально допустимая доза составила 2000 мг/кг, поскольку кормовая добавка относится к 5 классу по СГС, диапазон которого составляет 2000-5000 мг/кг. Соответственно, опытным группам самок и самцов вводили кормовую добавку в дозе 200 мг/кг, другим двум группам – 400 мг/кг. При этом еще 2 группы являлись контрольными, крысам этих групп вводили дистиллированную воду без добавления кормовой добавки. Общая схема исследования представлена на рисунке 1.

Оценка хронической токсичности кормовой добавки «БиоСпектр 2Б» основана на результатах следующих исследований: масса тела и изменения массы тела; потребление корма и потребление воды; полученные данные о токсическом действии в зависимости от пола и уровня дозы, включая признаки токсичности; гематологические и биохимические исследования крови; измерение массы внутренних органов.



Рисунок 1 – Общая схема исследования
Figure 1 – General scheme of the study

Полученные результаты статистически обработаны при помощи Microsoft Excel. Для сравнения данных для различных экспериментальных групп был выполнен анализ χ^2 по методу Фишера. Изменения считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. На протяжении всего научного исследования хронической токсичности кормовой добавки «БиоСпектр 2Б» летальные исходы самок и самцов в опытных и контрольных группах не обнаружены. Все опытные и контрольные группы остались в полном составе.

Все животные еженедельно взвешивались. Масса тела крыс увеличивалась равномерно по мере взросления и находилась в допустимых пределах для данного вида (рисунок 2). Постепенное возрастание массы отмечалось во всех группах.

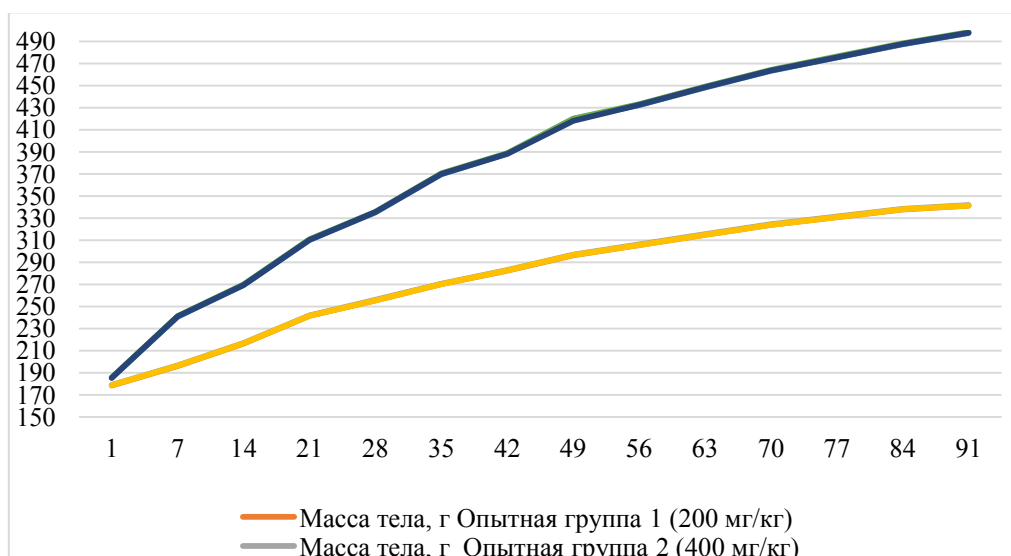


Рисунок 2 – Динамика увеличения самцов и самок мышей в группах
Figure 2 – Dynamics of the increase in male and female mice in groups

Согласно методике исследования, при изучении потребления животными корма (рисунок 3) и воды (рисунок 4) учитывали, что каждая из групп была поделена на две клетки поровну (по 5 особей в клетке).

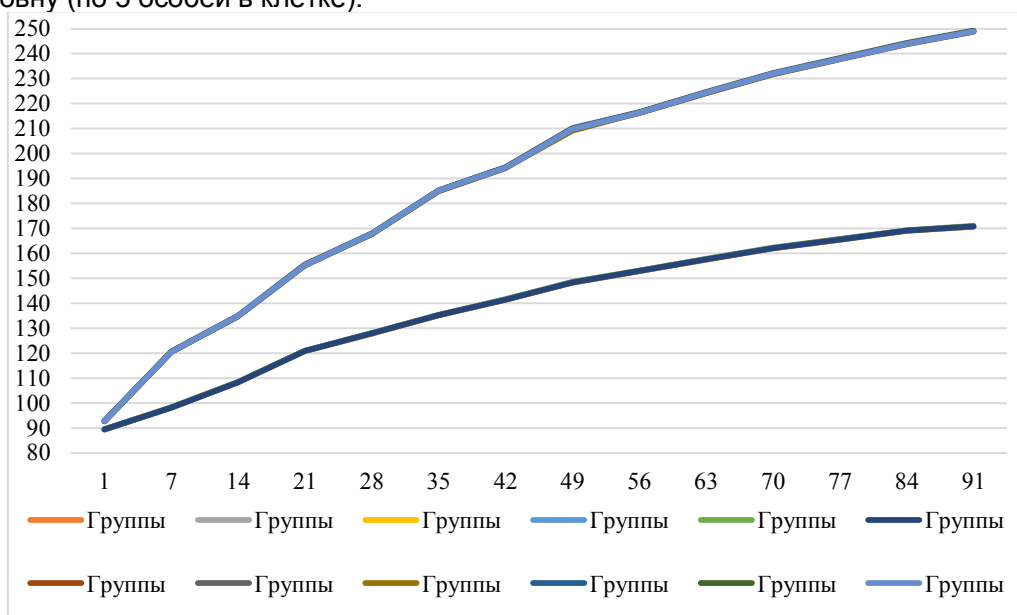


Рисунок 3 – Динамика потребления корма самцами и самками в группах
Figure 3 – Dynamics of feed consumption by males and females in groups

Все полученные данные были в пределах физиологической нормы. Анализ результатов не выявил отклонений. Количество сухого корма и жидкости соответствовало потребностям здорового животного.

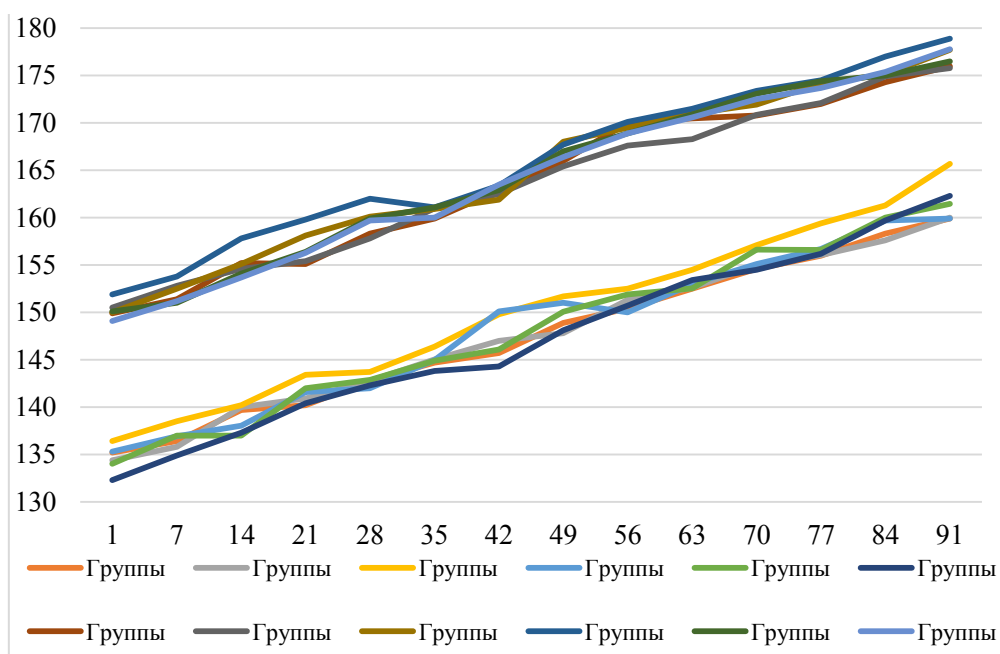


Рисунок 4 – Динамика потребления воды самцами и самками мышей в группах
Figure 4 – Dynamics of water consumption by male and female mice in groups

В завершающий день исследований были взяты образцы крови на общий и биохимический анализ. Результаты не отражают нарушений и входят в интервал допустимых значений для здоровых крыс (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Гематологические показатели крови самцов и самок
Table 1 – Hematological parameters of blood of males and females

Показатели / Indicators	Группы / Group		
	Опытная группа 1 (200 мг/кг) / Experimental Group 1 (200 mg/kg)	Опытная группа 2 (400 мг/кг) / Experimental Group 2 (400 mg/kg)	Контрольная группа 1 / Control Group 1
Показатели самок / Indicators of females			
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$ / Leukocytes, $\times 10^9/\text{л}$	5,93 $\pm$ 0,60	5,91 $\pm$ 0,49	5,90 $\pm$ 0,50
Эритроциты, $\times 10^{12}/\text{л}$ / Erythrocytes, $\times 10^{12}/\text{л}$	8,09 $\pm$ 0,65	8,10 $\pm$ 0,58	8,12 $\pm$ 0,60
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	152,07 $\pm$ 2,54	152,42 $\pm$ 2,15	153,00 $\pm$ 1,82
Гематокрит, % / Hematocrit, %	45,43 $\pm$ 1,38	45,74 $\pm$ 1,13	45,62 $\pm$ 0,98
Тромбоциты, $\times 10^9/\text{л}$ / Platelets, $\times 10^9/\text{л}$	540,00 $\pm$ 11,20	557,00 $\pm$ 9,40	535,00 $\pm$ 6,10
MID (Моноциты, Эозинофилы) % / MID (Monocytes, Eosinophils) %	3,89 $\pm$ 0,10	4,40 $\pm$ 0,20	4,40 $\pm$ 0,10
Лимфоциты % / Lymphocytes %	61,90 $\pm$ 2,90	62,90 $\pm$ 2,30	62,50 $\pm$ 1,70
СОЭ, мм/час / ESR, mm/h	1,50 $\pm$ 0,10	1,49 $\pm$ 0,11	1,51 $\pm$ 0,10
Показатели самцов / Indicators of males			
Показатели / Indicators	Опытная группа 3 (200 мг/кг) / Experimental Group 3 (200 mg/kg)	Опытная группа 4 (400 мг/кг) / Experimental Group 4 (400 mg/kg)	Контрольная группа 2 / Control Group 2
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$ / Leukocytes, $\times 10^9/\text{л}$	6,14 $\pm$ 0,03	6,14 $\pm$ 0,20	6,12 $\pm$ 0,50
Эритроциты, $\times 10^{12}/\text{л}$ / Erythrocytes, $\times 10^{12}/\text{л}$	7,79 $\pm$ 0,27	7,80 $\pm$ 0,59	7,78 $\pm$ 0,31
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	124,40 $\pm$ 2,15	126,00 $\pm$ 1,67	127,00 $\pm$ 2,27
Гематокрит, % / Hematocrit, %	41,10 $\pm$ 1,49	39,20 $\pm$ 1,15	40,91 $\pm$ 1,17
Тромбоциты, $\times 10^9/\text{л}$ / Platelets, $\times 10^9/\text{л}$	248,00 $\pm$ 7,80	250,00 $\pm$ 8,10	249,00 $\pm$ 10,80
MID (Моноциты, Эозинофилы) % / MID (Monocytes, Eosinophils) %	4,50 $\pm$ 0,20	4,45 $\pm$ 0,30	4,49 $\pm$ 0,10
Лимфоциты % / Lymphocytes %	49,90 $\pm$ 3,80	50,00 $\pm$ 2,80	49,35 $\pm$ 3,10
СОЭ, мм/час / ESR, mm/h	2,10 $\pm$ 0,09	2,08 $\pm$ 0,10	2,09 $\pm$ 0,11

* $p < 0,05$.

Биохимический анализ крови – исследование, которое проводится для выявления сведений о функциональном состоянии организма в целом, органов в отдельности. Его результаты помогают с высокой точностью определить сбои в работе организма. Расшифровка показателей биохимического анализа крови позволила провести точное диагностирование состояния внутренних органов.

Таблица 2 – Биохимические показатели крови самцов и самок
Table 2 – Biochemical parameters of blood of males and females

Показатели / Indicators	Группы / Group		
	Опытная группа 1 (200 мг/кг) / Experimental Group 1 (200 mg/kg)	Опытная группа 2 (400 мг/кг) / Experimental Group 2 (400 mg/kg)	Контрольная группа 1 / Control Group 1
1	2	3	4
Показатели самок / Indicators of females			
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	70,98 $\pm$ 1,01	70,78 $\pm$ 1,08	71,10 $\pm$ 1,05
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	4,32 $\pm$ 0,24	4,49 $\pm$ 0,17	4,50 $\pm$ 0,17
АСТ, ЕД/л / AST, U/l	81,71 $\pm$ 2,30	82,09 $\pm$ 1,98	81,00 $\pm$ 2,00
АЛТ, ЕД/л / ALT, U/l	66,39 $\pm$ 1,92	67,00 $\pm$ 1,92	68,74 $\pm$ 1,10
Щелочная фосфатаза, ЕД/л / Alkaline phosphatase, U/l	334,97 $\pm$ 19,02	333,51 $\pm$ 14,02	337,10 $\pm$ 17,39
Общий билирубин, мкмоль/л / Total bilirubin, $\mu\text{mol/l}$	0,90 $\pm$ 0,02	0,87 $\pm$ 0,01	0,95 $\pm$ 0,01
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	6,79 $\pm$ 0,20	6,82 $\pm$ 0,19	6,90 $\pm$ 0,21
Креатинин, мг/дл / Creatinine, mg/dL	0,49 $\pm$ 0,02	0,48 $\pm$ 0,01	0,49 $\pm$ 0,01

Окончание таблицы 2

1	2	3	4
Показатели самцов / Indicators of males			
Показатели / Indicators	Опытная группа 3 (200 мг/кг) / Experimental Group 3 (200 mg/kg)	Опытная группа 4 (400 мг/кг) / Experimental Group 4 (400 mg/kg)	Контрольная группа 2 / Control Group 2
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	83,01±1,18	83,92±1,10	84,00±1,09
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	4,18±0,40	4,19±0,21	4,20±0,24
АСТ, ЕД/л / AST, U/l	41,92±0,54	42,18±0,98	41,98±1,00
АЛТ, ЕД/л / ALT, U/l	57,01±2,01	58,47±2,57	57,95±2,68
Щелочная фосфатаза, ЕД/л / Alkaline phosphatase, U/l	330,31±25,17	325,01±17,86	327,13±18,36
Общий билирубин, мкмоль/л / Total bilirubin, μ mol/l	0,98±0,04	1,10±0,03	1,00±0,02
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	8,10±0,14	8,10±0,11	8,09±0,18
Креатинин, мг/дл / Creatinine, mg/dL	0,47±0,01	0,46±0,01	0,49±0,01

* $p < 0,05$.

Биохимический анализ крови не выявил нарушений в обмене веществ подопытных животных.

Анализ мочи – наиболее простой и доступный способ произвести оценку состояния здоровья для выявления какой-либо патологии. По анализу мочи можно определить воспалительные процессы в организме, его метаболизм (таблица 3).

Таблица 3 – Анализ мочи самцов и самок
Table 3 – Urine analysis of males and females

Показатели / Indicators	Группы / Group		
	Опытная группа 3 (200 мг/кг) / Experimental Group 3 (200 mg/kg)	Опытная группа 4 (400 мг/кг) / Experimental group 4 (400 mg/kg)	Контрольная группа 2 / Control Group 2
Показатели самок / Indicators of females			
Объем, мл / Volume, ml	6,38±0,41	6,40±0,41	6,39±0,51
рН	7,00	7,00	7,00
Кровь/гем в 1 мкг / Blood/heme in 1 μ g	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing
Белок, г/л / Protein, g/l	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing
Кетоны ммоль/л / Ketones mmol/L	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing
Билирубин мкмоль/л / Bilirubin μ mol/L	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing
Лейкоциты в 1 мкл / Leukocytes in 1 μ L	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing
Показатели самцов / Indicators of males			
Показатели / Indicators	Опытная группа 3 (200 мг/кг) / Experimental Group 3 (200 mg/kg)	Опытная группа 4 (400 мг/кг) / Experimental group 4 (400 mg/kg)	Контрольная группа 2 / Control Group 2
Объем, мл / Volume, ml	6,30±0,34	6,28±0,18	6,31±0,42
рН	7,00	7,00	7,00
Кровь/гемоглобин в 1 мкг / Blood/heme in 1 μ g	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing
Белок, г/л / Protein, g/l	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing
Кетоны ммоль/л / Ketones mmol/L	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing
Билирубин мкмоль/л / Bilirubin μ mol/L	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing
Лейкоциты в 1 мкл / Leukocytes in 1 μ L	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing	Отсутствует / Missing

* $p < 0,05$.

Анализ мочи не выявил отклонений и соответствует норме.

Все подопытные животные подверглись полной, детальной аутопсии, которая включала тщательное исследование наружной поверхности тела, черепных, грудных и брюшных полостей и их содержимого: отклонений не обнаружено, масса органов находилась в пределах нормы, что характеризует кормовую добавку «БиоСпектр 2Б» как нетоксичную (таблица 4).

Таблица 4 – Масса внутренних органов самцов и самок

Table 4 – Mass of internal organs of males and females

Показатели / Indicators	Группы / Group		
	Опытная группа 1 (200 мг/кг) / Experimental Group 1 (200 mg/kg)	Опытная группа 2 (400 мг/кг) / Experimental Group 2 (400 mg/kg)	Контрольная группа 1 / Control Group 1
Показатели самок / Indicators of females			
Сердце, г / Heart, g	1,30±0,01	1,52±0,01	1,49±0,01
Печень, г / Liver, g	10,73±0,02	10,21±0,04	10,19±0,06
Селезенка, г / Spleen, g	0,79±0,01	0,82±0,01	0,81±0,01
Почки, г / Kidneys, g	2,61±0,02	2,70±0,01	2,68±0,02
Головной мозг, г / Brain, g	1,95±0,01	1,97±0,01	1,98±0,01
Легкие, г / Lungs, g	1,80±0,02	1,83±0,02	1,82±0,03
Яичники, г / Ovaries, g	2,88±0,07	2,87±0,06	2,88±0,08
Показатели самцов / Indicators of males			
Показатели / Indicators	Опытная группа 3 (200 мг/кг) / Experimental Group 3 (200 mg/kg)	Опытная группа 4 (400 мг/кг) / Experimental Group 4 (400 mg/kg)	Контрольная группа 2 / Control Group 2
Сердце, г / Heart, g	1,25±0,02	1,19±0,01	1,15±0,01
Печень, г / Liver, g	8,01±0,04	8,00±0,02	8,07±0,05
Селезенка, г / Spleen, g	0,93±0,01	1,10±0,01	1,00±0,01
Почки, г / Kidneys, g	1,97±0,02	1,94±0,01	2,00±0,01
Головной мозг, г / Brain, g	1,91±0,01	1,98±0,01	2,01±0,02
Легкие, г / Lungs, g	1,43±0,01	1,52±0,02	1,49±0,01
Семенники, г / Testes, g	0,10±0,03	0,12±0,02	0,11±0,03

* $p < 0,05$.

Массовый коэффициент (МК) – процентное отношение массы органа к массе тела, интегральный показатель, используемый в токсикологии для оценки состояния внутренних органов (таблица 5).

Таблица 5 – Массовый коэффициент внутренних органов самцов и самок

Table 5 – Mass coefficient of internal organs of males and females

Показатели / Indicators	Группы / Group		
	Опытная группа 1 (200 мг/кг) / Experimental Group 1 (200 mg/kg)	Опытная группа 2 (400 мг/кг) / Experimental Group 2 (200 mg/kg)	Контрольная группа 1 / Control Group 1
Показатели самцов / Indicators of males			
Сердце / Heart	0,261±0,001	0,305±0,002	0,300±0,001
Печень / Liver	2,156±0,014	2,047±0,003	2,053±0,005
Селезенка / Spleen	0,159±0,002	0,164±0,003	0,163±0,002
Почки / Kidneys	0,524±0,002	0,541±0,001	0,540±0,002
Головной мозг / Brain	0,392±0,001	0,395±0,001	0,398±0,001
Легкие / Lungs	0,362±0,004	0,367±0,005	0,367±0,007
Семенники / Testes	0,578±0,022	0,576±0,020	0,579±0,024
Показатели самок / Indicators of females			
Показатели / Indicators	Опытная группа 3 (200 мг/кг) / Experimental Group 3 (200 mg/kg)	Опытная группа 4 (400 мг/кг) / Experimental Group 4 (400 mg/kg)	Контрольная группа 2 / Control Group 2
Сердце / Heart	0,366±0,008	0,347±0,002	0,337±0,00
Печень / Liver	2,346±0,003	2,338±0,019	2,365±0,014
Селезенка / Spleen	0,272±0,003	0,322±0,002	0,293±0,002
Почки / Kidneys	0,577±0,010	0,567±0,002	0,586±0,002
Головной мозг / Brain	0,560±0,001	0,579±0,002	0,589±0,001
Легкие / Lungs	0,419±0,002	0,444±0,006	0,436±0,004
Яичники / Ovaries	0,028±0,017	0,029±0,11	0,035±0,022

* $p < 0,05$.

Поскольку в токсикологических исследованиях часто наблюдается изменение нормальной динамики массы тела, целесообразно оценивать отношение массы органов к массе головного мозга – органа, наименее подверженного индуцированным колебаниям массы тела. Исходя из этого, был составлен массовый коэффициент относительно головного мозга (таблица 6).

Таблица 6 – Массовый коэффициент относительно головного мозга самцов и самок
Table 6 – Mass coefficient relative to the brains of males and females

Показатели / Indicators	Группы / Group		
	Опытная группа 1 (200 мг/кг) / Experimental Group 1 (200 mg/kg)	Опытная группа 2 (400 мг/кг) / Experimental Group 2 (400 mg/kg)	Контрольная группа 1 / Control Group 1
Показатели самок / Indicators of females			
Сердце / Heart	66,68±0,31	77,17±0,23	75,33±0,24
Печень / Liver	549,96±4,05	518,02±1,28	515,26±1,35
Селезенка / Spleen	40,44±0,61	41,60±0,60	40,95±0,53
Почки / Kidneys	133,77±0,39	136,94±0,50	135,54±0,73
Легкие / Lungs	92,25±0,90	92,79±1,16	92,10±2,07
Семенники / Testes	147,36±5,44	145,82±4,68	145,39±6,42
Показатели самцов / Indicators of males			
Показатели / Indicators	Опытная группа 3 (200 мг/кг) / Experimental Group 3 (200 mg/kg)	Опытная группа 4 (400 мг/кг) / Experimental Group 4 (400 mg/kg)	Контрольная группа 2 / Control Group 2
Сердце / Heart	65,38±1,34	60,02±0,40	57,22±0,19
Печень / Liver	419,33±1,08	403,86±2,38	401,59±2,94
Селезенка / Spleen	48,69±0,52	55,57±0,39	49,75±0,29
Почки / Kidneys	103,09±1,82	97,88±0,20	99,52±1,01
Легкие / Lungs	74,87±0,28	76,72±1,30	74,09±0,48
Яичники / Ovaries	5,05±3,03	4,47±1,95	5,94±1,83

*p<0,05.

Определение токсичности кормовых добавок является одним из обязательных условий ее дальнейшего безопасного использования. С каждым годом совершенствуются технологии выращивания животных, производства кормов и кормовых добавок, что в свою очередь приводит к разнообразию на рынке кормовых добавок. Контроль качества и безопасности кормов должен оставаться приоритетным вопросом как со стороны ветеринарно-санитарного контроля, так и со стороны зоотехнической оценки. По результатам клинических и лабораторных исследований состояние самцов и самок крыс линии Wistar можно описать как «клинически здоровые», отклонений от нормы в морфологических и биохимических показателях также не выявлено. Анализ массового коэффициента относительно живой массы и головного мозга при токсикологических исследованиях, дает возможность обнаружения органа-мишени токсиканта. При расчете показателей массового коэффициента относительно живой массы и головного мозга отклонений не обнаружено, масса органов находилась в пределах нормы, что характеризует кормовую добавку «БиоСпектр 2Б» как нетоксичную.

Заключение. На основании проведенных исследований удалось установить, что кормовая добавка «БиоСпектр 2Б» при внутрижелудочном введении в дозе 200 и 400 мг/кг не обладает хронической токсичностью для самцов и самок лабораторных крыс линии Wistar.

При внутрижелудочном введении продукта в дозах 200 мг/кг и 400 мг/кг в течение продолжительного периода времени (90 дней) отсутствовали физиологические нарушения, летальные исходы, патологические изменения. Результаты гематологического и биохимического исследований крови были в пределах физиологической нормы. Аналогичная ситуация с результатами исследования показателей мочи самок и самцов крыс.

По итогам проведения эксперимента можно сделать вывод о хорошей переносимости кормовой добавки «БиоСпектр 2Б» и отсутствии токсического влияния на самцов и самок крыс линии Wistar.

Conclusions. Based on the conducted studies, it was found that the feed additive "BioSpectr 2B", when administered intragastrically at doses of 200 and 400 mg/kg, does not have chronic toxicity to male and female laboratory rats of the Wistar line.

With intragastric administration of the product in doses of 200 mg / kg and 400 mg/ kg for a long period of time (90 days), there were no physiological disorders, fatal outcomes, or pathological changes. The results of hematological and biochemical blood tests were within the physiological norm. The situation is similar with the results of a study of urine parameters of female and male rats.

Based on the results of the experiment, it can be concluded that the BioSpectr 2B feed additive is well tolerated and there is no toxic effect on male and female Wistar rats.

Библиографический список

1. Валиев А. Р., Семенов Э. И., Ахметов Ф. Г. Иммуносупрессия в патогенезе Т 2 микотоксикоза и её фармакокоррекция. Ветеринарный врач. № 2. С. 4.
2. Галютдинова Г. Г., Сагдеева З. Х., Шлямина О. В. Оценка общей токсичности кормов биотестированием на простейших и на лабораторных животных. Ветеринарный врач. 2023. № 2.
3. Галютдинова Г. Г. и др. Об исследованиях кормов на общую токсичность в Испытательном центре ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ». Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана. 2022. Т. 251. № 3. С. 84-89.
4. Макаева А. Р., Шлямина О. В., Фицев И. М. Мониторинг питательной ценности и химической безопасности основных кормов Республики Татарстан по результатам исследований, выполненных в 2019 году. Бутлеровские сообщения. 2020. Т. 62. № 4. С. 123-128.
5. Маланьев А. В. и др. Токсикологическая оценка кормов из Республики Мордовия на наличие пестицидов и азотсодержащих соединений. Ветеринарный врач. 2019. № 2. С. 43-49.
6. Семенова С. А., Потехина Р. М., Семенов Э. И., Валиев А. Р., Мишина Н. Н., Хусаинов И. Т. Оценка токсичности кормов по регионам Российской Федерации. Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана. 2015. № 4.
7. Трemasов М. Я., Иванов А. В., Тарасов Е. Ю. Микотоксины – реальная угроза продовольственной безопасности. Вестник ветеринарии. 2013. № 2 (65). С. 78-80.
8. Leal J. F., Bombo G., Pereira H., Vicente B., Amorim A., Cristiano M. L. S. Toxin Profile of Two *Gymnodinium catenatum* Strains from Iberian Coastal Waters. Toxins. 2022. V. 14. P. 762.
9. Siroka Z. Toxicity of House Plants to Pet Animals. Toxins. 2023. No 15 (5). P. 346.
10. Xu X., Murphy L. A. Simultaneous Determination of Pyrethrins, Pyrethroids, and Piperonyl Butoxide in Animal Feeds by Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. Toxins 2023. No 15. P. 401.
11. Zhang L., Yang X., Huang R., Nie C., Niu J., Chen C., Zhang W. Biodegradation of Free Gossypol by *Helicoverpa armigera* Carboxylesterase Expressed in *Pichia pastoris*. Toxins. 2022. No 14. P. 816.

References

1. Valiev A. R., Semenov E. I., Akhmetov F. G. Immunosuppression in the Pathogenesis of T2 Mycotoxicosis and Its Pharmacocorrection. Veterinarian. № 2. P. 4.
2. Galyautdinova G. G., Sagdeeva Z. Kh., Shlyamina O. V. Assessment of the general toxicity of feeds by biotesting on protozoa and laboratory animals. Veterinarian. 2023. № 2.
3. Galyautdinova G. G., et al. On studies of feeds for general toxicity in the Testing Center of the Federal State Budgetary Scientific Institution "FTTRB-VNIVI". Proceedings of KGAVM im. N. E. Bauman. 2022. V. 251. № 3. Pp. 84-89.
4. Makaeva A. R., Shlyamina O. V., Fitsev I. M. Monitoring of the nutritional value and chemical safety of basic feeds in the Republic of Tatarstan based on the results of studies carried out in 2019. Butler's messages. 2020. V. 62. № 4. Pp. 123-128.
5. Malanyev A. V. et al. Toxicological assessment of feed from the Republic of Mordovia for the presence of pesticides and nitrogen-containing compounds. Veterinarian. 2019. № 2. Pp. 43-49.
6. Semenova S. A., Potekhina R. M., Semenov E. I., Valiev A. R., Mishina N. N., Khusainov I. T. Assessment of feed toxicity by regions of the Russian Federation. Scientific Notes of the Bauman KCAVM. 2015. № 4.
7. Tremasov M. Ya., Ivanov A. V., Tarasov E. Y. Mycotoxins as a real threat to food security. Veterinary Bulletin. 2013. № 2 (65). Pp. 78-80.
8. Leal J. F., Bombo G., Pereira H., Vicente B., Amorim A., Cristiano M. L. S. Toxin Profile of Two *Gymnodinium catenatum* Strains from Iberian Coastal Waters. Toxins. 2022. V. 14. P. 762.
9. Siroka Z. Toxicity of House Plants to Pet Animals. Toxins. 2023. No 15 (5). P. 346.
10. Xu X., Murphy L. A. Simultaneous Determination of Pyrethrins, Pyrethroids, and Piperonyl Butoxide in Animal Feeds by Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. Toxins 2023. No 15. P. 401.
11. Zhang L., Yang X., Huang R., Nie C., Niu J., Chen C., Zhang W. Biodegradation of Free Gossypol by *Helicoverpa armigera* Carboxylesterase Expressed in *Pichia pastoris*. Toxins. 2022. No 14. P. 816.

Информация об авторах

Ушаков Максим Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: volgau-ushakov@yandex.ru

Николаев Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Сонищев Борис Евгеньевич, кандидат биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26).

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Шкаленко Вера Владимировна, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Чехранова Светлана Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: schekhranova@mail.ru

Морозова Елена Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26).

Authors' Information

Ushakov Maksim Aleksandrovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), volgau-ushakov@yandex.ru

Nikolaev Sergey Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Sonichev Boris Evgenievich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26).

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Shkalenko Vera Vladimirovna, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Chekhranova Svetlana Viktorovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: schekhhranova@mail.ru

Morozova Elena Anatolyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26).

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-43

THE EFFECT OF THE BETA-FLORA FEED ADDITIVE ON THE INTERIOR AND MEAT QUALITIES OF THE EDILBAEVSKY SHEEP DURING INTENSIVE FATTENING

Shperov A. S., Chamurliiev N. G., Abdulkhaliikov A. M.

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: shperov2011@mail.ru

Received 15.05.2025

Submitted 09.06.2025

Abstract

Introduction. The enrichment of sheep feeding rations in the conditions of pasture cultivation technology is the basis for increasing animal productivity and improving the quality of products. The key element is the improvement of technological conditions for the year-round production of the most important products of the sheep industry – mutton. New feed additives produced by the domestic industry make it possible to qualitatively improve the productive qualities of animals. **Object.** The object of the study was the new feed additive BETA-FLORA, a bulk product of sugar beet recycling. **Materials and methods.** The research was carried out on the livestock of sheep of the Edilbaevsky breed in the conditions of the farm Abdulkhaliikov M. A., Svetloyarsky district of the Volgograd region. **Results and conclusions.** Experimental studies on the use of the new BETA-FLORA feed additive in the diets of young Edilbaevsky cattle during intensive fattening and subsequent influence on interior meat parameters allowed us to obtain the following data: the intensity of the main functional processes in the body of experimental animals was accompanied by a change in average temperature by 2.84 %, respiratory rate by 5.55 % and pulse rate by 1.83 %; there was an increase in the content of hemoglobin – by 1.54 %, erythrocytes – by 3.90 %, leukocytes – by 1.58 %, total protein – by 0.90 %, including albumins – by 1.46 %, globulins – by 0.53 %, calcium – by 3.70 %, phosphorus – by 11.25 %; an increase in body weight – by 6.05 %, by lung weight – by 8.39 %, by heart weight – by 1.64 %, by liver weight – by 9.56 %, by kidney weight – by 10.32 % and by spleen weight – by 12.02 %. The tryptophan content in the meat of sheep from the experimental group was 381.4 % mg, which is 100.10 % mg significantly higher ($P < 0.01$). The use of the new feed additive did not have a negative impact on the indicators of the tasting assessment, while the quality indicators of meat (BCP) were at the level of 3.30 units.

Keywords: sheep, Edilbaevsky breed of sheep, BETA-FLORA, sheep feeding, hematological parameters of sheep, internal organs of sheep.

Citation. Shperov A. S., Chamurliiev N. G., Abdulkhaliikov A. M. The effect of the BETA-FLORA feed additive on the interior and meat qualities of the Edilbaevsky sheep during intensive fattening. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 412-418 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-43.

Author's contribution. The team of authors of this study mentioned in the article was directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All the authors of this article have reviewed and agreed on the final version presented.

Conflict of interests. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 636.3.087

ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «БЕТА-ФЛОРА» НА ИНТЕРЬЕРНО-МЯСНЫЕ КАЧЕСТВА БАРАНЧИКОВ ЭДИЛБАЕВСКОЙ ПОРОДЫ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ОТКОРМЕ

**Шперов А. С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Чамурлиев Н. Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Абдулхаликов А. М., аспирант**

*ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация*

Актуальность. Обогащение рационов кормления овец в условиях пастбищной технологии выращивания является основой повышения продуктивности животных и повышения качества производимой продукции. Ключевым элементом является совершенствование технологических условий для круглогодичного производства важнейшей продукции отрасли овцеводства – баранины. Новые кормовые добавки, производимые отечественной промышленностью, позволяют качественно повышать продуктивные качества животных.

Объект. Объектом исследования послужила новая кормовая добавка «БЕТА-ФЛОРА», сыпучий продукт вторичной переработки сахарной свеклы.

Материалы и методы. Исследования проводились на поголовье баранчиков эдильбаевской породы в условиях КФХ Абдулхаликов М. А., Светлоярского района Волгоградской области.

Результаты и выводы. Экспериментальные исследования по использованию новой кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА» в рационах молодняка эдильбаевской породы при их интенсивном откорме и последующем влиянием на интерьерно-мясные показатели позволили получить следующие данные: интенсивность основных функциональных процессов в организме опытных животных сопровождалось изменением средней температуры на 2,84 %, частоты дыхания на 5,55 % и частоты пульса на 1,83 %; наблюдалось увеличение содержания гемоглобина – на 1,54 %, эритроцитов – на 3,90 %, лейкоцитов – на 1,58 %, общего белка – на 0,90 % в том числе альбуминов – на 1,46 %, глобулинов – на 0,53 %, кальция – на 3,70 %, фосфора – на 11,25 %; выявлено изменение в сторону увеличения – по массе крови – на 6,05 %, по массе легких – на 8,39 %, по массе сердца – на 1,64 %, по массе печени – на 9,56 %, по массе почек – на 10,32 % и по массе селезенки – на 12,02 %. Содержание триптофана в мясе баранчиков опытной группы составило 381,4 мг %, что на 100,10 мг % достоверно выше ($P < 0,01$). Использование новой кормовой добавки не оказала отрицательного воздействия на показатели дегустационной оценки, при этом качественные показатели мяса (БКП) находился на уровне 3,30 ед.

Ключевые слова: баранчики, эдильбаевская порода овец, БЕТА-ФЛОРА, кормление овец, гематологические показатели овец, внутренние органы овец.

Цитирование. Шперов А. С., Чамурлиев Н. Г., Абдулхаликов А. М. Влияние кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА» на интерьерно-мясные качества баранчиков эдильбаевской породы при интенсивном откорме. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 412-418. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-43.

Авторский вклад. Коллектив авторов настоящего исследования, указанного в статье принимал прямое участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и согласовали представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последние годы в России все большее внимание уделяется разведению овец мясо-сального направления продуктивности. Отличаясь высокой скороспелостью, молодняк этой породы способен достигать в раннем возрасте большой живой массы и давать высококачественную по вкусовым и питательным качествам ягнятину.

Увеличение производства мяса баранины является актуальной проблемой, требующей современного решения [6]. Поэтому апробация новых кормовых добавок и биологически активных веществ отечественного производства взамен антибиотикотерапии вызывает определенный научный и практический интерес.

Кормовые добавки, используемые в животноводстве России, представляют собой добавки для обогащения питательной ценности корма [1-4, 10, 11]. В настоящее время в реестре нашей страны зарегистрировано 3639 видов кормовых добавок, из которых на долю отечественного производства приходится 1425, что составляет 36,16 %, остальные – зарубежные – 2214 или 60,84 %.

В процессе роста и развития организм животного подвергается как количественным, так и качественным изменениям. Поэтому исследования особенностей формирования морфологических частей туши и внутренних органов животных даёт возможность овладеть этими процессами и целенаправленно управлять ими [5, 7-9].

Широкое использование кормовых добавок отечественного производства в отрасли овцеводства позволили повысить рентабельность производства и качество получаемой баранины. Одной из отечественных добавок для животноводства является «БЕТА-ФЛОРА» – побочный продукт, полученный при высокотемпературной обработке отхода сахарного производства – мелассы.

Целью наших исследований стало изучение особенностей формирования интерьерно-мясных качеств баранчиков эдильбаевской породы при скормливании им кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА».

Материал и методы. Экспериментальные исследования по использованию новой кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА» в рационах молодняка эдильбаевской породы при их интенсивном откорме проведены в условиях КФХ Абдулхаликова М. А. Светлоярского района Волгоградской области.

Для научно-производственного опыта были скомплектованы две группы баранчиков 8-месячного возраста, по 15 голов в каждой. Подбор животных в группы осуществляли по методу сбалансированных групп (А. И. Овчинников, 1976). Баранчики контрольной группы получали основной рацион (ОР), а их сверстники опытной группы ОР+20,0 кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА». Скармливание кормовой добавки производили в смеси с концентратами.

В состав основного рациона входило: сено – суданковое – 1,0 кг, зерно пшеницы – 0,4 кг, зерно ячменя – 0,5 кг. Энергетическая питательность рациона баранчиков контрольной группы составила 1,82, опытной 1,84, переваримого протеина 171,9 и 173,1 г соответственно. Обеспеченность 1 ЭКЕ переваримым протеином составила в контрольной группе 94,45 г., в опытной – 94,08 г.

Научно-хозяйственный опыт включал следующие периоды: подготовительный – предусматривал окончательное формирование групп, переходный – приучение опытных животных к кормовой добавке от 5,0 г до 20 г., главный – скармливание полной дозы «БЕТА-ФЛОРА» – 20 г., заключительный – изучение остаточного действия кормовой добавки.

Температуру тела измеряли в прямой кишке с помощью термометра. Частоту дыхания у подопытных баранчиков определяли путем подсчета дыхательных движений в течение одной минуты. Частоту пульса определяли путем пальпации яремной вены.

Кровь для исследования морфологического и биохимического состава отбирали из яремной вены в соответствующие пробирки, предназначенные для этих целей: стерильные – для получения сыворотки и с коагулянтом – для исследования морфологии крови. Морфологический и биохимический состав крови был определен согласно общепринятым методикам зоотехнического анализа.

При определении химического состава мяса руководствовались соответствующими ГОСТами, массовая доля белка по ГОСТ 25011-2017, массовая доля жира по ГОСТ 23042-2015, массовая доля влаги ГОСТ 33319-2015, массовая доля общей золы ГОСТ 31727-2012.

Проведена дегустационная оценка по – ГОСТ 9959-2015 МЯСО И МЯСНЫЕ ПРОДУКТЫ. Общие условия проведения органолептической оценки.

Результаты и обсуждение. Кормовые добавки, применяемые в животноводстве, оказывают разностороннее влияние на интенсивность физиологических процессов, протекающих в организме. Положительный эффект, получаемый от применения кормовых добавок, заключается в повышении уровня продуктивности и изменении качественных показателей производимой продукции. При оценке уровня влияния кормовой добавки на интенсивность обменных процессов особый интерес представляет изучение интерьерных показателей овец, в сочетании с оценкой качественных показателей производимой продукции.

В наших исследованиях дана оценка клинических, гематологических и интерьерно-мясных качеств овец получавший новую кормовую добавку – «БЕТА-ФЛОРА». Клинические показатели исследований отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Клинические параметры баранчиков (n=3)

Table 1 – Clinical parameters of sheep (n=3)

Показатель / Index		Группа / Group	
		Контрольная / Control	Опытная / Experimental
Температура тела, °C / Body temperature, °C	в начале опыта / At the beginning of the experiment	38,7±0,06	38,8±0,07
	в середине опыта / in the middle of the experiment	38,9±0,06	39,0±0,07
	в конце опыта / At the end of the experiment	38,6±0,06	38,7±0,07
Частота дыхания в 1 мин. / Respiratory rate per 1 min	в начале опыта / At the beginning of the experiment	18,0±0,05	19,0±0,06
	в середине опыта / in the middle of the experiment	19,0±0,06	20,0±0,07
	в конце опыта / At the end of the experiment	17,0±0,05	18,0±0,06
Частота пульса в 1 мин. / Pulse rate in 1 min	в начале опыта / At the beginning of the experiment	72,0±0,04	73,0±0,05
	в середине опыта / in the middle of the experiment	74,0±0,05	75,0±0,06
	в конце опыта / At the end of the experiment	72,0±0,06	74,0±0,07

Достоверной разницы в клинических показателях в сравниваемых группах не установлено, но у опытных баранчиков отмечено повышение средней температуры на 2,84 %, среднего показателя частоты дыхания на 5,55 % и частоты пульса на 1,83 % по сравнению с контрольными сверстниками, что констатирует интенсивность основных функциональных процессов в организме опытных животных. Гематологические показатели животных в эксперименте отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Гематологические показатели подопытных баранчиков (n=3)

Table 2 – Hematological parameters of experimental sheep (n=3)

Показатель / Index	Группа / Group	
	Контрольная / Control	Опытная / Experimental
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	97,50±3,75	99,00±5,20
Эритроциты, 10 ¹² /л / Erythrocytes, 10 ¹² /l	9,22±0,23	9,58±0,56
Лейкоциты, 10 ⁹ /л / Leukocytes, 10 ⁹ /l	6,94±0,46	7,05±0,45
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	71,06±0,92	71,70±0,88
Альбумины, г/л / Albumins, g/l	28,02±1,94	28,43±1,99
Глобулины г/л / Globulins g/l	43,04±1,30	43,27±1,32
Альбумино (глобулиновый индекс (А/Г)) / Albuminoes (Globulin Index (A/G))	0,661	0,665
Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/l	0,27±0,01	0,28±0,01
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l	1,60±0,14	1,78±0,20

Гематологические показатели животных в эксперименте находились в пределах физиологической нормы. Достоверной разницы в сравниваемых группах по гематологическим показателям не установлено. Однако практически все показатели у опытных животных были выше, чем у контрольных: содержание гемоглобина – на 1,54 %, эритроцитов – на 3,90 %, лейкоцитов – на 1,58 %, общего белка – на 0,90 % в том числе альбуминов – на 1,46 %, глобулинов – на 0,53 %, кальция – на 3,70 %, фосфора – на 11,25 %.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что кормовая добавка «БЕТА-ФЛОРА» в рационах баранчиков опытной группы способствует нормализации состава крови и, как следствие, оптимизирует окислительно-восстановительные процессы в организме и положительно влияет на продуктивность.

В ходе контрольного убоя изучали абсолютную и относительную массу внутренних органов подопытных баранчиков (таблица 3).

Таблица 3 – Абсолютная и относительная масса внутренних органов баранчиков (n=3)

Table 3 – Absolute and relative mass of internal organs of sheep (n=3)

Показатель / Index	Ед.изм. / Unit	Группа / Group	
		Контрольная / Control	Опытная / Experimental
Предубойная масса / Pre-slaughter weight	кг / Kg	56,10±0,59	58,60±0,61*
Кровь / Blood	г / G	2108,67±34,59	2236±17,38*
	%	3,76	3,82
Легкие / Lungs	г / G	708,53±17,35	768,00
	%	1,26	1,31
Сердце / Heart	г / G	254,00±11,41	258,17
	%	0,45	0,48
Печень / Liver	г / G	1044,67±20,46	1144,50±36,08
	%	1,86	1,95
Почки / Kidneys	г / G	185,33±7,22	204,47±4,36
	%	0,33	0,35
Селезенка / Spleen	г / G	73,20±2,95	82,00±3,33
	%	0,13	0,14

Практически по всем показателям массы внутренних органов животные опытной группы превосходили сверстников контрольной группы: по массе крови – на 6,05 %, по массе легких – на 8,39 %, по массе сердца – на 1,64 %, по массе печени – на 9,56 %, по массе почек – на 10,32 % и по массе селезенки – на 12,02 %. Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА» в рационах молодняка овец эдильбаевской породы способствует лучшему развитию внутренних органов, что в конечном итоге положительно влияет на продуктивность.

Результаты химического анализа средней пробы мяса подопытных баранчиков отражены в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав мяса подопытных баранчиков (n=3)

Table 4 – Chemical composition of experimental sheep meat (n=3)

Показатель / Index	Группа / Group	
	Контрольная / Control	Опытная / Experimental
Массовая доля сухого вещества, % / Mass fraction of dry matter, %	28,40±0,21	29,00±0,20
Массовая доля влаги, % / Mass fraction of moisture, %	71,60±0,20	71,0±0,21
Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %	21,22±0,21	21,58±0,22
Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %	6,11±0,13	6,34±0,14
Массовая доля общей золы, % / Mass fraction of total ash, %	1,07±0,1	1,08±0,02

Полученные в ходе анализа данные показывают, что по качественным показателям мясо контрольных и опытных баранчиков существенно не различается. Следовательно, использование кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА» не оказало отрицательного влияния на химический состав мяса опытных животных.

Для оценки белково-качественного показателя проведены лабораторные исследования по определению содержания в мясе аминокислот триптофана и оксипролина. Результаты анализов отражены в таблице 5.

Таблица 5 – Белковая полноценность мяса подопытных баранчиков

Table 5 – Protein value of experimental sheep meat

Показатель / Index	Группа / Group	
	Контрольная / Control	Опытная / Experimental
Триптофан, мг% / Tryptophan, mg%	281,30±2,58	381,40±2,84
Оксипролин, мг % / Oxypoline, mg %	87,91±1,45	85,27±1,53
Белково-качественный показатель (БКП) / Protein Quality Indicator (BCP)	3,20	3,30

Содержание триптофана в мясе баранчиков опытной группы составило 381,4 % мг, что на 100,10 % мг достоверно выше ($P<0,01$) по сравнению с аналогичным показателем у контрольных сверстников. По содержанию оксипролина в мясе контрольные баранчики превосходили опытных на 2,64 % мг, однако эта разница была недостоверной.

Белково-качественный показатель у баранчиков обеих групп колебался от 3,20 до 3,30, что свидетельствует о том, что использование кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА» в рационах животных не оказало отрицательного влияния на качество мяса.

Результаты дегустационной оценки вареного мяса баранчиков представлены в таблице 6.

Результаты дегустационной оценки качества вареного мяса баранчиков свидетельствует, что разница по изучаемым показателям у сравниваемых групп животных была не достоверной. Следовательно, используемая в рационах кормовая добавка «БЕТА-ФЛОРА» не ухудшила качество мяса.

Таблица 6 – Дегустационная оценка вареного мяса подопытных баранчиков, балл (n=3)

Table 6 – Tasting assessment of boiled meat of experimental sheep, score (n=3)

Показатель / Index	Группа / Group	
	Контрольная / Control	Опытная / Experimental
Внешний вид / Appearance	4,24±0,12	4,31±0,13
Запах (аромат) / Smell (aroma)	4,19±0,09	4,26±0,09
Вкус / Taste	4,28±0,11	4,34±0,15
Нежность / Tenderness	4,35±0,12	4,40±0,16
Сочность / Juiciness	4,40±0,08	4,38±0,09
Средний балл / GPA	4,29	4,34

Дегустационная оценка вареного мяса подопытных баранчиков не имела существенной разницы, хотя средний балл у опытных животных был несколько выше на 0,05 баллов.

Заключение. Результаты проведенных исследований по изучению влияния кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА» на интерьерно-мясные качества баранчиков эдильбаевской породы при интенсивном откорме указывают на качественный характер изменений клинических, гематологических показателей, а также абсолютной и относительной массы внутренних органов баранчиков. Химический состав мяса и дегустационная оценка не выявила отрицательного влияния от применения кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА» в рационах кормления баранчиков эдильбаевской породы.

Conclusions. The results of studies conducted to study the effect of the BETA-FLORA feed additive on the interior meat qualities of Edilbaevsky sheep during intensive fattening indicate the qualitative nature of the clinical, hematological parameters, as well as the absolute and relative mass of the internal organs of sheep. The chemical composition of the meat and the tasting assessment did not reveal any negative effects from the use of the BETA-FLORA feed additive in the feeding diets of the Edilbaevsky sheep breed.

Библиографический список

1. Абдулхаликов А. М. Использование кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА» в рационах молодняка грубошёрстных овец мясо-сального направления продуктивности. Материалы XXVII Региональной конференции молодых ученых и исследователей Волгоградской области. Волгоград, 2023. С. 100-101.
2. Арилов А. Н., Юлдашбаев Ю. А., Абдулмуслимов А. М., Чылбак-оол С. О., Магомадов Т. А. Влияние кормовой добавки «Энервит» на мясную продуктивность баранчиков дагестанской горной породы. Зоотехния. 2022. № 10. С. 11-14.
3. Арылов А. Н., Мерчиева С. А., Арылов Ю. Н., Алигазиева П. А. Влияние кормовой добавки «Ветбиовит» на живую массу и мясную продуктивность баранчиков каракульской породы овец в условиях СПК «Эрдниевский». Проблемы развития АПК региона. 2021. № 4 (48). С. 143-146.
4. Болаев Б. К., Кедеева О. Ш., Амуров А. Д., Сумьянов А. О. Эффективность использования ПКД «Бета-цинол» при выращивании и откорме баранчиков КФХ «АРЛ» Яшкульского района республики Калмыкия. Сельское хозяйство и экосистемы в современном мире: региональные и межстрановые исследования. 2024. Т. 3. № 1. С. 18-24.
5. Гогаев О. К., Демурова А. Р., Икоева Б. К., Икоева Д. К., Гутиева Л. Н. Абсолютная и относительная масса внутренних органов подопытных баранчиков тушинской породы, при использовании в кормлении разных форм йода. Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 3-1 (93). С. 64-67.
6. Горлов И. Ф., Брехова С. А. Развитие животноводства в агроэкологических условиях юга России: анализ основных направлений и полученных результатов. Аграрно-пищевые инновации. 2024. № 1 (25). С. 9-35.
7. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Магомадов Т. А., Юлдашбаева А. Ю., Шахбазова О. П., Раджабов Р. Г. Хозяйственно-биологические особенности баранчиков, полученных от скрещивания овцематок эдильбаевской породы с дорпером. Российская сельскохозяйственная наука. 2024. № 5. С. 41-44.
8. Колосов Ю. А., Дегтярь А. С., Губанов И. С., Курус Р. И. Некоторые биологические характеристики помесных овец. Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2021. № 24-2. С. 286-291.
9. Погодаев В. А., Арилов А. Н., Сергеева Н. В., Алигазиева П. А. Интерьерные особенности овец, полученных от скрещивания пород калмыцкая курдючная и дорпер в условиях аридной зоны Калмыкии. Проблемы развития АПК региона. 2021. № 3 (47). С. 123-127.
10. Светлов В. В., Молчанов А. В., Сазонова И. А., Козин А. Н., Сазонова С. О. Интерьерные особенности баранчиков эдильбаевской породы при использовании в рационе кормовых добавок, обогащенных эссенциальными микроэлементами. Аграрная наука - 2022. Материалы Всероссийской конференции молодых исследователей. 2022. С. 12-16.
11. Церенов И. В., Николаев Д. В., Пономарев В. В., Суркова С. А., Громова А. О. Эффективность лактулозосодержащей добавки при выращивании баранчиков. Аграрно-пищевые инновации. 2024. № 2 (26). С. 27-36.
12. Шперов А. С., Чамурлиев Н. Г., Мосолов А. А., Абдулхаликов А. М. Весовой рост и убойные качества баранчиков эдильбаевской породы при использовании в рационах кормления кормовой добавки «ЛАКТУВЕТ-1». Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 5 (77). С. 263-270.
13. Шперов А. С., Чамурлиев Н. Г., Ряднов А. А., Горлов И. Ф., Мосолов А. А., Кошаев А. Г. Влияние кормовой добавки «Кумелакт-1» на весовой рост и убойные качества баранчиков эдильбаевской породы. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 112. С. 276-282.
14. Шперов А. С., Чамурлиев Н. Г., Чекунова А. Л. Продуктивные качества молодняка овец при использовании новой кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА». Аграрно-пищевые инновации. 2024. № 1 (25). С. 45-53.

References

1. Abdulkhalikov A. M. The use of BETA-FLORA feed additive in the diets of young coarse-haired sheep of meat and sebaceous production. Proceedings of the XXVII Regional Conference of Young Scientists and Researchers of the Volgograd region. Volgograd, 2023. Pp. 100-101.
2. Arilov A. N., Yuldashbaev Yu. A., Abdulmuslimov A. M., Chylbak-ool S. O., Magomadov T. A. The effect of the feed additive "Enervit" on the meat productivity of sheep of Dagestan rock. Zootechny. 2022. No. 10. Pp. 11-14.
3. Arylov A. N., Merchieva S. A., Arylov Yu. N., Aligazieva P. A. The effect of the feed additive "Vetbiovit" on the live weight and meat productivity of Karakul sheep in the conditions of SEC "Erdnievsky". Problems of agro-industrial complex development in the region. 2021. No. 4 (48). Pp. 143-146.
4. Bolaev B. K., Kedeeva O. Sh., Amurov A. D., Sumyanov A. O. The effectiveness of using Betacinol PKD in the cultivation and fattening of sheep farms "ARL" Yashkuly district of the Republic of Kalmykia. Agriculture and ecosystems in the modern world: regional and cross-country studies. 2024. Vol. 3. No. 1. Pp. 18-24.

5. Gogaev O. K., Demurova A. R., Ikoeva B. K., Ikoeva D. K., Gutieva L. N. The absolute and relative mass of the internal organs of experimental sheep of the Tushino breed, when used in feeding different forms of iodine. *International Scientific Research Journal*. 2020. No. 3-1 (93). Pp. 64-67.
6. Gorlov I. F., Brekhova S. A. Development of animal husbandry in the agroecological conditions of southern Russia: analysis of the main directions and the results of Agricultural and food innovations. 2024. No. 1 (25). Pp. 9-35.
7. Gorlov I. F., Skladenkina M. I., Magomadov T. A., Yuldashbayeva A. Yu., Shakhbazova O. P., Radzhabov R. G. Economic and biological features of sheep obtained from crossing sheep of the Edilbaevsky breed with Dorper. *Russian agricultural science*. 2024. No. 5. Pp. 41-44.
8. Kolosov Yu. A., Degtyar A. S., Gubanov I. S., Kurus R. I. Some biological characteristics of mixed sheep. *Actual problems of intensive development of animal husbandry*. 2021. No. 24-2. Pp. 286-291.
9. Pogodaev V. A., Arilov A. N., Sergeeva N. V., Aligazieva P. A. Interior features of sheep obtained from crossing the Kalmyk kurdyuchnaya and Dorper breeds in the conditions of the arid zone of Kalmykia. *Problems of the development of the agroindustrial complex of the region*. 2021. No. 3 (47). Pp. 123-127.
10. Svetlov V. V., Molchanov A. V., Sazonova I. A., Kozin A. N., Sazonova S. O. Interior features of sheep of the Edilbaev breed when using feed additives enriched with essential trace elements in the diet. *Agrarian science - 2022. Materials of the All-Russian Conference of Young Researchers*. 2022. Pp. 12-16.
11. Tserenov I. V., Nikolaev D. V., Ponomarev V. V., Surkova S. A., Gromova A. O. Effectiveness of lactose-containing additives in sheep farming *Agricultural and food innovations*. 2024. No. 2 (26). Pp. 27-36.
12. Shperov A. S., Chamurliov N. G., Mosolov A. A., Abdulkhalikov A. M. Weight growth and slaughter qualities of sheep of the Edilbaev breed when using the feed additive "LACTUVET-1" in feeding diets. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and higher professional education*. 2024. No. 5 (77). Pp. 263-270.
13. Shperov A. S., Chamurliov N. G., Ryadnov A. A., Gorlov I. F., Mosolov A. A., Koshchaev A. G. The effect of the feed additive "Kumelact-1" on weight growth and slaughter qualities of sheep of the Edilbaev breed. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2024. No. 112. Pp. 276-282.
14. Shperov A. S., Chamurliov N. G., Chekunova A. L. Productive qualities of young sheep using the new feed additive BETA-FLORA. *Agricultural and food innovations*. 2024. No. 1 (25). Pp. 45-53.

Информация об авторах

Шперов Александр Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: shperov2011@mail.ru

Чамурлиев Нодари Георгиевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: zootexnia@mail.ru

Абдулхаликов Абдулла Махмудович, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: zootexnia@mail.ru

Authors' Information

Shperov Aleksander Sergeevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: shperov2011@mail.ru

Chamurliov Nodari Georgievich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: zootexnia@mail.ru

Abdulkhalikov Abdulla Makhmudovich, postgraduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: zootexnia@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-44

THE PRODUCTIVITY AND MILK QUALITY OF THE RED-AND-WHITE COWS BREEDS IN THE CONDITIONS OF REGIONAL ADAPTATION

^{1,2}Gorlov I. F., ¹Antipova T. A., ¹Mosolov A. A., ³Lukonina O. N., ¹Kudryashova O. V.,
¹Anisimova E. Y., ¹Vorontsova E. S., ²Mosolova E. A.

¹*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production
Volgograd, Russian Federation*

²*Volgograd State Technical University
Volgograd, Russian Federation*

³*All-Russian Scientific Research Institute of Breeding
Lesnye Polyany, Moscow region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 18.07.2025

Submitted 20.08.2025

The work was carried out under the grant of RNF 22-16-00041-P.

Abstract

Introduction. The development of dairy cattle breeding in various climatic conditions of the Russian Federation provides a real basis for regional industrial food production. Purposeful work in each specific region to create highly productive cattle breeds while preserving and improving existing ones is one of the main tasks of livestock breeders. The best example in this case is the red-mottled cow breed, which is widespread in the regions of the Russian Federation. Various natural and climatic conditions have a significant impact on the living conditions of animals. This determines the different levels of productivity of animals and the quality of the raw materials obtained. In this regard, conducting scientific research characterizing the level of animal productivity and milk quality in various natural and climatic conditions is especially relevant today.

Materials and methods. The analysis of data from reports on the results of appraisal in dairy cattle breeding (for 2024, VNIIPlem) and data from the laboratory of "Selection control of milk quality" of the State Scientific Institution Research Institute of Milk and Milk Products (certificate of registration in the state register under the Ministry of Agriculture of Russia No. 499 dated 04.08.2022) was carried out. Data from six districts of the Russian Federation were taken into account: Central, Southern, Volga, Ural, Siberian, Far Eastern. The experimental groups of animals were formed into six groups based on the principle of analogues, with 10 heads in each. The animals were kept in conditions standard for each farm. Milk productivity and quality indicators of raw milk were determined using standard control methods. **Results and conclusion.** The results of comparative studies of milk productivity and the quality of raw milk from red-spotted cows in six federal districts allowed us to identify differences in the achieved indicators. The highest productivity at the level of 8589 kg, the mass fraction of fat – 4.22 %, protein – 3.52 % were established in the Ural Federal District. When estimating the live weight of cows, it was found that animals in the Ural and Central Federal Districts had the highest values (606 and 576 kg). The highest milk production rate was recorded in the Central and Volga Federal Districts, where this indicator was 1465 kg and 1463 kg. The differences in the values of the studied indicators are obviously explained by the peculiarities of the natural and climatic conditions of the Federal Districts and the adaptability of animals to this situation.

Keywords: milk productivity of cows, quality of cows' milk, live weight of cows, milk production rate of cows, red-and-white breed of cows, conditions of cows.

Citation. Gorlov I. F., Antipova T. A., Mosolov A. A., Lukonina O. N., Kudryashova O. V., Anisimova E. Y., Vorontsova E. S., Mosolova E. A. The productivity and milk quality of the red-and-white cows breeds in the conditions of regional adaptation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 418-425 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-44.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the research and analysis of the results. All the authors of this article have reviewed the submitted final version and approved it.

Conflict of interests. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 636.2.034+637.12.04/.07

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО МОЛОКА КОРОВ КРАСНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ В УСЛОВИЯХ РЕГИОНАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ

^{1,2} Горлов И. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

¹ Антипова Т. А., доктор биологических наук

¹ Мосолов А. А., доктор биологических наук, главный научный сотрудник

³ Луконина О. Н., кандидат сельскохозяйственных наук

¹ Кудряшова О. В., кандидат биологических наук

¹ Анисимова Е. Ю., кандидат биологических наук

¹ Воронцова Е. С., кандидат биологических наук

² Мосолова Е. А., студент

¹ ФБГНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции»
г. Волгоград, Российская Федерация

² Волгоградский государственный технический университет
г. Волгоград, Российская Федерация

³ ФБГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела
Лесные Поляны, Московская область, Российская Федерация

Работа выполнена в рамках гранта РНФ 22-16-00041-П.

Актуальность. Развитие молочного скотоводства в различных климатических условиях Российской Федерации обеспечивает реальную основу регионального промышленного производства пищевой продукции. Целенаправленная работа в каждом конкретном регионе по созданию высокопродуктивных пород крупного рогатого скота с сохранением и совершенствованием существующих, является одной из основных задач животноводов. Наилучшим примером в данном случае является красно-пестрая порода коров, широко распространенная в регионах РФ. Различные природно-климатические условия оказывают существенное влияние на условия жизнеобеспечения животных. Это обуславливает различный уровень продуктивности животных и качественные показатели получаемого сырья, в связи с чем проведение научных исследований, характеризующих уровень продуктивности животных и качество молока в различных природно-климатических условиях, на сегодня особенно актуально. **Материалы и методы.** Проведен анализ данных отчетов об итогах бонитировки в молочном скотоводстве (за 2024 г., ВНИИПлем) и данных лаборатории «Селекционного контроля качества молока» ГНУ НИИММП (свид. о регистрации в государственном реестре при министерстве сельского хозяйства России № 499 от 04.08.2022 г.). Учитывались данные шести округов РФ: Центральный, Южный, Приволжский, Уральский, Сибирский, Дальневосточный. Формирование

экспериментальных групп животных осуществлялось в шесть групп по принципу аналогов по 10 голов в каждой. Животные содержались в стандартных для каждого хозяйства условиях. Молочную продуктивность и показатели качества сырого молока определяли с использованием стандартных методов контроля. **Результаты и заключение.** Результаты сравнительных исследований молочной продуктивности и качества молока-сырья коров красно-пестрой породы по шести федеральным округам позволили установить различия в достигнутых показателях. Наибольшая продуктивность на уровне 8589 кг, массовая доля жира – 4,22 %, белка – 3,52 %, установлены в Уральском федеральном округе. При оценке живой массы коров установлено, что наибольший показатель имели животные в Уральском и Центральном федеральных округах (606 и 576 кг). Наибольший коэффициент молочности отмечен в Центральном и Приволжском федеральных округах, в которых данный показатель составил 1465 кг и 1463 кг. Различия значений в исследуемых показателях, очевидно, объясняются особенностью природно-климатических условий Федеральных округов и приспособленностью животных к данной ситуации.

Ключевые слова: молочная продуктивность коров, качество молока коров, живая масса коров, коэффициент молочности, красно-пестрая порода коров, условия содержания коров.

Цитирование. Горлов И. Ф., Антипова Т. А., Мосолов А. А., Луконина О. Н., Кудряшова О. В., Анисимова Е. Ю., Воронцова Е. С., Мосолова Е. А. Продуктивность и качество молока коров красно-пестрой породы в условиях региональной адаптации. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 418-425. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-44.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в выполнении исследований и анализе полученных результатов. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Развитие молочного скотоводства в различных климатических условиях Российской Федерации обеспечивает реальную основу промышленного производства пищевой продукции, конкурентоспособной в условиях внутреннего рынка и дает возможность выхода на внешний рынок. Одной из основных задач в данных условиях является систематическая целенаправленная работа в каждом конкретном регионе по созданию высокопродуктивных пород крупного рогатого скота с сохранением и совершенствованием существующих [1].

Наилучшим примером в данном случае является красно-пестрая порода коров, выведенная путем скрещивания симментальского и красно-пестрого голштинского скота, обладающая высокими показателями молочной продуктивности и качества получаемого сырья. Данная порода является генетически молодой. При ее совершенствовании основной задачей было объединение наследственных племенных, продуктивных качеств животных по тем признакам, которые соответствуют требованиям и направлению продуктивности породы [2-5]. С учетом высоких показателей адаптации она достаточно быстро распространилась во многих регионах РФ. Ее разводят в Центральном, Южном, Приволжском, Уральском, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах, что свидетельствует о ее жизнеспособности в определенных природно-климатических условиях. Высокая разница в показателях температуры, влажности, длительности светового дня могут служить серьезными проблемами для обеспечения нормальных жизненных условий животного. Особенно негативное влияние оказывают экстремальные зоны с жарким климатом [6].

Это во многом обуславливает различный уровень продуктивности животных и качественные показатели получаемого сырья, определяемые наследственностью и условиями внешней среды [7, 8, 9].

Для получения высоких показателей по молочной продуктивности к животным предъявляются особые требования, такие как устойчивость к различным заболеваниям, конституционная крепость, приспособленность к машинному доению и др. Таким требованиям соответствуют многие молочные и комбинированные породы, разводимые в нашей стране, к числу которых относится красно-пестрая [10, 11, 12].

Современные технологии промышленной переработки молока основываются на использовании сырья, имеющего высокие показатели качества и безопасности. Исследования, характеризующие уровень продуктивности в различных природно-климатических условиях, на сегодня являются предметом научных многочисленных изысканий.

Целью работы является исследование продуктивности и качественных показателей молока коров красно-пестрой породы в различных природно-климатических условиях.

Материалы и методы. Проведен анализ данных отчетов об итогах бонитировки в молочном скотоводстве (за 2024 г., ВНИИПлем) и данных лаборатории «Селекционного контроля качества молока» ГНУ НИИММП (свид. о регистрации в государственном реестре при министерстве сельского хозяйства России № 499 от 04.08.2022 г.). Учитывались данные шести округов РФ: Центральный, Южный, Приволжский, Уральский, Сибирский, Дальневосточный. Для исследований сформированы шесть групп коров (по 10 голов в каждой группе) красно-пестрой породы: в первую группу включены животные Центрального федерального округа; во вторую – Южного; в третью – Приволжского; в четвертую – Уральского; в пятую – Сибирского; в шестую – Дальневосточного.

Оценивалась молочная продуктивность животных и качественные показатели получаемого молока: жир, белок, лактоза, СОМО, сухие вещества, зола, титруемая кислотность, плотность, точка замерзания, соматические клетки. Молочную продуктивность подопытных животных регистрировали индивидуально от каждой коровы один раз в декаду по результатам контрольных доек.

Исследования качественных показателей молока проводились в лаборатории ГНУ НИИММП, а также в других аккредитованных лабораториях. Определение массовой доли жира проводили по ГОСТ 5867-90; белка – по ГОСТ 25179-2014; лактозы – по ГОСТ 34304-2017; сухих веществ – по ГОСТ Р 54668-2011; СОМО – расчетным методом; титруемой кислотности – по ГОСТ Р 54669-2011; плотности – по ГОСТ 52054-2003; золы – по ГОСТ Р 51463-99; точки замерзания – по ГОСТ 25101-2015.

Обработку данных, полученных в исследованиях, проводили с помощью программы «Excel» офисного пакета Microsoft Office («Microsoft», США).

Результаты исследований. Результаты сравнительных исследований молочной продуктивности и качества молока-сырья коров красно-пестрой породы по различным округам РФ позволили установить различия в достигнутых показателях (рисунки 1 и 2).

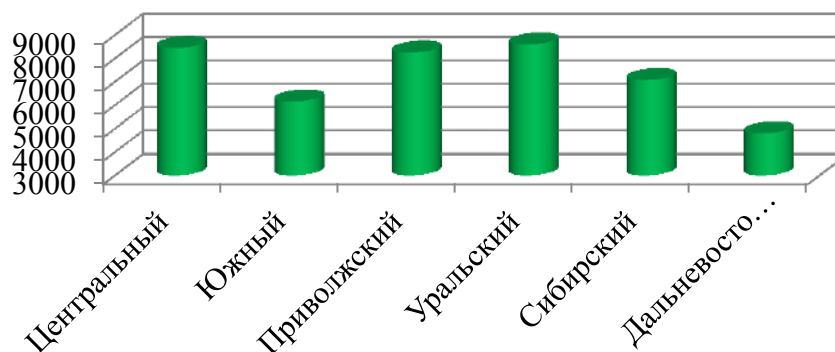


Рисунок 1 – Молочная продуктивность коров красно-пестрой породы по федеральным округам РФ, кг
Figure 1 – Milk productivity of red-mottled cows in the federal districts of the Russian Federation, kg

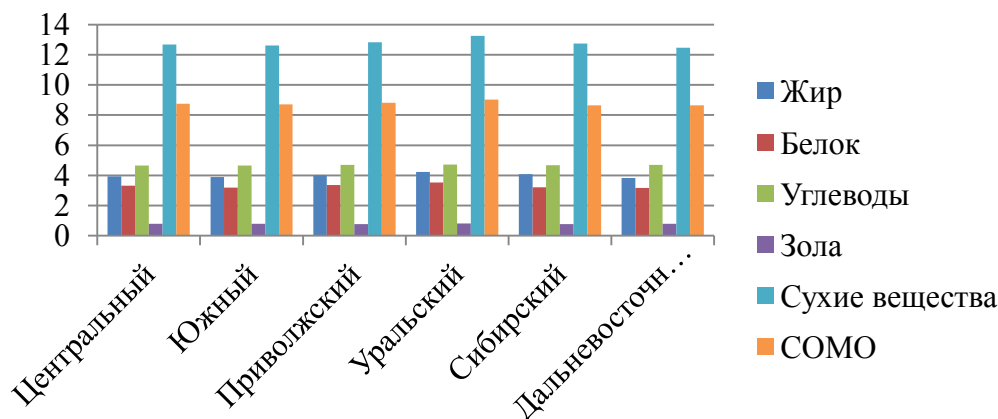


Рисунок 2 – Физико-химические показатели молока коров красно-пестрой породы по федеральным округам РФ, %
Figure 2 – Physical and chemical parameters of milk of red-mottled cows in the federal districts of the Russian Federation, %

Анализ полученных данных по продуктивности показывает значительную разницу по округам. Наивысшее значение (8589 кг) установлено в Уральском федеральном округе, наименьшее (4794 кг) – в Дальневосточном. Аналогичная тенденция прослеживается и по физико-химическим показателям. Так, массовая доля жира, находящаяся в пределах 3,82-4,22 %, имеет максимальный показатель в Уральском федеральном округе, минимальный (3,82 %) – в Дальневосточном. С учетом требований ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия» установленная массовая доля жира должна быть не менее 2,8 %, при этом базисной жирностью считается значение 3,4 %, в связи с чем следует отметить, что все исследуемые образцы соответствуют требованиям стандарта на молоко-сырье, используемое для переработки на пищевые продукты.

Молоко, полученное от коров в различных регионах, имело отличия по содержанию белка. Преобладающим является показатель в Уральском федеральном округе, составляющий 3,52 %, что на 0,35 % выше, чем данный показатель в Дальневосточном федеральном округе. Полученные результаты подтверждают соответствие данного показателя в молоке требованиям ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия», в соответствии с которым массовая доля белка установлена на уровне не менее 2,8 %, а за базисное значение принят показатель – 3,0 %.

Оценка показателя «массовая доля углеводов» исследуемого молока показала, что диапазон изменения содержания лактозы во всех исследуемых пробах составляет 4,65-4,71 %, что соответствует среднему значению, характерному для коровьего молока.

По совокупности физико-химических показателей массовая доля сухих веществ в молоке коров красно-пестрой породы в различных округах варьировала от 12,66 до 12,81 %. Во всех пробах молока содержание СОМО составило 8,65-9,03 %, что является свидетельством натуральности молока.

За исследуемый период времени технологические показатели: плотность и титруемая кислотность молока соответствовали требованиям ГОСТ 31449-2013. Плотность всех образцов молока находилась в пределах от 1028 до 1031 кг/м³; кислотность 17,7 – 19,2 °Т.

К важным показателями качества молока относятся температура (точка) замерзания – как один из факторов его фальсификации и количество соматических клеток, являющееся показателем здоровья животного. В наших исследованиях температура замерзания молока в среднем составила минус 0,535 °С; количество соматических клеток – 370 тыс./см³. Молоко, имеющее такие показатели, полностью отвечает требованиям ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия», в котором плотность должна быть не менее 1027 кг/м³, кислотность 16-21 °Т; СОМО – не менее 8,0 %; температура замерзания должна быть «не выше минус 0,520», а количество соматических клеток в 1 см³ – не более 4,0·10⁵.

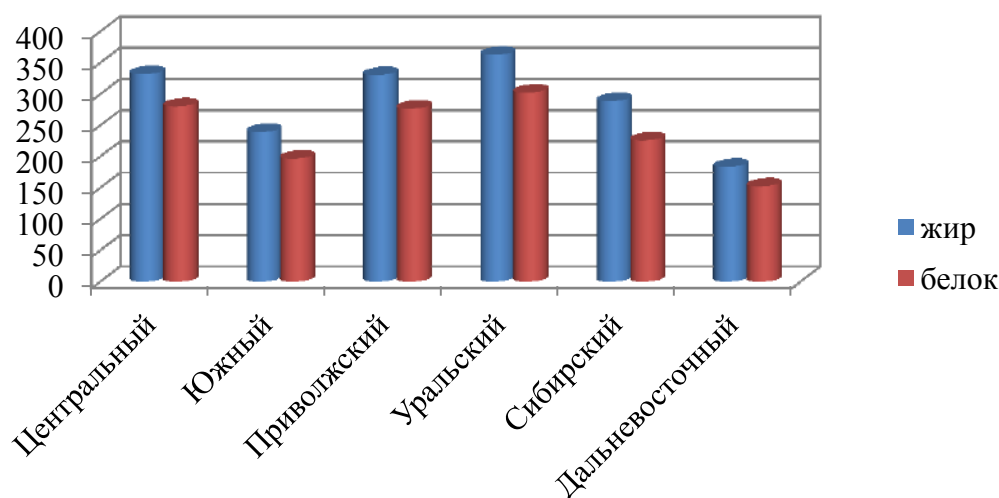


Рисунок 3 – Количество молочного жира и молочного белка, полученного от животных, кг
Figure 3 – Amount of milk fat and milk protein obtained from animals, kg

Взаимосвязь показателей молочной продуктивности, массовая доля жира и белка определяет выход данных компонентов: молочного жира и молочного белка. Расчетные показатели количества полученного молочного жира и белка показывают, что за исследуемый период времени наибольшие значения были установлены у коров в Уральском федеральном округе, наименьшие – в Дальневосточном. Разница в достигнутых показателях составила: по жиру 147,2 кг (98,0 %); по белку – 150,3 кг (98,9 %), что, очевидно, объясняется особенностью природно-климатических условий данных округов и приспособленностью животных к данным условиям (рисунок 3).

Молочная продуктивность коров определенным образом взаимосвязана с живой массой животного. От более крупных коров при грамотно организованном сбалансированном питании получают и больше молока [11]. Результаты наших исследований показывают, что в Уральском и Центральном федеральных округах, в которых установлена максимальная живая масса коров (606 и 576 кг), получены и наивысшие удои (8589 и 8442 кг).

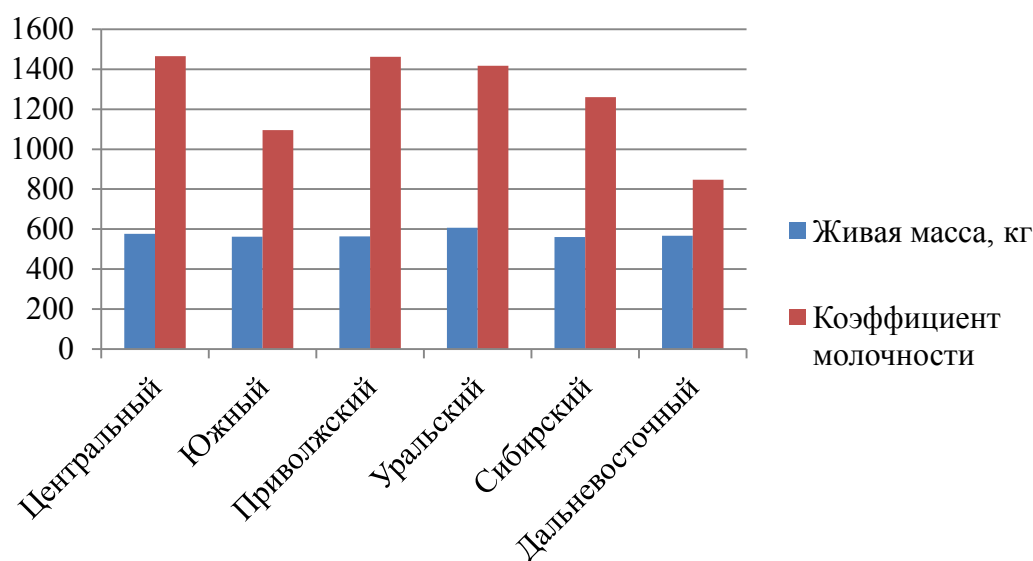


Рисунок 4 – Живая масса коров и коэффициент молочности
Figure 4 – Live weight of cows and the coefficient of milk production

Принятым в животноводстве показателем наряду с молочной продуктивностью и содержанием жира в молоке является коэффициент молочности, показывающий количество молока, производимого животными на 100 кг живой массы, и характеризующий эффективность оплаты корма молоком. Анализ полученных данных показывает, что все подопытные группы животных эффективно перерабатывают корм в молоко и, следовательно, приносят экономическую прибыль от их хозяйственного использования. Наиболее успешными в данном плане оказались Центральный и Приволжский федеральные округа (рисунок 4).

Переработка молока в регионах РФ имеет свои особенности, которые связаны с географическим местонахождением предприятия, использованием перспективных технологий и возможностью решения проблем отрасли. При этом ключевым моментом по-прежнему остается получение сырья высокого качества. Ассортимент молочной продукции, определяемый, как правило, спросом потребителей, нацеливает производителей сельхозпродукции наращивать не только объемы производства сырья, но и неуклонно повышать его качественные и технологические характеристики. Современные перерабатывающие предприятия, имеющие высокотехнологичное оборудование, способны выпускать продукцию гарантированного состава с высокими показателями качества и потребительских свойств при использовании молочного сырья с достаточно широким диапазоном показателей пищевой и биологической ценности.

Заключение. Результаты сравнительных исследований молочной продуктивности и качества молока-сырья коров красно-пестрой породы по шести федеральным округам позволили установить различия в достигнутых показателях. Анализ полученных данных по продуктивности показывает, что наивысшее значение (8589 кг) установлено в Уральском федеральном округе, наименьшее (4794 кг) – в Дальневосточном. Аналогичная тенденция прослеживается и по фи-

зико-химическим показателям. Максимальный показатель содержания жира (4,22 %) и белка (3,52 %) установлен в Уральском федеральном округе, минимальный (3,82 %) и (3,17 %), соответственно – в Дальневосточном. От животных в данных округах было получено максимальное и минимальное количество молочного жира и молочного белка. Разница в достигнутых показателях составила: по жиру 147,2 кг (98,0 %); по белку – 150,3 кг (98,9 %). При оценке живой массы коров установлено, что наибольший показатель имели животные в Уральском и Центральном федеральных округах (606 и 576 кг), в которых получены и наивысшие удои (8589 и 8442 кг). При расчете коэффициента молочности наиболее успешными оказались Центральный и Приволжский федеральные округа, в которых данный показатель составил 1465 кг и 1463 кг.

Различия значений в исследуемых показателях, очевидно, объясняется особенностью природно-климатических условий Федеральных округов и приспособленностью животных к данным ситуациям.

Conclusions. The results of comparative studies of milk productivity and the quality of raw milk from red-spotted cows in six federal districts allowed us to identify differences in the achieved indicators. An analysis of the obtained productivity data shows that the highest value of (8589 kg) was set in the Ural Federal District, the lowest (4794 kg) – in the Far East. A similar trend can be traced in terms of physical and chemical parameters. The maximum fat (4.22 %) and protein (3.52 %) content is set in the Ural Federal District, the minimum (3.82 %) and (3.17 %), respectively, in the Far East. The maximum and minimum amounts of milk fat and milk protein were obtained from animals in these districts. The difference in the achieved indicators was: in fat, 147.2 kg (98.0 %); in protein, 150.3 kg (98.9 %). When estimating the live weight of cows, it was found that animals in the Ural and Central Federal Districts (606 and 576 kg) had the highest yields (8589 and 8442 kg). The Central and Volga Federal Districts proved to be the most successful in calculating the milk production coefficient, where this indicator was 1465 kg and 1463 kg.

The differences in the values in the studied indicators are obviously explained by the peculiarity of the natural and climatic conditions of the Federal Districts and the adaptability of animals to these conditions.

Библиографический список

1. Паронян И. А. Возможности сохранения и совершенствования генофонда пород крупного рогатого скота отечественной селекции. Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 5. С. 63-66.
2. Лазарева К. Ю., Бабкова Н. М. Оценка молочной продуктивности коров красно-пестрой породы. Материалы XVI Всероссийской студенческой научной конференции. Красноярск, 2021. Том 1. Часть 1. С. 349-350.
3. Артемов Е. С., Бондаренко А. А., Востроилов А. В. Анализ генетического разнообразия красно-пестрой породы скота. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 9. С. 153-158.
4. Дунин И. М. и др. Программа селекции красно-пестрой породы молочного скота на период 2021-2030 гг. Лесные Поляны: ФГБНУ ВНИИплем, 2021. 92 с.
5. Катмаков П. С., Анисимова Е. И., Бушов А. В. Опыт селекционно-племенной работы с красно-пестрой породой скота. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2 (54). С. 193-199.
6. Мухтарова О. М. Эколого-адаптивные особенности молочной продуктивности коров голштинской породы в различных климатических поясах Российской Федерации. Вестник АПК Верхневолжья. 2025. № 1 (69). С. 30-37.
7. Хачкаева Э. И., Тлейншева М. Г., Вологирова Ф. А., Тарчоков Т. Т. Продуктивные особенности красно-пестрой породы различной заводской принадлежности. Научные известия. 2018. № 12. С. 15-19.
8. Скоркина И. А., Ламонов С. А., Ротов С. В. Хозяйственно-биологические особенности и технологические свойства молока и молочных продуктов красно-пестрой породы: монография. Мичуринск: Изд-во ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, 2020. 91 с.
9. Лефлер Т. Ф., Крашенинникова И. В. К вопросу о влиянии генотипа на продуктивные качества коров. Вестник КрасГАУ. 2022. № 5 (182). С. 170-176.
10. Бодрова С. В., Бабкова Н. М. Результаты оценки продуктивности коров красно-пестрой породы Енисейского типа. КРАСНИИЖ. Научное обеспечение животноводства Сибири: сборник научных статей по материалам IV Международной научно-практической конференции. Красноярск, 2020. С. 133-137.
11. Терентьева Н. А., Дунин И. М., Шичкин Г. И. Паратипические и генотипические факторы в оценке продуктивного долголетия коров красно-пестрой породы Красноярского края. Мясное и молочное скотоводство. 2022. № 6. С. 18-22.
12. Чернышева Т. В., Курчаева Е. В., Ламонов С. А., Скоркина И. А., Беспалова Н. С. Влияние линейной принадлежности коров красно-пестрой породы на молочную продуктивность и качество молока. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2024. № 2 (77). С. 142-148.
13. Кузякина Л. И. Влияние живой массы на молочную продуктивность и воспроизводительные функции коров-первотелок. Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2022. № 25-2. С. 94-102.

References

1. Paronyan I. A. Possibilities of Preservation and Improvement of the Gene Pool of Cattle Breeds of Domestic Breeding. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2018. V. 32. № 5. Pp. 63-66.
2. Lazareva K. Yu., Babkova N. M. Assessment of milk productivity of cows of the red-and-white breed. Proceedings of the XVI All-Russian Student Scientific Conference. Krasnoyarsk, 2021. V. 1. Part 1. Pp. 349-350.
3. Artemov E. S., Bondarenko A. A., Vostroilov A. V. Analysis of the genetic diversity of the red-and-white breed of cattle. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2023. № 9. Pp. 153-158.

4. Dunin I. M. et al. Selection Program of Red-and-White Dairy Cattle Breed for the Period 2021-2030 Lesnye Polyany, 2021. 92 p.
5. Katmakov P. S., Anisimova E. I., Bushov A. V. Experience of selection and breeding work with a red-and-white breed of cattle. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021. № 2 (54). Pp. 193-199.
6. Mukhtarova O. M. Ecological and adaptive features of milk productivity of Holstein cows in various climatic zones of the Russian Federation. Bulletin of the Agro-Industrial Complex of the Upper Volga. 2025. № 1 (69). Pp. 30-37.
7. Khachkaeva E. I., Tleinsheva M. G., Vologirova F. A., Tarchokov T. T. Productive Features of the Red-and-White Breed of Various Factory Affiliations. Scientific News. 2018. № 12. Pp. 15-19.
8. Skorkina I. A., Lamonov S. A., Rotov S. V. Economic and Biological Features and Technological Properties of Milk and Dairy Products of the Red-and-White Breed: Monograph. Michurinsk: Michurinsky State Agrarian University, 2020. 91 p.
9. Lefler T. F., Krashenninnikova I. V. On the Influence of Genotype on the Productive Qualities of Cows. Vestnik KrasGAU. 2022. № 5 (182). Pp. 170-176.
10. Bodrova S. V., Babkova N. M. Results of assessing the productivity of cows of the red-and-white breed of the Yenisei type. Scientific support of animal husbandry in Siberia: a collection of scientific articles based on the materials of the IV International Scientific and Practical Conference. Krasnoyarsk, 2020. Pp. 133-137.
11. Terentyeva N. A., Dunin I. M., Shichkin G. I. Paratypic and Genotypic Factors in the Assessment of Productive Longevity of Cows of the Red-and-White Breed of the Krasnoyarsk Territory. Meat and dairy cattle breeding. 2022. № 6. Pp. 18-22.
12. Chernysheva T. V., Kurchaeva E. V., Lamonov S. A., Skorkina I. A., Bespalova N. S. Influence of Linear Affiliation of Red-and-White Cows on Milk Productivity and Milk Quality. Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University. 2024. № 2 (77). Pp. 142-148.
13. Kuzyakina L. I. Influence of live weight on milk productivity and reproductive functions of first-calf cows. Actual problems of intensive development of animal husbandry. 2022. № 25-2. Pp. 94-102.

Информация об авторах

Горлов Иван Фёдорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (Российская Федерация, 400066, Волгоград, ул. Рокоссовского, 6); заведующий кафедрой, Волгоградский государственный технический университет (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. имени В. И. Ленина, 28), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>, e-mail: niimmp@mail.ru

Антипова Татьяна Алексеевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0002-0365-4806, e-mail: niimmp@mail.ru

Мосолов Александр Анатольевич, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (Российская Федерация, 400066, Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4927-7065>, e-mail: niimmp@mail.ru

Луконина Ольга Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ВРИО директора, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела» (Российская Федерация, 141212, Московская область, г. Пушкино, п. Лесные Поляны, ул. Ленина, 13), ORCID ID: 0009-0004-5369-6555, e-mail: o.n.lukonina@vniiplem.ru

Кудряшова Ольга Владимировна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6634-3685>, e-mail: niimmp@mail.ru

Анисимова Елена Юрьевна, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, 6), ORCID: 0000-0002-7508-3897, e-mail: elanis1009@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Мосолова Елизавета Александровна, студент, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28), ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3898-4439>, e-mail: niimmp@mail.ru

Authors' Information

Gorlov Ivan Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Supervisor, Volga Region Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovsky str., 6); Head of the Department, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>, e-mail: niimmp@mail.ru

Antipova Tatiana Alekseevna, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Volga Region Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0002-0365-4806, e-mail: niimmp@mail.ru

Mosolov Aleksander Anatolyevich, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Volga Region Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovsky str., 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4927-7065>, e-mail: niimmp@mail.ru

Lukonina Olga Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Acting Director of the All-Russian Scientific Research Institute of Breeding (Russian Federation, 141212, Moscow Region, Pushkino, Lenin Str., 13), ORCID ID: 0009-0004-5369-6555, e-mail: o.n.lukonina@vniiplem.ru

Kudryashova Olga Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher, Volga Region Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovsky str., 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6634-3685>, e-mail: niimmp@mail.ru

Anisimova Elena Yurievna, Leading Researcher, Volga Region Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0002-7508-3897, e-mail: elanis1009@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Mosolova Elizaveta Aleksandrovna, student, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3898-4439>, e-mail: niimmp@mail.ru

THE PRODUCTIVE QUALITIES OF THE RUSSIAN HORNLESS AND KALMYK CATTLE BREED IN THE COMPARISON¹Chernikov E. V., ^{1,2}Gorlov I. F., ^{1,2}Slozhenkina M. I., ¹Karpenko E. V., ²Mosolova E. A.¹Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production²Volgograd State Technical University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 21.07.2025

Submitted 22.08.2025

Abstract

Introduction. This article analyzes the influence of breed on meat productivity, biochemical parameters of the bulls' organism and their impact on the biological value of the meat produced. The parameters of fattening and slaughter qualities of Kalmyk and Russian polled bulls, morphological and chemical characteristics of carcasses, and the amino acid composition of muscle tissue were studied. A correlation analysis was conducted to determine the relationship between the content of essential amino acids and the live weight of the experimental bulls. Positive correlations were found between the growth energy and essential amino acids in beef obtained from animals in the experimental groups. **Materials and methods.** The studies were conducted at the VolgoDonAgro breeding farm for breeding Russian polled bulls, located in the Volgograd region. For this purpose, two groups of eight-month-old bulls of the Russian polled breed and the Kalmyk type "Aita" were formed, with 25 heads in each group. Analogues were selected taking into account age and breed. **Results and conclusion.** Throughout the entire period of the experiment from 8 to 16 months, bulls of the Russian polled breed, compared to their peers of the Kalmyk breed, were characterized by a higher absolute increase in live weight. Control slaughter of young animals at the end of the experiment revealed the superiority of young animals of this breed in slaughter qualities, as well as in the ratio of essential amino acids to replaceable ones and their volume.

Keywords: Kalmyk breed of cattle, Russian hornless breed of cattle, economically useful characteristics of livestock, meat productivity of cattle, biochemical indicators of beef, biological value of beef.

Citation. Chernikov E. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Karpenko E. V., Mosolova E. A. The productive qualities of the Russian hornless and Kalmyk cattle breed in the comparison. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 426-433 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-45.

Author contributions. The authors of this scientific study were directly involved in laying out field experience, analyzing the data obtained during the period of research.

Conflict of interest. The authors of this publication declare no conflict of interest.

Acknowledgements: the work was carried out with the support of the Russian Science Foundation, project No. 22-16-00041-P, GNU NIIMMP.

УДК 636.088.31

ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА РУССКОЙ КОМОЛОЙ И КАЛМЫЦКОЙ ПОРОД В СРАВНЕНИИ¹Черников Е. В., аспирант^{1,2}Горлов И. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН^{1,2}Сложенкина М. И., доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН¹Карпенко Е. В., кандидат биологических наук²Мосолова Е. А., студент¹Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции²ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Современные исследования и статистика говорят, что научно обоснованные нормы питания населения России до сих пор не доведены до желаемых результатов. В первую очередь, такое положение дел проистекает из нехватки белков животного происхождения. Основным направлением движения аграрного сектора для достижения цели будет совершенствование технологий производства мяса – прежде всего, говядины. Исследования последнего периода, связанные с интенсификацией животноводческой отрасли, плюс современные достижения аграриев, а главное, достижения передовых хозяйств и агрохолдингов в целом сложили неплохую базу для наращивания производства именно говядины. В нашей работе проведен анализ мясных характеристик и биохимического профиля организма бычков в зависимости от породы, на основе чего дана оценка биологи-

ческой ценности полученной продукции. В ходе научно-производственного опыта изучены убойные показатели, морфологические и химические качества туш (в том числе аминокислотный состав мышечных волокон) молодняка калмыцкой и русской комолой пород на откорме с 8 до 16-ти месячного возраста. Обнаружена прямо пропорциональная зависимость темпов прироста и содержания незаменимых аминокислот в мясе, полученном от подопытных животных. Результаты проведенных исследований выявили, что бычки русской комолой породы опережали по производственным и экстерьерным качествам бычков калмыцкой породы. Установлено, что русская комолой порода превосходит калмыцкую как по качеству мяса, так и по содержанию важнейших аминокислот. В ходе анализа биологической ценности белка получены данные, что у русского комолого скота более гармоничное соотношение незаменимых аминокислот, которое достигает у этой породы 85,4 %. Аминокислотный скор показал, что по валину он выше, чем у скота калмыцкой породы на 3,9 %, по изолейцину на 5,4 %. Лабораторные исследования показали, что важнейшие микроэлементы присутствуют в мясе бычков обеих пород в достаточных количествах, разница в их концентрации в мясе скота обеих пород незначительна.

Ключевые слова: калмыцкая порода КРС, русская комолой порода КРС, хозяйственно-полезные признаки скота, мясная продуктивность КРС, биохимические показатели говядины, биологическая ценность говядины.

Цитирование. Черников Е. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Карпенко Е. В., Мосолова Е. А. Продуктивные качества крупного рогатого скота русской комолой и калмыцкой пород в сравнении. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 426-433. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-45.

Авторский вклад. Авторы данного научного исследования принимали непосредственное участие в проведении анализа полученных данных, сформированных за период проведенных исследований.

Конфликт интересов. Авторы данной публикации заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 22-16-00041-П, ГНУ НИИММП.

Введение. Нарращивание промышленного производства пищевых продуктов качественно высокого уровня и в нужных объемах, содержащих белки животного происхождения, пока еще остается не решенной до конца задачей. Однако сейчас обозначилось стремление к увеличению выпуска свежего, охлажденного или мороженого мяса крупного рогатого скота – говядины и телятины. В течение последних лет темпы прироста производства этой продукции в среднем составляют 15,7 %. По данным Минсельхоза России, за 2024 год производство скота и птицы в хозяйствах всех форм собственности возросло на 2,1 %, достигнув показателя 16,9 млн тонн. В среднем на каждого россиянина сейчас приходится 86,5 кг такой продукции, и это уже превышает рациональную норму потребления в 74-75 кг в год – по данным ФГБНУ «ФИЦ питания и биотехнологии» (Ибрагимов А. Г. и др., 2022) [4].

Однако при этом заметно преобладает производство свинины – 6,3 млн тонн, и мяса птицы – 7,2 млн тонн. На говядину приходится лишь 2,9 млн. тонн (17 % от общего объема). Так что есть острая необходимость первым делом расширять и улучшать сферы животноводства, которые связаны с производством именно говядины, чтобы уменьшить импортозависимость и увеличить экспортный потенциал отрасли (Минаков А. В., 2025) [6].

Одним из методов наращивания выпуска говядины считается интенсификация скотоводства, об этом говорят прежние и современные исследования. Генетический потенциал российских пород животных получает первостепенное значение, если речь идет о прогрессе отрасли в целом (Дюльдина и др., 2020; Насамбаев и др., 2020) [10, 11]; Джуламанов и др., 2022) [9]. Если судить по данным опытов последних лет (Макаев, 2020; Каюмов и др., 2021) [5, 12], максимально полезным с точки зрения пищевой ценности будет мясо, которое отличается гармоничным аминокислотным профилем. Беря во внимание это обстоятельство, наши исследования были сосредоточены на глубоком анализе продуктивных и биологических особенностей калмыцкой и русской комолой пород крупного рогатого скота, разводимых на территории Нижнего Поволжья.

Цель работы – проведение исследования, которое позволит определить зависимость продуктивных качеств скота, химического состава и аминокислотного профиля производимого мяса от породной принадлежности. Для достижения цели поставили следующие задачи: изучение влияния одинаковых условий содержания на параметры откорма молодняка крупного рогатого скота пород русская комолой и калмыцкая, изучение мясных качеств,

определение аминокислотного профиля мускулатуры (включая вычисление аминокислотного сора и индекса пищевой ценности белка), наряду с определением зависимости между ростовой энергией и концентрацией эссенциальных аминокислот в говядине.

Материалы и методы. Были проанализированы данные роста и развития двух групп восьмимесчных бычков по 25 голов каждая в племенном хозяйстве «ВолгоДонАгро» (Светлоярский район Волгоградской области. Первая группа (I группа) – бычки калмыцкой породы (тип «Айта»), вторая группа (II группа) бычки русской комолой породы. Рацион кормления рассчитывали на программном комплексе «Корм Оптима Эксперт», исходя из среднесуточного прироста массы тела животных не менее 1000 грамм. Подопытное поголовье было размещено на открытых площадках. Генетический профиль обеих подопытных пород проанализировали в комплексной аналитической лаборатории Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции.

При мониторинге роста и развития бычков каждый месяц определяли массу животных в обеих группах, при этом устанавливали абсолютный и среднесуточный прирост. Мясную продуктивность оценивали методом контрольного убоя пяти голов от каждой группы в 16-месячном возрасте (по методике ВИЖ).

Математическую обработку полученных результатов проводили с помощью программного обеспечения ПК «Microsoft Excel» и «Statistica 6.0». Запись результатов в таблицах 1-4 представлена в виде среднего (M) и стандартной ошибки среднего (m), перед которой ставится знак «±». Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента, при этом значения при $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$ считали достоверными.

Результаты и обсуждение. Различия в динамике роста молодняка первой и второй групп представлены на диаграмме (рисунок 1). В ходе исследований выявлено, что у животных второй группы была более высокая живая масса по отношению к первой: в возрасте восемь месяцев они опережали аналогов из первой группы на 5,15 кг, или 2,26 %; в 10-месячном возрасте – на 7,32 кг, или 2,82 % ($P \leq 0,05$); в 12-месячном названный показатель равнялся 10,55 кг или 3,31 % ($P \leq 0,01$); в 14-месячном возрасте – 11,72 кг, или 3,02 % ($P \leq 0,01$); в 16 месяцев эта разница достигла 12,57 кг или 2,83 % ($P \leq 0,001$). За отрезок времени с 8 до 16 месяцев суммарная прибавка массы тела во второй группе составила 224,85 кг, это на 3,43 % больше в сравнении с первой группой ($P \leq 0,001$).

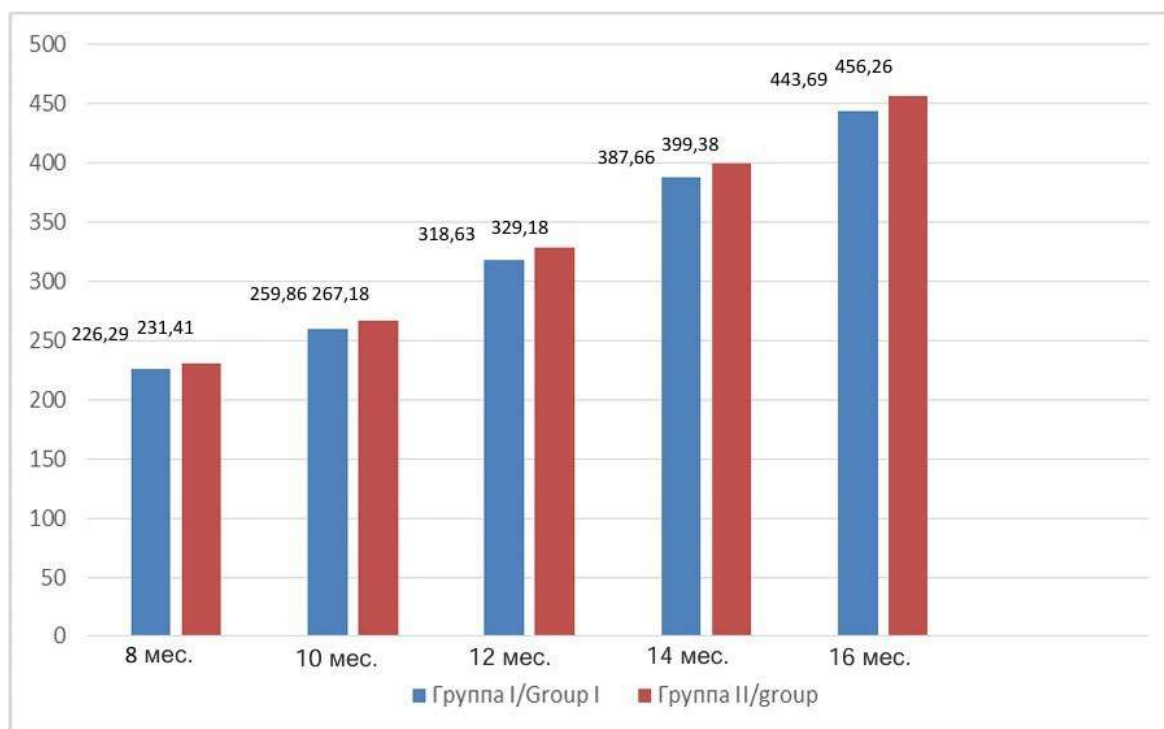


Рисунок 1 – Усредненные показатели живой массы подопытных бычков по возрастным периодам, кг
Figure 1 – Average live weight indicators of experimental bulls according to age periods, kg

Анализ данных итогового контрольного убоя, представленных в таблице 1, позволил установить, что поголовье обеих групп показывает хорошие результаты продуктивности в возрасте 16 месяцев. Но у бычков русской комолой породы отмечены достоверно более высокие показатели убойного выхода. Масса их туш превосходила аналогичный показатель у калмыцких бычков на 10,93 кг 4,32 % ($P \leq 0,01$), а масса висцерального жира превышала аналогичный показатель у калмыцкого скота на 0,98 кг. При этом более высокий процент выхода туши был также отмечен именно у животных второй группы.

Таблица 1 – Итоги контрольного убоя исследуемых бычков
Table 1 – Results of the control slaughter of the studied bulls

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	Первая / I	Вторая / II
Предубойная масса, кг / Pre-slaughter weight, kg	440,69±1,09	457,36±1,22***
Масса туши, кг / Carcass weight, kg	252,98±2,13	263,91±2,18**
Выход туши, % / Carcass yield, %	57,4	57,7
Масса жира, кг / Weight of fat, kg	7,80±1,32	8,78±0,98
Выход жира, % / Fat yield, %	1,8	1,9
Убойная масса, кг / Slaughter weight, kg	260,75±2,62	272,67±2,35**
Убойный выход, % / Slaughter yield, %	59,18	59,64

Примечание: здесь и далее * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$.

Note: here and further * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$.

Главным индикатором мясной продуктивности животных остается морфологический состав туши (рисунок 2).

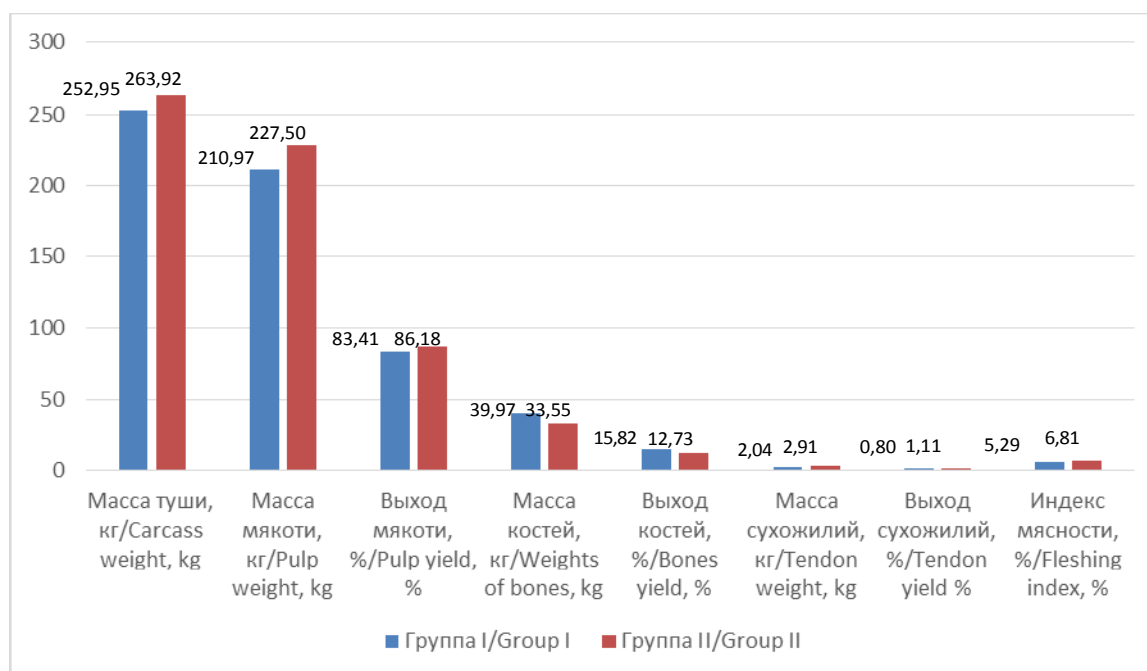


Рисунок 2 – Морфологический состав туш исследуемых бычков
Figure 2 – Morphological composition of the carcasses of the studied bulls

Исходя из приведенных данных, можно сделать вывод: туши бычков русской комолой породы отличаются более высоким процентом выхода мякоти (разница 3,32 %). Кроме того, индекс мясности у молодых животных калмыцкой породы оказался ниже, чем у бычков русской комолой (разница 1,52 %).

В ходе эксперимента было установлено, что порода молодняка КРС в значительной степени влияет на качество мяса. Проведенный анализ химического состава мяса, полученного в результате контрольного убоя подопытных бычков (таблица 2), позволил установить статистически значимые ($P \leq 0,05$) различия.

Таблица 2 – Химический состав средней пробы мякоти туши подопытных бычков
Table 2 – Chemical composition of the average sample of carcass flesh of experimental bulls

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	Первая / I	Вторая / II
Влага, % / Moisture, %	68,52±0,31	66,30±0,42*
Сухое вещество, % / Dry matter, %	31,48±0,32	33,72±0,44*
Белок, % / Protein, %	18,61±0,17	19,68±0,23*
Жир, % / Fat, %	11,95±0,17	12,92±0,23*
Зола, % / Ash, %	0,97±0,01	1,13±0,02**
Триптофан, мг% / Tryptophan, mg%	439,22±1,32	448,12±1,33***
Оксипролин, мг% / Oxypoline, mg	62,03±0,48	63,71±0,22*
БКП / Protein quality index	7,08	7,03

Так, сухого вещества и белка в мясе бычков русской комолой породы больше на 2,24 и 1,07 % соответственно по отношению к аналогичным показателям первой группы.

Состав заменимых и незаменимых аминокислот (уровень БКП) тоже считается одним из основных факторов биологической ценности говядины. Результаты исследований содержания аминокислоты триптофана в мясе подопытных животных показали, что самое большое количество было в говядине бычков второй группы – 448,12 мг/100 г, это на 2,03 % больше, чем у сверстников из первой группы.

Лабораторные исследования аминокислотного состава полученной говядины позволили установить: содержание отдельных аминокислот, таких как лизин и лейцин, в мясе скота русской комолой породы было выше, чем в мясе животных, включенных в первую группу (таблица 3). В частности, концентрация лизина и лейцина в мясе русской комолой породы превышала аналогичные значения в первой группе на 190,8 мг (что составляет 10,49 %) и 185,4 мг (12,48 %) соответственно. Мясо бычков из второй группы по содержанию метионина было богаче на 105,8 мг по сравнению с поголовьем первой. По суммарному количеству незаменимых аминокислот мясо молодняка из второй группы тоже оказалось лучше, чем мясо сверстников из первой группы. Исследование образцов мускульной ткани мяса русской комолой породы показало, что по сравнению с бычками калмыцкой породы разница составила 468,68 мг – 5,89 %.

Таблица 3 – Аминокислотный состав мышечной ткани, мг/100 г
Table 3 – Amino acid composition of muscle tissue, mg/100 g

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	Первая / I	Вторая / II
Незаменимые аминокислоты / Essential amino acids (EAA)		
Валин / Valine	829,7±91,2	841,6±82,7
Лейцин / Leucine	1484,7±201,7	1670,1±311,0
Изолейцин / Isoleucine	970,8±45,1	1082,3±147,2
Фенилаланин / Phenylalanine	844,4±140,5	1030,2±111,6
Лизин / Lysine	1819,3±284,8	2010,1±217,0
Метионин / Methionine	549,8±111,2	655,6±101,5
Триптофан / Tryptophan	439,3±1,33	448,2±1,34
Треонин / Threonine	1021,2±154,8	948,5±211,6
Сумма незаменимых АК / Amount of essential amino acids	7958,6±154,2	8427,2±620,6
Заменимые аминокислоты / Nonessential amino acids (NAA)		
Аспарагиновая / Aspartic acid	2147,2 ±154,1	2242,1±111,5
Глутаминовая / Glutamic acid	2826,3±410,2	2977,3±112,8
Серин / Serin	874,5±162,5	1020,2±131,5
Гистидин / Histidine	777,8± 111,3	763,2±91,7
Глицин / Glycine	1047,2±182,7	920,4±141,4
Аланин / Alanine	1317,8±261,1	1310,5±132,7
Аргинин / Arginine	1221,9±217,3	1320,3±218,2
Пролин / Proline	888,9±122,2	789,5±101,6
Тирозин / Tyrosine	578,1±121,0	580,5±91,8
Цистеин / Cysteine	212,9±57,2	254,5±211,7
Сумма заменимых АК / Amount of non-essential amino acids	11892,8±724,6	12178,4 ±920,8
Соотношение НАК/ЗАК / Ratio of EAA to NAA	0,669	0,693

Основным фактором, определяющим биологическую ценность мяса, является баланс незаменимых аминокислот. Аминокислотный скор – основной индикатор такого баланса (таблица 4). Судя по итогам анализа, у представителей калмыцкой породы наилучший скор по валину (89,3), больше на 3,9 % аналогичного показателя второй группы. По изолейцину первенство было у поголовья второй группы – 137,4, или 5,4 %. Коэффициент различия аминокислотного сора оказался на стороне молодняка калмыцкой породы – это наивысший результат в 15,6 %, в сравнении с аналогами из второй группы он выше на 1,0 %. Изучение биологической значимости белка показало, что у русской комолой породы скота наблюдается более сбалансированный состав незаменимых аминокислот, достигая 85,4 %. В то же время у калмыцкой породы было выявлено повышенное количество лизина и триптофана, что незначительно уменьшило биологическую ценность мяса, до 84,4 %.

Таблица 4 – Аминокислотный скор и биологическая ценность белка, %
Table 4 – Amino acid score and biological value, %

Аминокислота / Amino acid	Группа / Group	
	Первая / I	Вторая / II
Валин / Valine	89,3	85,4
Лейцин / Leucine	114,1	121,1
Изолейцин / Isoleucine	130,3	137,4
Фенилаланин+тирозин / Phenylalanine+Tyrosine	127,5	136,5
Лизин / Lysine	177,9	185,8
Метионин+цистеин / Methionine+cysteine	117,3	132,0
Триптофан / Tryptophan	118,2	113,7
Треонин / Threonine	137,4	120,6
РАС / Amino acid score difference	125,0	116,7
КРАС / Amino acid score difference coefficient	15,6	14,6
Биологическая ценность / Biological value	84,4	85,4

Полученные результаты указывают на возможность снижения питательной ценности мясных протеинов при значительном повышении уровня определенных аминокислот.

Судя по итогам наших исследований, русская комолой порода впереди калмыцкой по темпам набора веса. Контрольный убой молодняка показал, что у русской комолой лучше убойные показатели и сбалансирован аминокислотный состав. Такие заключения соответствуют опубликованным результатам прежних исследований мясной продуктивности названных пород крупного рогатого скота, в том числе и выводам Садыкова М. М. и других исследователей, сделанными в 2020 году [8].

Кроме того, итоги наших исследований показали, что существует взаимосвязь между интенсивностью роста и наличием эссенциальных аминокислот в мускулатуре. Наиболее заметная связь прослеживалась между общей массой тела и уровнями лизина и триптофана. Связь с остальными незаменимыми аминокислотами была менее выражена. Эти выводы дают возможность предполагать, что оптимизация рациона с целью повышения концентрации триптофана и лизина в мышечной ткани может стать действенным средством стимуляции роста живой массы скота.

Потребность в микроэлементах измеряется в тысячных и миллионных долях грамма, они активно участвуют во многих биохимических процессах и поэтому крайне необходимы животным и человеку. В 100 г говядины содержится 2,7 мг железа (15 % суточной нормы), 182 мкг меди (18,2 % суточной нормы), 8,2 мкг хрома (16,4 % суточной нормы), 11,6 мкг молибдена (16,6 % суточной нормы), 7 мкг кобальта (70 % суточной нормы).

Как показали результаты лабораторных исследований образцов говядины, полученных при контрольном убое молодняка из обеих экспериментальных групп, мясо скота калмыцкой и русской комолой пород обладает широким набором микроэлементов (таблица 5).

Таблица 5 – Концентрация химических элементов в мясе бычков калмыцкой и русской комолой пород, мкг/г

Table 5 – Concentration of chemical elements in the meat of Kalmyk and Russian hornless bulls, µg/g

Микроэлемент / Microelement	Группа / Group	
	I / первая	II / вторая
Железо / Fe	25,36±5,07	23,17±4,63
Медь / Cu	0,74±0,089	0,67±0,081
Кобальт / Co	0,007±0,0014	0,006±0,0012
Магний / Mg	358±36	309±31
Марганец / Mn	0,12±0,015	0,10±0,012
Селен / Se	0,42±0,050	0,34±0,041

Приведенные в этой таблице результаты подтверждают, что важнейшие микроэлементы содержатся в мясе бычков обеих пород в достаточных объемах. Разница в их концентрации в мясе той и другой породы незначительна.

Заключение. По результатам наших исследований можно сделать вывод, что откормочный молодняк русской комолой породы (II группа) достоверно превосходил животных первой группы (калмыцкая порода) по динамике живой массы. Итоги контрольного убоя в 16-месячном возрасте установили, что эта порода имеет более высокие показатели как по качеству мяса, так и по содержанию в нем важнейших аминокислот.

В ходе анализа биологической ценности белка было установлено, что у русского комолого скота более гармоничное соотношение незаменимых аминокислот. Сделано предположение, что накопление триптофана и лизина в мышечной ткани бычков при стимулировании этого процесса за счет улучшения рационов кормления может способствовать увеличению живой массы животных.

Проведенные лабораторные исследования показали, что важнейшие для скота и человека микроэлементы присутствуют в мясе бычков обеих пород в достаточных количествах. Разница в их концентрации в мясе скота обеих пород незначительна.

Полученные результаты согласуются с проводимыми ранее исследованиями и выводами других ученых.

Conclusions. Based on the results of our research, we can conclude that fattening young animals of the Russian polled breed (Group II) surpassed animals of the second group (Kalmyk breed) in terms of live weight dynamics. The results of the control slaughter established that this breed has higher indicators both in terms of meat quality and in terms of the content of essential amino acids in it.

During the analysis of the biological value of protein, it was found that Russian polled cattle have a more harmonious ratio of essential amino acids. It was suggested that the accumulation of tryptophan and lysine in the muscle tissue of bulls when this process is stimulated by feed additives can contribute to an increase in the live weight of animals.

Laboratory studies have shown that the most important microelements for cattle and humans are present in the meat of bulls of both breeds in sufficient quantities. The difference in their concentration in the meat of cattle of both breeds is insignificant.

The results obtained are consistent with previous studies and the conclusions of other scientists.

Библиографический список

1. Амерханов Х. А. Сохранение и развитие генофондных пород сельскохозяйственных животных – основа продовольственной независимости России. Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 6. С. 3-5.
2. Бастрыкина Е. А., Лозовая О. В., Ванюшина О. И. Анализ развития мирового и российского рынка мяса. Цифровая экономика: перспективы развития и совершенствования: сборник научных статей 3-й Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. С. 64-68.
3. Горлов И. Ф., Бармина Т. Н., Кайдулина А. А., Бадмаева К.Е., Черников Е. В. Разработка и внедрение инновационных технологий в животноводстве для обеспечения населения высококачественными продуктами питания. Аграрно-пищевые инновации. 2022. № 4 (20).
4. Ибрагимов А. Г. и др. Развитие мясной отрасли в России: состояние и перспективы. Зоотехния. 2022. № 12. С. 26-29.
5. Макаев Ш. А. Аминокислотный состав длиннейшей мышцы спины бычков разных заводских линий казахской белоголовой породы. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (84). С. 261-266.
6. Минаков А. В. Экономика и бизнес: теория и практика. 2025. № 3 (121). С. 202-212.
7. Емельяненко А. В., Куш Е. Д., Каюмов Ф. Г., Третьякова Р. Ф. и др. Морфологический и биохимический состав крови бычков разных пород. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (82). С. 256-260.
8. Садыков М. М., Алиханов М. П., Симонов А. Г., Симонов Г. А. Мясные качества бычков калмыцкого скота в предгорной зоне Дагестана. Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 34-37.
9. Джуламанов К. М., Колпаков В. И., Герасимов Н. П., Бактыгалиева А. Т. Продуктивность и интерьерные особенности молодняка мясного скота разных генотипов в связи с возрастом и сезоном года. Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 2. С. 37-48.
10. Насамбаев Е. Г., Ахметалиева А. Б., Нугманова А. Е., Досжанова А. О. Рост и развитие молодняка мясных пород в зависимости от породной принадлежности и сезона рождения. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (82). С. 206-212.
11. Дюльдина А. В., Тяпугин Е. Е., Тяпугин С. Е., Боголюбова Л. П. Характеристика племенной базы абердин-ангусской и калмыцкой пород скота в Российской Федерации. Зоотехния. 2020. № 2. С. 19-23.
12. Kayumov F. G., Shevlyuk N. N., Tretyakova R. F. Comparative morphological and functional characteristics of the muscle tissue of gobies of cattle of three breeds (Hereford, Kazakh White-Headed and Kalmyk). Earth and Environmental Science: International science and technology conference "Earth science". England: IOP Publishing; 2021. V. 666 (5). 052020.

References

1. Amerkhanov Kh. A. Preservation and Development of Gene Pool Breeds of Agricultural Animals as the Basis of Food Independence of Russia. Dairy and beef cattle breeding. 2022. № 6. Pp. 3-5.
2. Bastrykina E. A., Lozovaya O. V., Vanyushina O. I. Analysis of the Development of the World and Russian Meat Market. Digital Economy: Prospects for Development and Improvement: Collection of Scientific Articles of the 3rd International Scientific and Practical Conference. Kursk, 2022. Pp. 64-68.
3. Gorlov I. F., Barmina T. N., Kaidulina A. A., Badmaeva K. E., Chernikov E. V. Development and Implementation of Innovative Technologies in Animal Husbandry to Provide the Population with High-Quality Food Products. Agrarian and food innovations. 2022. № 4 (20).
4. Ibragimov A. G. et al. Development of the Meat Industry in Russia: State and Prospects. Animal Science. 2022. № 12. Pp. 26-29.
5. Makaev Sh. A. Amino acid composition of the longest muscle of the back of bulls of different factory lines of the Kazakh white-headed breed. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2020. № 4 (84). Pp. 261-266.
6. Minakov A. V. Economics and Business: Theory and Practice. 2025. № 3 (121). Pp. 202-212.
7. Emelianenko A. V., Kushch E. D., Kayumov F. G., Tretyakova R. F., et al. Morphological and Biochemical Composition of Blood of Bulls of Different Breeds. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2020. № 2 (82). Pp. 256-260.
8. Sadykov M. M., Alikhanov M. P., Simonov A. G., Simonov G. A. Meat qualities of Kalmyk cattle bulls in the foothill zone of Dagestan. Dairy and beef cattle breeding. 2020. № 4. Pp. 34-37.
9. Dzhulamanov K. M., Kolpakov V. I., Gerasimov N. P., Baktygalieva A. T. Productivity and Interior Features of Young Beef Cattle of Different Genotypes in Connection with the Age and Season of the Year. Animal husbandry and fodder production. 2022. V. 105. № 2. Pp. 37-48.
10. Nasambaev E. G., Akhmetalieva A. B., Nugmanova A. E., Doszhanova A. O. Growth and Development of Young Meat Breeds Depending on Breed Affiliation and Season of Birth. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2020. № 2 (82). Pp. 206-212.
11. Dyulidina A. V., Tyapugin E. E., Tyapugin S. E., Bogolyubova L. P. Characteristics of the breeding base of Aberdeen-Angus and Kalmyk breeds of cattle in the Russian Federation. Animal Science. 2020. № 2. Pp. 19-23.
12. Kayumov F. G., Shevlyuk N. N., Tretyakova R. F. Comparative morphological and functional characteristics of the muscle tissue of gobies of cattle of three breeds (Hereford, Kazakh White-Headed and Kalmyk). Earth and Environmental Science: International science and technology conference "Earth science". England: IOP Publishing; 2021. V. 666 (5). 052020.

Информация об авторах

Черников Егор Владимирович, аспирант, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400120, г. Волгоград, ул. имени Маршала Рокоссовского, 6), <https://orcid.org/0000-0002-2140-1386>, e-mail: egorchernikov1998@mail.ru

Горлов Иван Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, научный руководитель, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400120, г. Волгоград, ул. имени Маршала Рокоссовского, 6); заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, Россия, г. Волгоград, пр. имени В. И. Ленина, 28), <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>, e-mail: niimmp@mail.ru

Слозhenкина Марина Ивановна, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400120, г. Волгоград, ул. имени Маршала Рокоссовского, 6); профессор, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. имени В. И. Ленина, 28), <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>, e-mail: slozhenkina@mail.ru

Карпенко Екатерина Владимировна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400120, г. Волгоград, ул. имени Маршала Рокоссовского, 6), <https://orcid.org/0000-0003-3643-6431>, e-mail: niimmp@mail.ru

Мосолова Елизавета Александровна, студент, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. имени В. И. Ленина, 28), <https://orcid.org/0009-0003-3898-4439>, e-mail: niimmp@mail.ru

Authors' Information

Chernikov Egor Vladimirovich, graduate student, Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400120, Volgograd, Marshal Rokossovsky St., 6), <https://orcid.org/0000-0002-2140-1386>, e-mail: egorchernikov1998@mail.ru

Gorlov Ivan Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director, Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400120, Volgograd, Marshal Rokossovsky St., 6); Head of the Department, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, avenue named after V. I. Lenin, 28), <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>, e-mail: niimmp@mail.ru

Slozhenkina Marina Ivanovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400120, Volgograd, Marshal Rokossovsky St., 6); Professor, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>, e-mail: slozhenkina@mail.ru

Karpenko Ekaterina Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400120, Volgograd, Marshal Rokossovsky St., 6), <https://orcid.org/0000-0003-3643-6431>, e-mail: niimmp@mail.ru

Mosolova Elisaveta Aleksandrovna, student, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), <https://orcid.org/0009-0003-3898-4439>, e-mail: niimmp@mail.ru

**THE DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A METHOD TO INCREASE
THE REPRODUCTIVE CAPACITY OF THE SOWS AT THE TOPAGRO LLC COMPLEX**¹Yudina K. S., ²Kletikova L. V.¹Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation²Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biotechnology
Ivanovo, Russian Federation

Corresponding author E-mail: kristina.yudina.92@internet.ru, doktor_xxi@mail.ru

Received 15.05.2025

Submitted 10.06.2025

Abstract

Introduction. Currently, the effective development of pig farms is largely determined by monitoring the reproductive function of pigs. The fertility of sows is affected by genetic factors, nutrition and housing conditions. Maintaining mineral homeostasis, especially the balance of iron and iodine, is critically important for the vital activity, growth and reproduction of pigs. Since fetal development is completely dependent on the intake of nutrients from the mother, iron and iodine deficiency in sows can negatively affect the development of the embryo and fetus, which in turn can lead to a decrease in the weight of the offspring, an increase in the number of stillbirths and neonatal infections. **Object.** Large White sows in the amount of 40 heads, selected according to the following criteria: 3rd or 4th reproductive cycle and live weight within 200-250 kg. **Materials and methods.** To determine the effectiveness of the developed method for increasing the reproductive capacity of sows in a high-tech complex, two groups of sows were formed. In the experimental group, sows were given Iodomidol in a dose of 20 ml twice with an interval of 48 hours 5 days before artificial insemination. Then, after 72 hours, Suiferrovit-A was given in a dose of 20 ml and the sows were artificially inseminated. On the 24th day after insemination, ultrasound diagnostics of pregnancy was performed and fertilized sows were re-injected with Suiferrovit-A in a dose of 20 ml intramuscularly once. The control group of sows did not undergo any treatment. **Results and conclusions.** The study showed that the developed method for increasing the reproductive capacity of sows significantly improves the survival rate of piglets and reduces their mortality. This has a positive effect on both economic efficiency and animal welfare. In particular, the experimental group showed higher fertility (12.5 ± 0.56 heads per sow) compared to the control group, where this figure was significantly lower (10.8 ± 0.59 heads per sow). The survival rate of piglets in the experimental group was also higher, reaching 94 %, while in the control group this figure was 89 %. The percentage of stillborn piglets in the experimental group was 0.5 % lower compared to the control group. Thus, the combined use of the iron-containing drug Suiferrovit-A and the iodine-containing drug Iodomidol can reduce the percentage of stillbirths and the birth of weak piglets, prevent mummification of the fetus and increase the percentage of piglet survival. The use of these drugs before insemination helps to increase the iron and iodine content in the blood serum of sows during pregnancy and after farrowing.

Keywords: pig breeding, gestation of pigs, productivity of pigs, iron deficiency anemia of pigs, safety of piglets, stillborn piglets, iron-containing preparations.

Citation. Yudina K. S., Kletikova L. V. The development and evaluation of a method to increase the reproductive capacity of the sows at the TopAgro LLC complex. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 434-441 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-46.

Author's contribution. The authors, due to their experience, made a significant contribution to the study and analysis of the obtained data. They confirmed their agreement with the final version of the study.

Conflict of interest. The interests of the authors do not contradict each other.

УДК 636.4.082

**РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ
СПОСОБНОСТИ СВИНОМАТОК НА КОМПЛЕКСЕ ООО «ТОПАГРО»**¹Юдина К. С., аспирант²Клетикова Л. В., доктор биологических наук, профессор¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация²ФГБОУ ВО «Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет»
г. Иваново, Российская Федерация

Актуальность. В настоящее время эффективное развитие свиноводческих хозяйств во многом определяется контролем за репродуктивной функцией свиней. На плодовитость свиноматок влияют генетические факторы, питание и условия содержания. Поддержание минерального гомео-

стаза, особенно баланса железа и йода, критически важно для жизнедеятельности, роста и размножения свиней. Поскольку развитие плода полностью зависит от поступления питательных веществ от матери, дефицит железа и йода у свиноматок может негативно сказаться на развитии эмбриона и плода, что в свою очередь может привести к снижению массы приплода, увеличению количества мертворождений и неонатальных инфекций. **Объект.** Свиноматки крупной белой породы в количестве 40 голов, отобранные по следующим критериям: 3-й или 4-й цикл репродуктивности и живая масса в пределах 200-250 кг. **Материалы и методы.** Для определения эффективности разработанного способа повышения воспроизводительной способности свиноматок в условиях высокотехнологического комплекса было сформировано две группы свиноматок. В опытной группе свиноматкам за 5 дней до искусственного осеменения вводили препарат Йодомидол в дозе 20 мл, двукратно с интервалом 48 часов. Затем через 72 часа применяли препарат Суиферровит-А в дозе 20 мл и проводили искусственное осеменение свиноматок. На 24-й день после осеменения проводили ультразвуковую диагностику супоросности и оплодотворенным свиноматкам повторно инъектировали препарат Суиферровит-А в дозе 20 мл внутримышечно однократно. Контрольная группа свиноматок не подвергалась никакому лечению. **Результаты и выводы.** Проведенное исследование показало, что разработанный способ повышения воспроизводительной способности свиноматок значительно улучшает выживаемость поросят и снижает их смертность. Это положительно сказывается как на экономической эффективности, так и на благополучии животных. В частности, в опытной группе наблюдалась более высокая плодовитость ($12,5 \pm 0,56$ голов на одну свиноматку) по сравнению с контрольной группой, где этот показатель был значительно ниже ($10,8 \pm 0,59$ голов на одну свиноматку). Сохранность поросят в опытной группе также оказалась выше, достигнув 94 %, в то время как в контрольной группе этот показатель составил 89%. Процент мертворожденных поросят в опытной группе ниже на 0,5 % по сравнению с контрольной группой. Таким образом, комплексное применение железосодержащего препарата Суиферровит-А и йодсодержащего препарата Йодомидол может снизить процент мертворождений и рождения слабых поросят, предотвратить мумификацию плода и повысить процент сохранности поросят. Применение данных препаратов перед осеменением способствует повышению содержания железа и йода в сыворотке крови свиноматок во время беременности и после опороса.

Ключевые слова: свиноводство, супоросность свиней, продуктивность свиней, железодефицитная анемия свиней, сохранность поросят, мертворожденные поросята, железосодержащие препараты.

Цитирование. Юдина К. С., Клетикова Л. В. Разработка и оценка способа повышения воспроизводительной способности свиноматок на комплексе ООО «ТопАгро». *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 434-441. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-46.

Авторский вклад. Авторы, благодаря своему опыту, внесли существенный вклад в исследование и анализ полученных данных. Они подтвердили свое согласие с окончательным вариантом исследования.

Конфликт интересов. Интересы авторов не противоречат друг другу.

Введение. В настоящее время эффективное развитие свиноводческих хозяйств во многом определяется контролем за репродуктивной функцией свиней. Множество факторов влияет на эффективность воспроизводства свиноматок, особенно генетика, питание и окружающая среда [1, 2]. Также немало важным для поддержания жизнедеятельности, роста и размножения свиней является минеральный гомеостаз [4]. Установлено, что рост и развитие плода полностью зависят от поступления питательных веществ, включая микроэлементы, от матери [3]. Среди основных жизненно важных элементов у свиноматок является железо, которое необходимо для развития эмбриона и плода [5]. Во время поздней беременности и лактации потребность в железе быстро возрастает из-за увеличения запасов железа в организме плода и потребностей новорожденного. Дефицит минералов у плода, вызванный недостаточным поступлением этих элементов из организма матери, может привести к плохому росту и ухудшению здоровья плода, а негативные последствия могут сохраняться и в неонатальный период [6].

Железодефицитная анемия во время беременности тесно связана с различными неблагоприятными последствиями для матери и новорожденного, которые могут привести к снижению уровня гемоглобина и повышению частоты мертворождений и низкой массы тела при рождении. Железо транспортируется к развивающемуся плоду во время беременности, и считается, что снижение синтеза ферритина в матке на поздних сроках беременности частично является причиной анемии у новорожденных поросят [7, 10].

Железо является важным элементом для выработки крови, переноса кислорода и производства энергии. Во время беременности потребность свиноматок в железе значительно возрастает, чтобы обеспечить рост плода и плаценты, а также усилить эритропоэз у

матери, и достигает максимума на поздних сроках беременности [8, 9]. Дефицит железа может привести ко многим неблагоприятным последствиям для беременности. Дефицит железа у беременных свиноматок может привести к снижению массы приплода, увеличению количества мертворождений и неонатальных инфекций [11].

Еще одним из микроэлементов, играющих существенную роль в репродукции животных, является йод. В репродуктивной физиологии животных йод играет критическую роль. Йодная недостаточность ассоциирована с нарушениями половой цикличности, анэвуляцией, спонтанными абортами, мертворождением и рождением нежизнеспособного потомства, характеризующегося гипотрихозом. Влияние йода на репродуктивную функцию опосредовано его участием в синтезе тиреоидных гормонов – тироксина и трийодтиронина.

Таким образом, целью данного исследования было определить влияние одновременного применения железа и йода на репродуктивные показатели свиноматок и сохранность поросят.

Материалы и методы исследования. Экспериментальные исследования были проведены на свиноводческом комплексе, который принадлежит ООО ТопАгро и расположен в Волгоградской области, в Городищенском районе, а именно в посёлке Самофаловка. Для определения эффективности разработанного способа повышения воспроизводительной способности свиноматок в условиях высокотехнологического комплекса было сформировано две группы свиноматок 3-го и 4-го цикла, каждая из которых состояла из 20 голов. Все свиноматки были крупной белой породы и имели вес в диапазоне от 200 до 250 кг.

В опытной группе применяли разработанный нами способ повышения воспроизводительной способности свиноматок в условиях высокотехнологического комплекса (рисунк 1).



Рисунок 1 – Схема способа повышения воспроизводительной способности свиноматок в условиях высокотехнологического комплекса

Figure 1 – Scheme of a method for increasing the reproductive capacity of sows in a high-tech complex

В опытной группе свиноматкам за 5 дней до предполагаемой даты искусственного осеменения, для повышения продуктивности самок и поддержки развития плодов во время беременности делали внутримышечную инъекцию в область трапецевидной мышцы шеи йодсодержащий препарат Иодомидол в дозе 20 мл двукратно с интервалом в 48 часов. Через 3 дня опытным свиноматкам вводили внутримышечно в область шеи железосодержащий препарат "Суиферровит-А" в дозе 20 мл, после чего проводили внутриматочное искусственное осеменение, которое повторяли через сутки. Затем на 24-й день после осеменения проводили УЗИ диагностику для подтверждения супоросности, после чего супоросным свиноматкам однократно вводили внутримышечно "Суиферровит-А" в дозе 20 мл. В контрольной группе свиноматок никаких манипуляций не проводили, что позволяло оценить эффективность применения препаратов в опытной группе.

Для определения концентрации йода и железа в сыворотки крови было проведено трёхкратное взятие крови у свиноматок опытной и контрольной групп. Первый забор крови осуществлялся на 21-й день после отъема поросят, т.е. до начала эксперимента (перед применением исследуемых препаратов). Второй и третий забор проводились на 30-й и 60-й

дни супоросности. Последний забор крови проводился непосредственно после опороса. Для взятия крови использовали ловушку для фиксации свиноматок. Из яремной вены каждой свиноматки отбирали по 3 мл крови. Кровь собиралась в красные вакуумные пробирки с активатором свертывания крови для проведения выборочного биохимического анализа. После забора все пробирки были отправлены в ветеринарную лабораторию ООО «Лабвет-Регион» в городе Волгограде для проведения анализов.

В рамках исследования по каждой свиноматке регистрировались следующие данные: идентификационный номер, день супоросности, предполагаемая дата опороса, количество мертворожденных, живых и мумифицированных поросят, а также общее количество рожденных поросят.

Результаты исследования. В результате полученных данных биохимического анализа на содержания железа в сыворотки крови свиноматок опытной и контрольной групп было установлено, что в опытной группе, где применялся железосодержащий препарат Суиферровит-А, концентрация железа в сыворотки крови увеличилась (рисунок 2).

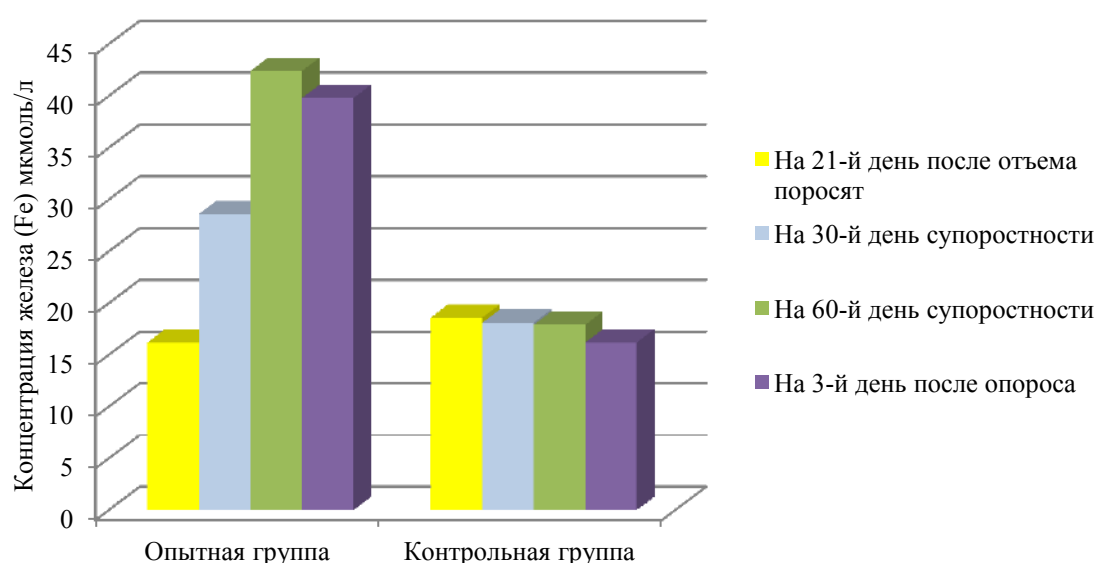


Рисунок 2 – Концентрация железа в сыворотки крови свиноматок (в среднем по группе)

Figure 2 – Iron concentration in the blood serum of sows (average for the group)

Из данных диаграммы видно, что перед началом эксперимента уровень железа в сыворотке крови свиноматок опытной группы составил $16,2 \pm 1,12$ мкмоль/л. Этот показатель значительно ниже нормы и однозначно указывает на выраженный дефицит железа у свиноматок в период отъема поросят. На 30-й день беременности концентрация железа существенно увеличилась и достигла $28,6 \pm 1,14$ мкмоль/л, что демонстрирует положительный эффект применения препаратов. К 60-му дню супоросности наблюдалось дальнейшее повышение уровня железа до $42,4 \pm 1,12$ мкмоль/л, что указывает на пролонгированное действие препарата. После опороса уровень железа в сыворотки крови свиноматок незначительно снизился до $39,8 \pm 1,15$ мкмоль/л, но оставался значительно выше исходного, не указывая на возвращение к дефициту.

В контрольной группе наблюдалась противоположная динамика: уровень железа в сыворотке крови оставался низким и имел тенденцию к снижению. Так, на 21-й день после отъема поросят в контрольной группе содержание железа в сыворотки крови было $18,6 \pm 1,19$ мкмоль/л, что ниже нормы. Во время супоросности данный показатель практически не изменялся, а после опороса стал еще ниже и составил $16,2 \pm 1,17$ мкмоль/л. Это подчеркивает важность применения препаратов, содержащих железо, для поддержания необходимого уровня этого микроэлемента у супоросных свиноматок и предотвращения развития железодефицитной анемии.

Таким образом, результаты исследования демонстрируют положительное влияние препарата Суиферровит-А на концентрацию железа в сыворотке крови свиноматок опытной группы после его применения до осеменения и затем на 24-й день супоросности.

В результате определения концентрации йода в сыворотке крови свиноматок опытной группы получили следующие данные, которые приведены на рисунке 3.

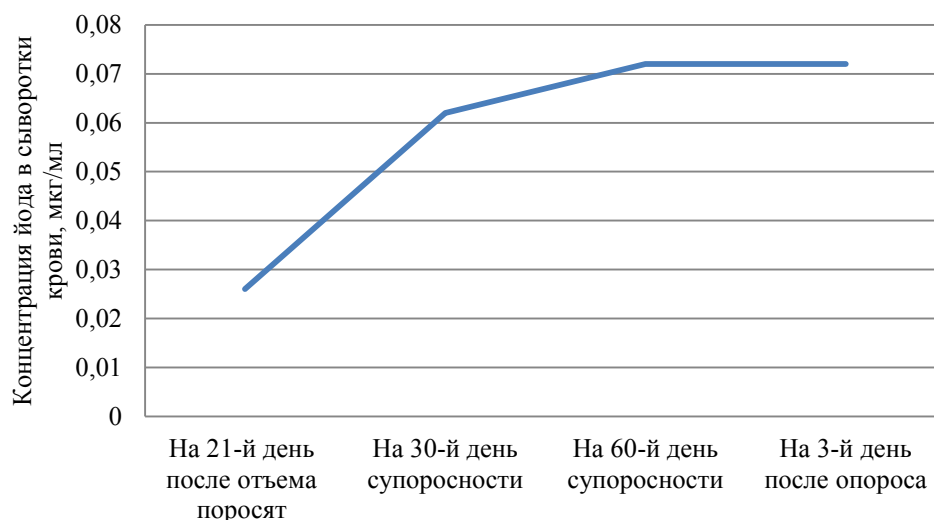


Рисунок 3 – Концентрация йода в сыворотки крови свиноматок опытной группы (в среднем по группе)
Figure 3 – Iodine concentration in the blood serum of sows in the experimental group (average for the group)

Согласно данным диаграммы можно сделать вывод, что использование препарата Йодомидол на свиноматках способствует эффективному повышению уровня йода в сыворотке крови. У свиноматок опытной группы, получавших Йодомидол, начальная концентрация йода в сыворотке крови была низкой – 0,026 мкг/мл (ниже референсных значений 0,05–0,1 мкг/мл). Через 30 дней после начала применения препарата, на этапе супоросности, уровень йода в крови значительно вырос до 0,062 мкг/мл. К 60-му дню супоросности концентрация йода достигла 0,072 мкг/мл и оставалась на этом уровне до момента опороса. В контрольной группе, где препарат не применялся, концентрация йода в сыворотке крови оставалась постоянно ниже нормы (0,05–0,1 мкг/мл) на протяжении всей супоросности и после опороса. Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о том, что применение Йодомидола обеспечивает эффективное оптимального уровня йода в крови свиноматок на протяжении всего периода супоросности. В отличие от контрольной группы, где наблюдался дефицит йода как во время супоросности так и после опороса (рисунок 4).

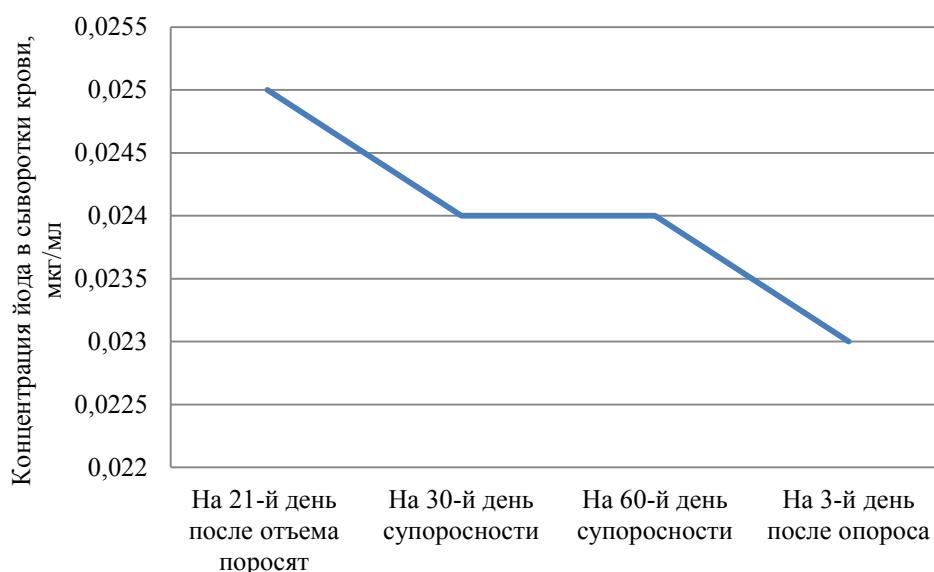


Рисунок 4 – Концентрация йода в сыворотки крови свиноматок контрольной группы (в среднем по группе)
Figure 4 – Iodine concentration in the blood serum of sows in the control group (average for the group)

Результаты эффективности разработанного нами способа повышения воспроизводительной способности свиноматок в условиях высокотехнологического комплекса определили по количеству супоросных свиноматок и по их воспроизводительным качествам после опороса, а также по проценту сохранности поросят и проценту мертворожденных поросят (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели воспроизводительной способности свиноматок опытной и контрольной групп (n=20)

Table 1 – Reproductive capacity indicators of sows in the experimental and control groups (n=20)

Показатели / Indicators	Опытная группа / Experimental group	Контрольная группа / Control group
Продолжительность супоросности, дн. / Duration of gestation, days	112,7±0,13**	115,8±0,17**
Длительность опороса, ч. / Duration of farrowing, hours	2,1±0,18	2,6±0,25
Продолжительность лактации, дн. / Duration of lactation, days	18,8±3,5*	17,9±3,2*
Многоплодие, гол. / Multiple pregnancies	12,5±0,56	10,8±0,59
Количество свинок на помёт, гол. / Number of gilts per litter	6,5±0,20	5,9±0,24
Количество хряков на помёт, гол. / Number of boars per litter	6,0±0,36	4,9±0,35
Процент мертворожденных поросят, % / Percentage of stillborn piglets, %	1,8	2,3
Крупноплодность, г / Large, g	1228±18	1200±24
Количество поросят в группе при рождении, гол. / Number of piglets in the group at birth	250	216
Количество поросят в группе при отъеме, гол. / Number of piglets in a group at weaning	235	194
Процент сохранности поросят, % / Percentage of piglet safety, %	94	89
Живая масса поросенка при отъеме, кг / Piglet live weight at weaning, kg	7,5±0,63	6,8±0,58
Время от отъема поросят до половой охоты у свиноматок, суток / Time from weaning piglets to estrus in sows, days	5,2±0,41*	7,3±0,34*

Примечание: * p<0,05; ** p<0,01.

Note: *p<0,05; ** p<0,01.

Результаты исследования демонстрируют, что разработанный способ повышения воспроизводительной способности свиноматок в условиях высокотехнологического комплекса оказывает положительное влияние на репродуктивную функцию свиноматок. Так, анализ показателей воспроизводительных качеств свиноматок показал, что в опытной группе наблюдалось увеличение процента супоросности до 90 %, что на 20 % выше, чем в контрольной группе (70 %). Кроме того, в опытной группе период супоросности оказался заметно короче, составляя в среднем 112,7 ± 0,13 дня, в то время как в контрольной группе этот показатель был значительно выше – 115,8 ± 0,17 дня. Кроме того, процесс опороса в опытной группе также проходил быстрее, сократившись на 0,5 часа по сравнению с контрольной группой.

Также в опытной группе свиноматок зафиксированы существенные преимущества по ряду ключевых показателей. Во-первых, в опытной группе наблюдалась более высокая плодовитость (12,5 ± 0,56 голов на одну свиноматку) по сравнению с контрольной группой, где этот показатель был значительно ниже (10,8 ± 0,59 голов на одну свиноматку). Во-вторых, процент мертворожденных поросят в опытной группе ниже на 0,5 % по сравнению с контрольной группой. Это говорит о снижении уровня смертности поросят в опытной группе, что, несомненно, является важным экономическим и этическим фактором. В-третьих, свиноматки быстрее восстанавливали репродуктивную функцию после отъема поросят 5,2±0,41 суток (P<0,05), что указывает на более быстрое восстановление репродуктивной функции у свиноматок после опороса. Наконец, поросята из опытной группы демонстрировали более интенсивный рост и развитие. Их средняя живая масса при отъеме составляла 7,5±0,63 кг, что на 0,7 кг выше, чем у поросят из контрольной группы. Этот факт подтверждает положительное влияние нашего способа не только на репродуктивные показатели свиноматок, но и на постнатальное развитие их потомства.

Наши результаты показали, что улучшение репродуктивных показателей свиноматок при использовании Суиферровит-А и Йодомидол отразилось на выживаемости поросят, так, в опытной группе процент сохранности поросят достиг 94 %, что на 5 % больше чем в контрольной группе.

В заключение отметим, что применение препаратов Суиферровит-А и Йодомидол значительно снизило количество мертворождений и поросят с отклонениями, а также позволило избежать мумификации плода. В целом полученные результаты однозначно свидетельствуют о высокой эффективности разработанного нами способа повышения воспроизводительной способности свиноматок в условиях высокотехнологического комплекса.

Вывод. Разработанный нами способ повышения воспроизводительной способности свиноматок в условиях высокотехнологического комплекса позволяет повысить процент супоросных свиноматок на 20 % в опытной группе по сравнению с контрольной группой. Это означает, что значительно большее число свиноматок в опытной группе успешно забеременело и выносило потомство, что напрямую указывает на улучшение репродуктивного здоровья животных и эффективности применяемого метода. Кроме того, наблюдалось значительное увеличение количества живых поросят, рожденных одной свиноматкой. Каждая свиноматка в опытной группе приносила в среднем $12,5 \pm 0,56$ живых поросят, что на 1,7 поросенка больше, чем в контрольной группе ($10,8 \pm 0,59$ голов). Этот прирост не только свидетельствует о повышении плодovitости свиноматок, но и имеет существенные экономические последствия, так как увеличение количества поросят напрямую влияет на прибыльность свиноводческого хозяйства. Более того, поросята рождались более жизнеспособными и крупными в опытной группе, их живая масса при рождении составляла 1228 ± 18 граммов, что на 28 граммов больше чем в контрольной группе. В ходе исследования зафиксирована высокая сохранность поросят в опытной группе, достигающая 94 %, в то время как в контрольной группе данный показатель составил 89 %. Кроме того, в опытной группе наблюдалось снижение процента мертворожденных на 0,5 %, что свидетельствует об улучшении репродуктивных показателей и снижении внутриутробной смертности.

В дополнение к улучшению репродуктивных показателей исследование также продемонстрировало положительное влияние разработанного метода на постнатальное развитие поросят. Средняя масса поросят при отъеме в опытной группе составила $7,5 \pm 0,63$ кг, что на 0,7 кг выше, чем в контрольной группе. Это указывает на более интенсивный рост и развитие поросят, что обусловлено, предположительно, улучшенным состоянием здоровья матерей и более качественным молоком.

Таким образом, результаты исследования однозначно подтверждают высокую эффективность разработанного способа повышения воспроизводительной способности свиноматок. Значительное улучшение всех ключевых показателей – от процента супоросности до массы поросят при отъеме, говорит о его практической ценности для свиноводческих комплексов. Следовательно, можно сделать вывод, что применение препаратов Суиферровит-А и Йодомидол, способствующих повышению уровня железа и йода в сыворотке крови свиноматок, играет важную роль в достижении таких впечатляющих результатов. Эти препараты способствовали улучшению общего состояния здоровья животных, что позитивно отразилось на их репродуктивной функции.

Conclusions. The method we have developed for increasing the reproductive capacity of sows in a high-tech complex allows us to increase the percentage of pregnant sows by 20 % in the experimental group compared to the control group. This means that a significantly larger number of sows in the experimental group successfully became pregnant and carried offspring, which directly indicates an improvement in the reproductive health of animals and the effectiveness of the method used. In addition, a significant increase in the number of live piglets born per sow was observed. Each sow in the experimental group brought an average of 12.5 ± 0.56 live piglets, which is 1.7 piglets more than in the control group (10.8 ± 0.59 heads). This increase not only indicates an increase in the fertility of sows, but also has significant economic consequences, since an increase in the number of piglets directly affects the profitability of the pig farm. Moreover, piglets were born more viable and larger in the experimental group, their live weight at birth was 1228 ± 18 grams, which is 28 grams more than in the control group. The study recorded a high survival rate of piglets in the experimental group, reaching 94 %, while in the control group this figure was 89 %. In addition, in the experimental group, a decrease in the percentage of stillborns by 0.5 % was observed, indicating improved reproductive performance and a decrease in intrauterine mortality.

In addition to improving reproductive performance, the study also demonstrated a positive effect of the developed method on the postnatal development of piglets. The average weight of piglets at weaning in the experimental group was 7.5 ± 0.63 kg, which is 0.7 kg higher than in the control group.

This indicates more intensive growth and development of piglets, which is presumably due to improved maternal health and higher quality milk. Thus, the results of the study clearly confirm the high efficiency of the developed method for increasing the reproductive capacity of sows. A significant improvement in all key indicators from the percentage of pregnancy to the weight of piglets at weaning indicates its practical value for pig-breeding complexes. Consequently, it can be concluded that the use of Suiferrovit-A and Iodomidol, which help increase the level of iron and iodine in the blood serum of sows, play an important role in achieving such impressive results. These drugs contributed to the improvement of the general health of animals, which had a positive effect on their reproductive function.

Библиографический список

1. Юдина К. С., Кочарян В. Д. Определение эффективности синхронизации половой охоты у свиноматок в условиях высокотехнологического комплекса. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2025. № 1 (79). С. 355-363.
2. Юдина К. С., Кочарян В. Д. Значение количества опоросов у свиноматок на их воспроизводительные качества в условиях высокотехнологического свиноводческого комплекса. Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства: материалы VII Международной научно-практической конференции. Макеевка, 2024. С. 65-69.
3. Юдина К. С. Мероприятия по сохранности поросят при многоплодной беременности у свиноматок. Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 430-433.
4. Саткеева А. Б. Влияние белково-витаминно-минеральной добавки в комплексе с цеолитом на переваримость и продуктивность свинок крупной белой породы. Аграрный вестник Урала. 2013. № 1 (107). С. 33-34.
5. Надеев В. П. и др. Органические минеральные добавки в рационах свиноматок. Известия Оренбургского государственного аграрного университета: теоретический и научно-практический журнал. 2012. № 4 (36). С. 246-249.
6. Georgieff M. K. Iron deficiency in pregnancy. Am. J. Obstet. Gynecol. 2020. No 223. Pp. 516-524.
7. Means R. T. Iron deficiency and iron deficiency anemia: Implications and impact in pregnancy, fetal development, and early childhood parameters. Nutrients. 2020. No 12. P. 447.
8. Normand V., Perrin H., Auvigne V., Robert N., Laval A. Anaemia in the sow: a cohort study to assess factors with an impact on haemoglobin concentration, and the influence of haemoglobin concentration on the reproductive performance. Vet. Rec. 2012. No 171. Pp. 350-350.
9. Xing X., Zhang C., Ji P., Yang J., Li Q., Pan H., An Q. Effects of Different iron supplements on reproductive performance and antioxidant capacity of pregnant sows as well as iron content and antioxidant gene expression in newborn piglets. Animals. 2023. No 13. P. 517.
10. Fisher A. L., Nemeth E. Iron homeostasis during pregnancy. Am. J. Clin. Nutr. 2017. No 106. Pp. 1567S-1574S.
11. Wan D., Zhang Y. M., Wu X., Lin X., Shu X. G., Zhou X. H., Du H. T., Xing W. G., Liu H. N., Li L., et al. 2018. Maternal dietary supplementation with ferrous N-carbamylglycinate chelate affects sow reproductive performance and iron status of neonatal piglets. Animal. 2018. No 12. Pp. 1372-1379.

References

1. Yudina K. S., Kocharyan V. D. Determination of the effectiveness of synchronization of heat in sows in high-tech complex. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2025. № 1 (79). Pp. 355-363.
2. Yudina K. S., Kocharyan V. D. Importance of the number of farrowings in sows on their reproductive qualities in a high-tech pig-breeding complex. Priority vectors of development of industry and agriculture: materials of the VII International Scientific and Practical Conference. Makeevka, 2024. Pp. 65-69.
3. Yudina K. S. Measures for the safety of piglets in multiple pregnancy in sows. Science and Youth: New Ideas and Solutions: Materials of the XVI International Scientific and Practical Conference of Young Researchers. Volgograd, 2023. Pp. 430-433.
4. Satkeeva A. B. Effect of Protein-Vitamin-Mineral Additive in Complex with Zeolite on Digestibility and Productivity of Large White Gilts. Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. № 1 (107). Pp. 33-34.
5. Nadeev V. P. et al. Organic mineral additives in the diets of sows. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University: Theoretical and Scientific and Practical Journal. 2012. № 4 (36). Pp. 246-249.
6. Georgieff M. K. Iron deficiency in pregnancy. Am. J. Obstet. Gynecol. 2020. No 223. Pp. 516-524.
7. Means R. T. Iron deficiency and iron deficiency anemia: Implications and impact in pregnancy, fetal development, and early childhood parameters. Nutrients. 2020. No 12. P. 447.
8. Normand V., Perrin H., Auvigne V., Robert N., Laval A. Anaemia in the sow: a cohort study to assess factors with an impact on haemoglobin concentration, and the influence of haemoglobin concentration on the reproductive performance. Vet. Rec. 2012. No 171. Pp. 350-350.
9. Xing X., Zhang C., Ji P., Yang J., Li Q., Pan H., An Q. Effects of Different iron supplements on reproductive performance and antioxidant capacity of pregnant sows as well as iron content and antioxidant gene expression in newborn piglets. Animals. 2023. No 13. P. 517.
10. Fisher A. L., Nemeth E. Iron homeostasis during pregnancy. Am. J. Clin. Nutr. 2017. No 106. Pp. 1567S-1574S.
11. Wan D., Zhang Y. M., Wu X., Lin X., Shu X. G., Zhou X. H., Du H. T., Xing W. G., Liu H. N., Li L., et al. 2018. Maternal dietary supplementation with ferrous N-carbamylglycinate chelate affects sow reproductive performance and iron status of neonatal piglets. Animal. 2018. No 12. Pp. 1372-1379.

Информация об авторах

Юдина Кристина Сергеевна, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), e-mail: kristina.yudina.92@internet.ru

Клетикова Людмила Владимировна, доктор биологических наук, доцент, профессор, Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет (Российская Федерация, 153012, г. Иваново, ул. Советская, 45), e-mail: doktor_xxi@mail.ru

Authors' Information

Yudina Kristina Sergeevna, Postgraduate Student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: kristina.yudina.92@internet.ru

Kletikova Lyudmila Vladimirovna, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department, Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biotechnology (Russian Federation, 153012, Ivanovo, Sovetskaya Street, 45), e-mail: doktor_xxi@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-47

MICROCLIMATE FOR THE PRODUCTIVE ANIMALS AND THE ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES FOR ITS PROVISION IN THE SUMMER¹**Gorlov I. F.**, ²**Korniyenko S. V.**¹*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production*²*Volgograd State Technical University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 15.07.2025

Submitted 18.08.2025

Abstract

Introduction. In the conditions of the southern regions of Russia characterized by a hot climate, it is of particular importance to ensure optimal microclimate in premises for keeping cattle in the summer. In such conditions, it is important not only to improve existing ones, but also to introduce new engineering systems. The purpose of this work is to analyze the microclimate and energy-saving technologies for its provision for dairy cows in the productive period based on a generalization of the results of field studies in the summer. **Object.** Agricultural enterprise Donskoye, located in the village of Kalachevsky district of the Volgograd region. **Materials and methods.** Field studies of the microclimate in the premises of the enterprise buildings were carried out by measuring and recording temperature, relative humidity, air velocity. Measurements were carried out by non-destructive testing in the summer of 2024 in representative rooms intended for cattle. **Results and conclusions.** According to the results of field studies, passive energy-saving technologies for providing microclimate for productive animals in summer are disclosed. The identified differences in the microclimate parameters indicate the need to improve cooling systems, especially through the use of passive and hybrid indoor microclimate control systems. This will allow not only to stabilize the temperature and humidity regime, but also to ensure a more uniform distribution of air flows to reduce the heat stress of animals and increase their productivity. It has been established that the reserve for energy saving is the construction of green agricultural buildings.

Keywords: microclimate of livestock buildings, livestock buildings, natural ventilation, energy-saving technologies.

Citation. Gorlov I. F., Korniyenko S. V. Microclimate for the productive animals and the energy-saving technologies for its provision in the summer. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 442-453 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-47.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the design, execution, and analysis of this study. All authors of this article have reviewed and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. The work was carried out under the grant of the Russian Science Foundation 22-16-00041-P, GNU NIIMMP.

УДК 614.94

МИКРОКЛИМАТ ДЛЯ ПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД¹**Горлов И. Ф.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН²**Корниенко С. В.**, доктор технических наук, доцент, советник РААСН¹*ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции»*²*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»
г. Волгоград, Российская Федерация*

Актуальность. В условиях южных регионов России, характеризующихся жарким климатом, особую значимость приобретает обеспечение оптимального микроклимата в помещениях для содержания крупного рогатого скота в летний период. В таких условиях важно не только улучшение существующих, но и внедрение новых инженерных систем. Целью данной работы является анализ микроклимата и энергосберегающих технологий его обеспечения для молочных коров в продуктив-

ный период на основе обобщения полученных результатов натурных исследований в летний период года. **Объект исследования.** Сельскохозяйственное предприятие ООО СП «Донское», расположенное в п. Калачевского района Волгоградской области. **Материалы и методы.** Натурные исследования микроклимата в помещениях зданий предприятия проводились путем измерения и регистрации температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха. Измерения осуществлялись методом неразрушающего контроля в летний период 2024 года в представительных помещениях, предназначенных для содержания крупного рогатого скота. **Результаты и выводы.** По результатам натурных исследований раскрыты пассивные энергосберегающие технологии обеспечения микроклимата для продуктивных животных в летний период. Выявленные различия в параметрах микроклимата указывают на необходимость совершенствования систем охлаждения, особенно за счет применения пассивных и гибридных систем регулирования микроклимата помещений. Это позволит не только стабилизировать температурно-влажностный режим, но и обеспечить более равномерное распределение воздушных потоков для снижения теплового стресса животных и повышения их продуктивности. Резервом энергосбережения является строительство зеленых зданий сельскохозяйственного назначения.

Ключевые слова: микроклимат животноводческих помещений, животноводческие помещения, естественная вентиляция, энергосберегающие технологии.

Цитирование. Горлов И. Ф., Корниенко С. В. Микроклимат для продуктивных животных и энергосберегающие технологии его обеспечения в летний период. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 442-453. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-47.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Работа выполнена по гранту РНФ 22-16-00041-П, ГНУ НИИММП.

Введение. В условиях южных регионов России, характеризующихся жарким климатом, особую значимость приобретает обеспечение оптимального микроклимата в помещениях для содержания крупного рогатого скота (КРС) в летний период [1-3]. Рост частоты и продолжительности экстремально высоких температур наружного воздуха может привести к значительному ухудшению условий содержания животных. Тепловой стресс негативно влияет на здоровье КРС, их продуктивность и репродуктивные функции [4, 5].

Молочный скот сильно подвержен тепловому стрессу: уже при температуре воздуха выше 24 °С и относительной влажности выше 50 % снижается потребление корма, уменьшается молочная продуктивность до 30-35 %, ухудшаются репродуктивные показатели, повышается заболеваемость телят [6-10]. В таких условиях важно не только улучшение существующих, но и внедрение новых систем регулирования микроклимата.

Различают пассивные и активные системы регулирования микроклимата в зданиях.

Пассивные системы регулирования микроклимата направлены на создание теплового комфорта за счет проектирования компактной формы здания, его расположения на участке с учетом преобладающего направления ветра, применения ограждающих конструкций с повышенным уровнем теплозащиты, естественной вентиляции помещений, озеленения прилегающих территорий, применения озелененных и теплоотражающих конструкций крыш, использования солнцезащитных регулируемых устройств [11-15] и др. Как правило, они не требуют применения энергозатратных инженерных систем, что позволяет существенно сократить эксплуатационные затраты, снизить углеродный след в атмосфере, сохранить благоприятную среду обитания для будущих поколений.

Пассивные системы регулирования микроклимата широко применяют в животноводческих комплексах, однако в условиях высокой влажности и ограниченной подвижности воздуха эти системы, как показывает практика, не всегда могут обеспечить требуемый эффект [16, 17]. В этом случае для повышения теплового комфорта в помещениях для продуктивных животных добавляют активные системы регулирования микроклимата, например, механическую вентиляцию и кондиционирование воздуха. Однако в целом активные системы энергозатратны и дорогостоящи по сравнению с пассивными [18, 19].

Гибридные системы регулирования микроклимата сочетают в себе положительные стороны пассивных и активных систем. С одной стороны, они обеспечивают защиту помещений от неблагоприятных климатических воздействий (солнечной радиации, осадков, ветра) для создания термонеutralной среды, с другой стороны направлены на создание оптимального микроклимата для продуктивных животных.

Таким образом, совершенствование систем регулирования микроклимата является актуальным направлением для обеспечения благоприятных условий содержания животных.

Актуальность проблемы возрастает в условиях изменения климата и возникновения сопутствующих ему угроз [20, 21].

Однако, как показал обзор литературных источников, фактические параметры микроклимата для продуктивных животных в условиях южных регионов России в летний период года исследованы недостаточно. Сравнительно мало работ, содержащих результаты натурных измерений температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне коровников. Отсутствует анализ и обобщение энергосберегающих технологий обеспечения микроклимата для продуктивных животных, что замедляет внедрение инновационных решений в практику.

Целью данной работы является анализ микроклимата и энергосберегающих технологий его обеспечения для молочных коров в продуктивный период на основе обобщения полученных результатов натурных исследований в летний период года.

Материалы и методы. Метод, использованный в данном исследовании, включает в себя комплекс измерительных процедур, позволяющий *in-situ* оперативно определить требуемые параметры микроклимата в обслуживаемой зоне помещений. Более подробная информация представлена в следующих разделах.

Объектом исследования является сельскохозяйственное предприятие ООО СП «Донское» – лидер по производству молока в регионе. Территориально хозяйство находится в Волгоградской области, Калачевском районе, п. Ильевка. Специализируется в области молочного животноводства на выращивании, содержании, селекции голштинской породы коров – породы крупного рогатого скота молочного направления продуктивности и на производстве собственных кормов (рисунки 1-4).



Рисунок 1 – Роботизированный молочный комплекс СП «Донское» (июль, 2025)
Figure 1 – Robotic dairy complex of the Donskoye agricultural enterprise (July, 2025)

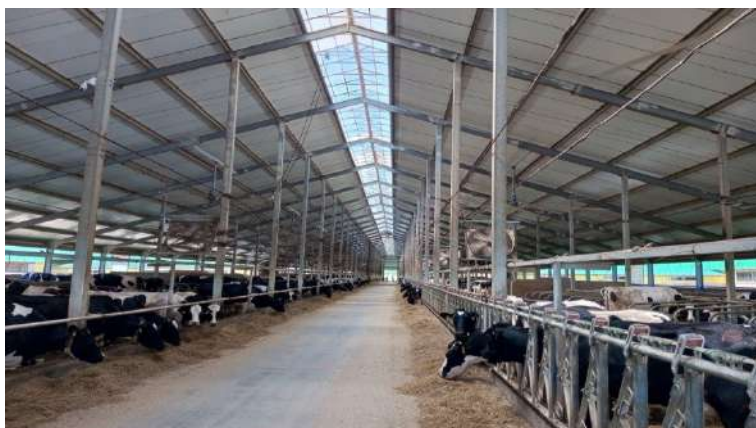


Рисунок 2 – Стойловое содержание животных голштинской породы (2025)
Figure 2 – Holstein cows in stalls (2025)



Рисунок 3 – Кормление коров при стойловом содержании (2025)
Figure 3 – Feeding cows at stall (2025)



Рисунок 4 – Содержание молодняка (2025)
Figure 4 – Maintenance of young cattle (2025)

Племенное хозяйство ООО СП «Донское» развивается с 2004 года. За время существования хозяйства значительно увеличилось количество коров. Общее поголовье КРС хозяйства на 20 июля 2025 года составило более 0000 голов (в том числе 4015 дойных коров), что в 4,87 раза больше, чем в 2014 году. Суточный удой молока составляет 34,5 л/гол.

В молочном комплексе СП «Донское» предусмотрено роботизированное доение коров. Такой способ снижает стресс при доении, повышает надой, снижает травматизм у животных, позволяет осуществлять мониторинг за процессом молокоотдачи.

Для снижения теплового стресса животных в летний период года предусмотрено автоматизированное воздушно-капельное орошение. При таком способе животное через специальные форсунки поливается крупными каплями воды, а затем обдувается с помощью вентиляторов, создавая испарительное охлаждение. Следует подчеркнуть, что охлаждается животное, а не помещение.

Климат Волгограда (48°42'42" с. ш. 44°30'50" в. д.) – умеренно-континентальный, определяемый как «Dfa» согласно международной классификации климата Köppen [22]. Эта характеристика обозначает снежные (D), полностью влажные (f) и жаркие летние (a) условия ($T_{\min} \leq -3\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\max} \geq +22\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Преобладающее направление ветра за июнь-август – восточное. Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль – 2,5 м/с.

Метод натуральных испытаний. Натурные исследования микроклимата в помещениях зданий молочного комплекса СП «Донское» проводились путем измерения и регистрации температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха. Эти параметры являются ключевыми с точки зрения поддержания здоровья животных и обеспечения их продуктивности.

Измерения осуществлялись в летний период (с 20 июля по 20 августа) 2025 года в представительных помещениях, предназначенных для содержания КРС.

Для возможности обобщения результатов замеры проводились в помещениях различного функционального назначения:

- коровник № 1, 2 (стойловые помещения для содержания взрослых животных);
- коровник № 3 (стойловое помещение для размещения молодняка);
- отстойник для временного содержания коров перед доением;
- доильно-молочный блок (помещение для доения коров).

Все измерения проводились в обслуживаемой зоне помещений на высоте 1,0 м от уровня пола (на уровне головы коровы).

Измерения и оценка параметров микроклимата в помещениях осуществлялись методом неразрушающего контроля с использованием комплекта современных приборов стик-класса (рисунок 5).



а



б

Рисунок 5 – Измерения параметров микроклимата в помещениях (25.07.2025):

а – температуры и скорости воздуха с помощью термоанемометра;

б – температуры и относительной влажности воздуха с помощью термогигрометра

Figure 5 – Measurement of microclimate parameters in premises (25.07.2025): a – air temperature and air velocity using a thermal anemometer; b – air temperature and relative humidity using thermohygrometer

На момент проведения обследования зафиксированы параметры наружного климата, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры наружного климата
Table 1 – Outdoor climate parameters

Наименование параметра / Parameter	Единица / Unit	Значение параметра / Value
Температура / Air temperature	°C / Celsius degree	+27
Относительная влажность / Relative humidity	% / Percentage terms	36
Скорость воздуха / Air velocity	м/с / m/s	4,7-5,4
Преобладающее направление ветра / Prevailing wind direction	– / –	северо-западное (СЗ) / Northwest (NW)
Облачность / Cloudiness	% / Percentage terms	16
Атмосферное давление воздуха / Atmospheric air pressure	гПа / hPa	1004

Метрологические характеристики использованного в эксперименте оборудования приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические характеристики измерительного оборудования
Table 2 – Metrological characteristics of measuring equipment

Наименование оборудования, характеристики / Equipment, characteristics	Значение характеристики / Value
Термоанемометр Testo V1 / Thermoanemometer Testo V1	
диапазон измерения температуры воздуха, °C / air temperature measurement range in Celsius degree	от -20 до +50
диапазон измерения скорости воздуха, м/с / air velocity measurement range in m/s	от 0 до 10
точность измерений (в диапазоне от 0 до 2 м/с) / measurement accuracy (in the range from 0 to 2 m/s)	±(0,1 м/с + 5 % от изм. знач.)
Термогигрометр ТГЦ-МГ4 / Thermohygrometer TGTs-MG4	
диапазон измерения температуры, °C / temperature measurement range in Celsius degree	от -30 до +85
диапазон измерения относительной влажности, % / relative humidity measurement range in percentage terms	от 0 до 100
предел допускаемой абсолютной погрешности по каналу температуры, °C / limit of permissible absolute error by temperature channel in Celsius degree	±0,5
пределы допускаемой основной абсолютной погрешности по каналу влажности, % / limits of permissible basic absolute error by humidity channel in percentage terms	± 3

Как видно из таблицы 2, приборы обеспечивают высокую точность измерений. Приборы имеют государственное свидетельство об утверждении типа средств измерений.

Для сравнительной оценки температур внутренних поверхностей ограждающих конструкций использовался инфракрасный термометр.

Результаты и обсуждение. Результаты натурных исследований микроклимата помещений представлены ниже.

Анализ микроклимата для продуктивных животных. Результаты измерений параметров микроклимата помещений приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Фактические параметры микроклимата в обслуживаемой зоне помещений
Table 3 – Actual microclimate parameters in the attended area of premises

Помещение / Premises	Температура, °C / Air temperature in Celsius degree	Относительная влажность, % / Relative humidity in percent terms	Скорость воздуха, м/с / Air velocity in m/s
Стойловое (взрослые животные) / Stall (adult cows)	28,3	37,9	0,32-2,1
Стойловое (молодняк) / Stall (young)	27,2	38,2	0,24-0,94
Отстойник для коров перед доением / Cow sump before milking	27,9	56,2	0,10-2,5
Доильный зал / Milking parlour	28,3	42,7	0,15-0,31

По результатам измерений установлено, что температура внутренней поверхности ограждающих конструкций близка к температуре внутреннего воздуха, что подтверждает их проектные теплотехнические показатели.

На основании табличных данных (таблица 3) построены графики изменения параметров микроклимата по помещениям (рисунки 6-8).

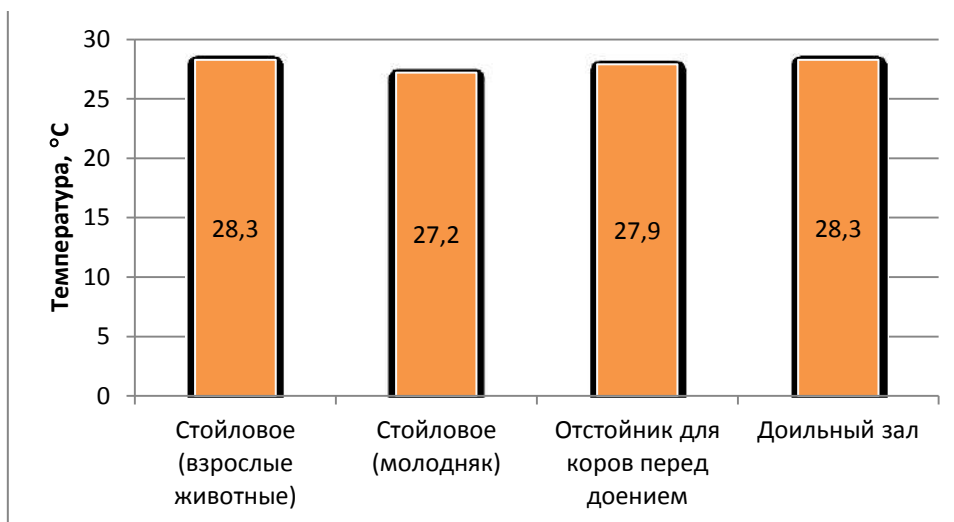


Рисунок 6 – Графики изменения температуры воздуха по помещениям
Figure 6 – Diagrams of air temperature variation in premises

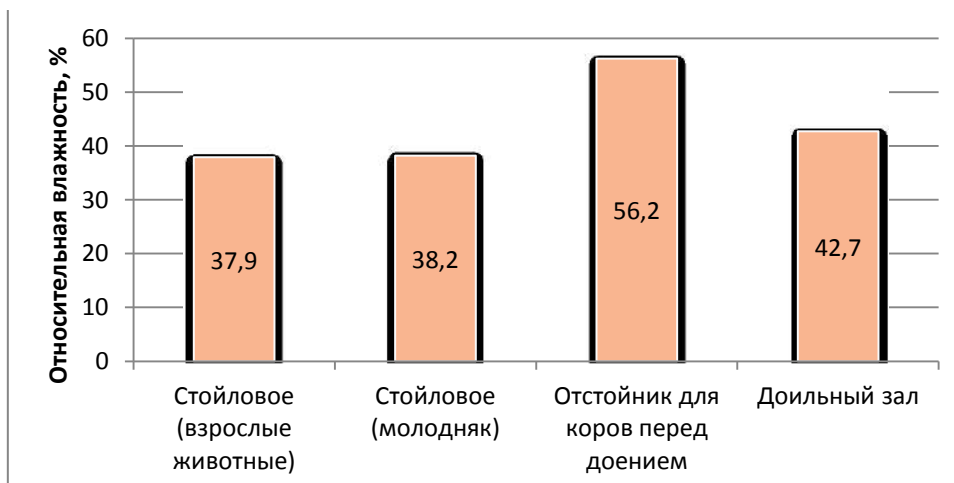


Рисунок 7 – Графики изменения относительной влажности воздуха по помещениям
Figure 7 – Diagrams of air relative humidity variation in premises

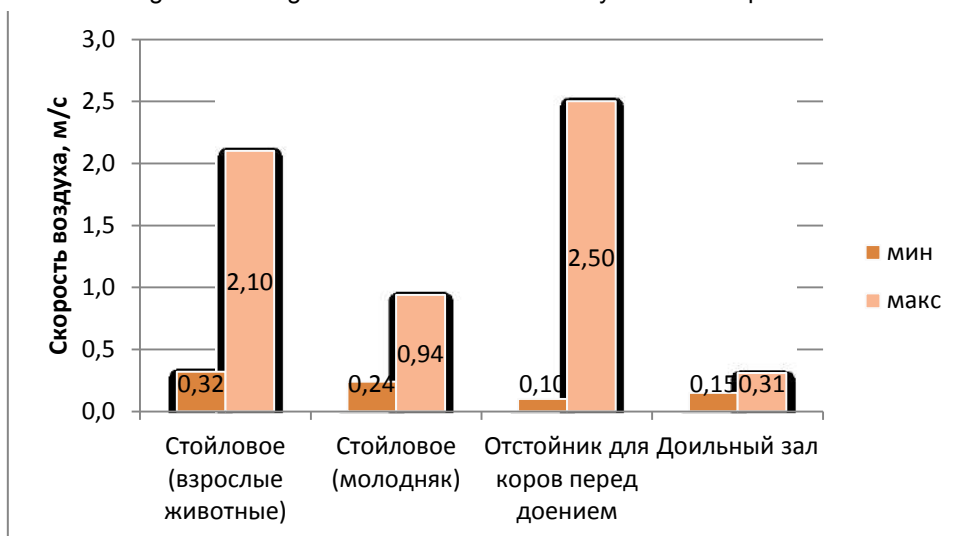


Рисунок 8 – Графики изменения скорости движения воздуха по помещениям
Figure 8 – Diagrams of air velocity variation in premises

Как видно из рисунка 6, значения температуры воздуха в различных помещениях меняются незначительно. Минимальная температура (27,2 °С) отмечается в стойловом помещении для молодняка, максимальная температура (28,3 °С) – в стойловом помещении для взрослых животных и доильном зале. Полученные результаты указывают на относительно стабильный температурный режим, который поддерживается во всех обследованных помещениях комплекса.

По сравнению с температурой изменение относительной влажности воздуха в помещениях носит более выраженный характер (рисунок 7). Влажностный режим в помещениях комплекса для содержания КРС зависит от количества коров, их возраста и назначения помещений. Минимальная влажность (37,9 %) наблюдается в стойловом помещении для взрослых животных, что можно объяснить меньшей плотностью их размещения и относительно стабильной циркуляцией воздуха. В помещениях для молодняка влажность воздуха такая же, как и в помещениях для взрослых животных (38,2 %). В доильном зале данный параметр немного выше (42,7 %), что связано с процессом доения, когда влажность может повышаться из-за повышенной активности животных и работы оборудования. Максимальное значение (56,2 %) было зафиксировано в отстойнике для молочного стада перед доением.

Наиболее существенные различия характерны для воздушного режима помещений (рисунок 8). Так, в стойловом помещении для взрослых коров скорость воздуха колеблется от 0,32 до 2,1 м/с, а в стойловом помещении для молодняка – от 0,24 до 0,94 м/с. В доильном зале сохраняется относительная равномерность скорости воздуха (0,15-0,31 м/с). Наименьшее значение данного показателя зафиксировано в отстойнике для животных перед доением (0,1 м/с). Кроме того, в этом помещении наблюдается высокая неравномерность воздушных потоков с образованием застойных зон.

Относительное ухудшение влажностного режима в отстойнике для животных перед доением можно объяснить снижением циркуляции воздушных потоков вследствие недостаточно точной настройки системы вентиляции. Данный производственный сектор имеет особое назначение, так как животные находятся там определенное время перед доением. По сравнению с другими помещениями плотность размещения коров в отстойнике достаточно высока, что может привести к накоплению влаги и повышению влажности воздуха, и создать неблагоприятные условия для животных.



Рисунок 9 – Размещение животных в отстойнике перед доением
Figure 9 – Placement of animals in the cow sump before milking

Это указывает на необходимость усиленной вентиляции и контроля влажности в помещениях с высокой плотностью поголовья и интенсивными процессами влаговыделений, такими как отстойник для животных перед доением. Выявленные различия в параметрах микроклимата указывают на необходимость совершенствования систем охлаждения,

особенно за счет применения пассивных и гибридных систем регулирования микроклимата помещений, что позволит не только стабилизировать температурно-влажностный режим, но и обеспечить наиболее равномерное распределение воздушных потоков для снижения теплового стресса коров и повышения их продуктивности.

Анализ энергосберегающих технологий обеспечения микроклимата для продуктивных животных. Опыт строительства сельскохозяйственного предприятия ООО СП «Донское», безусловно, положительный. При строительстве комплекса были применены наиболее передовые градостроительные, архитектурные, инженерные решения и энергосберегающие технологии, что позволило получить в целом необходимый микроклимат для продуктивных животных.

Следует отметить, что в комплексе использованы, главным образом, пассивные энергосберегающие системы регулирования микроклимата помещений, что снижает эксплуатационные затраты.

Одним из важнейших критериев при проектировании коровников является обеспечение требуемого воздухообмена, что позволит получать максимальные надои.

Широтно-меридиональная ориентация зданий (рисунок 1) и требуемые разрывы между ними (отношение максимальной высоты здания к расстоянию между зданиями близко к 1/3) способствуют созданию кросс-вентиляции помещений. При этом воздушные потоки входят через открытые проемы в наружных стенах с наветренной стороны, а выходят с подветренной. Открытые ворота в торцевых стенах коровника усиливают естественную вентиляцию помещений.

По длине конька крыши предусмотрена щель для создания естественной вытяжной вентиляции при понижении температуры наружного воздуха вследствие теплового напора.

Для повышения эффективности воздухообмена в коровнике продуманы архитектурные решения, включая увеличенную высоту торцевой стены в коньке, угол наклона кровли, размеры вентиляционных штор, встроенных в проемы наружных стен. Для дополнительного освещения коровника в покрытие встроен ленточный светоаэрационный фонарь (рисунок 2).

Здание имеет прямоугольную форму в плане (отношение ширины здания к его длине равно 1/5). Из опыта эксплуатации сельскохозяйственных зданий известно, что прямоугольные здания лучше, чем квадратные, так как поглощают на 10-12 % меньше теплоты солнечной радиации в летний период.

Применение двускатных крыш с углом наклона кровли 25-40° позволяет создать оптимальный микроклимат внутри фермы и дает возможность избежать повышенной влажности, возникновения запахов, а также риска получения животными теплового удара летом. При этом мощность нагрузки на охлаждение зданий снижается примерно на 15 %.

Важным требованием к зданию является способность его ограждающих конструкций обеспечивать стабильность температурно-влажностного режима внутри помещений. С этой целью в качестве конструкций покрытия молочной фермы были применены панели полистовой сборки, обеспечивающие минимальный нагрев помещения в летний период (рисунок 3). В качестве стеновых ограждающих конструкций использованы энергосберегающие, экологически безопасные, экономически эффективные сэндвич-панели (рисунок 4), что подтверждается результатами натурного обследования.

Автоматизированная система воздушно-капельного орошения способствует охлаждению животных во избежание теплового стресса в летний период.

Резерв энергосбережения сельскохозяйственных зданий. Резервом энергосбережения является строительство зеленых зданий сельскохозяйственного назначения.

Главной целью зеленого строительства является снижение уровня потребления энергетических и материальных ресурсов при обеспечении комфортных условий внутренней среды в течение всего жизненного цикла здания, включая инженерные изыскания, проектирование, строительство, эксплуатацию, капитальный ремонт, реконструкцию, снос. Основной идеей строительства зеленых зданий является повышение устойчивости среды обитания, что достигается сокращением общего влияния застройки на окружающую среду и здоровье скотопоголовья.

Ключевыми критериями зеленых зданий являются:

- архитектура и планировка участка;
- организация и управление строительством;

- комфорт и качество внутренней среды;
- энергоэффективность и атмосфера;
- рациональное водопользование;
- материалы и ресурсоэффективность;
- отходы производства и потребления;
- экологическая безопасность территории;
- безопасность эксплуатации здания;
- инновации устойчивого развития.

Для более полного и точного учета потребительских характеристик зданий разработаны новые системы рейтинговой оценки устойчивости среды обитания.

Реализация принципов зеленого строительства позволяет создать новую, экологически устойчивую, энергоэффективную архитектуру с целью сохранения и повышения качества окружающей среды для будущих поколений.

Выводы. По итогам проведенного исследования сформулированы следующие выводы.

1. Раскрыты пассивные энергосберегающие технологии обеспечения микроклимата для продуктивных животных в летний период.

2. Температура внутренней поверхности ограждающих конструкций близка к температуре внутреннего воздуха, что подтверждает их проектные теплотехнические показатели.

3. Значения температуры воздуха в различных помещениях меняются незначительно (от 27,2 до 28,3 °C), что указывает на относительно стабильный температурный режим, который поддерживается во всех обследованных помещениях комплекса.

3. Влажностный режим в помещениях комплекса для содержания КРС зависит от количества животных, их возраста и назначения помещений. Максимальная влажность (56,2 %) зафиксирована в отстойнике для животных перед доением.

4. Наиболее существенные различия характерны для воздушного режима помещений. Наименьшая скорость воздуха зафиксирована в отстойнике для животных перед доением (0,1 м/с). Кроме того, в этом помещении наблюдается высокая неравномерность воздушных потоков с образованием застойных зон.

5. Относительное ухудшение влажностного режима в отстойнике для животных перед доением можно объяснить снижением циркуляции воздушных потоков вследствие недостаточно точной настройки системы вентиляции. По сравнению с другими помещениями плотность размещения животных в отстойнике достаточно высока, что может привести к накоплению влаги и повышению влажности воздуха, и создать неблагоприятные условия для животных.

6. Выявленные различия в параметрах микроклимата указывают на необходимость совершенствования систем охлаждения, особенно за счет применения пассивных и гибридных систем регулирования микроклимата помещений. Это позволит не только стабилизировать температурно-влажностный режим, но и обеспечить более равномерное распределение воздушных потоков для снижения теплового стресса животных и повышения их продуктивности.

7. Установлено, что резервом энергосбережения является строительство зеленых зданий сельскохозяйственного назначения.

Conclusions. Based on the results of the research, the following conclusions are formulated.

1. Disclosed are passive energy-saving technologies for providing a microclimate for productive animals in summer.

2. The temperature of the inner surface of the enclosing structures is close to the temperature of the inner air, which confirms their design thermal indicators.

3. The air temperature in various premises varies slightly (from 27.2 to 28.3 °C), which indicates a relatively stable temperature conditions that is maintained in all the examined premises of the complex.

3. The humidity conditions in the premises of the cattle maintenance complex depends on the number of animals, their age and the purpose of the premises. The maximum humidity (56.2 %) was recorded in the animal sump before milking.

4. The most significant differences are characteristic of the air velocity conditions in the premises. The lowest air velocity was recorded in the animal sump before milking (0.1 m/s). In addition, in this room there is a high unevenness of air flows with the formation of stagnant zones.

5. The relative deterioration of the humidity conditions in the cow sump before milking can be explained by a decrease in the circulation of air flows due to insufficient fine-tuning of the ventilation system. Compared to other premises, the density of animals in the settling tank is quite high, which can lead to the accumulation of moisture and an increase in air humidity, and create unfavorable conditions for animals.

6. The identified differences in the microclimate parameters indicate the need to improve cooling systems, especially through the use of passive and hybrid indoor microclimate control systems. This will allow not only to stabilize the temperature and humidity regime, but also to ensure a more uniform distribution of air flows to reduce the heat stress of animals and increase their productivity.

7. It has been established that the reserve for energy saving is the construction of green agricultural buildings.

Библиографический список

1. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Мишина О. Ю., Карпенко Е. В., Мосолова Н. И. Влияние разных агроэкологических условий юга России на качественные показатели молока-сырья. Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 4. С. 114-125.
2. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Kholodov O. A., Kholodova M. A., Shakhbazova O. P., Mosolova D. A., Poorghasemi M., Seidavi A. A Novel Method to Determine the Growth Potential of Agricultural Enterprises in Various Business Plans // *Argumenta Oeconomica*. 2022. No. 2 (49). Pp. 219-239.
3. Tabunshchikov Yu. A., Brodach M. M. Optimization problems of mathematical modeling of a building as a unified heat and power system. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2020. No. 16 (1). Pp. 156-161.
4. Józwiak W., Mirkowska Z., Sobierajewska J., Zieliński M., Ziętara W. Environmental, Climate, and Economic Aspects of Dairy Cow Farming. *Problems of Agricultural Economics*. 2023. Vol. 376 (3). Pp. 26-46.
5. Ivanov Yu., Novikov N. Digital intelligent microclimate control of livestock farms. *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 175 (5). P. 11012.
6. Вторый В. Ф., Вторый С. В., Гордеев В. В. Влияние объемно-планировочных решений на микроклимат в коровниках. *Аграрный научный журнал*. 2022. № 9. С. 92-95.
7. Староселов М. А., Басова Н. Ю., Схатум А. К., Федоров Ю. Е., Пачина В. В. Влияние параметров окружающей среды в различные сезоны года на микроклимат животноводческих помещений. *Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*. 2018. № 1 (25). С. 69-72.
8. Бугаров В. С. Влияние освещенности животноводческого помещения на молочную продуктивность коров. *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2020. № 3 (32). С. 77-87.
9. Ильин Р. М., Вторый С. В. Беспроводные сенсорные сети для мониторинга параметров микроклимата на фермах КРС. *Техника и оборудование для села*. 2020. № 11 (281). С. 32-34.
10. Новиков Н. Н. Расчет систем водоиспарительного охлаждения в животноводстве. *Техника и оборудование для села*. 2020. № 11 (281). С. 35-38.
11. Мазоло Н. В., Гуйван В. В. Влияние условий содержания коров на их продуктивность и качество молока. *Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины*. 2021. Т. 57. № 1. С. 94-98.
12. Крупин Е. О. Метеопараметры внешней среды и микроклимата животноводческого помещения и их использование при анализе теплового стресса посредством ТВИ и ЭТИ. *Достижения науки и техники АПК*. 2021. Т. 35. № 6. С. 50-56.
13. Korniyenko S. V. Advantages, Limitations and Current Trends in Green Roofs Development. *A Review*. *AlfaBuild*. 2021. No. 5 (20). P. 2002.
14. Korniyenko S. V. The Influence of the Sky Radiative Temperature on the Building Energy Performance. *Magazine of Civil Engineering*. 2022. No. 114 (6). P. 11412.
15. Korniyenko S. V., Dubov I. A., Nazarov K. R. Field Study of Thermal Comfort in Dwelling during the Winter, Mid-season and Summer. *Magazine of Civil Engineering*. 2023. No. 121 (5). P. 12101.
16. Vatin N., Korniyenko S. V., Gorshkov A. S., Pestryakov I. I., Olshevskiy V. Actual Thermophysical Characteristics of Autoclaved Aerated Concrete. *Magazine of Civil Engineering*. 2020. No. 4 (96). Pp. 129-137.
17. Vatin N., Korniyenko S. Energy Performance of Buildings Made of Textile-Reinforced Concrete (TRC) Sandwich Panels. *Magazine of Civil Engineering*. 2022. No. (113).
18. Камера С., Сулин А. Б. Аналитический обзор пассивных радиационных систем охлаждения. *Вестник Международной академии холода*. 2020. № 1. С. 37-44.
19. Zhou X., Wang X., Zhang Y. Energy-efficient methods for reducing overheating in livestock buildings. *Journal of Agricultural and Environmental Engineering*. 2020. Vol. 35. No. 4. Pp. 205-214.
20. Vasilyev G. P., Tabunshchikov Yu. A., Brodach M. M., Leskov V. A., Mitrofanova N. V., Timofeev N. A., Gornov V. F., Esaulov G. V. Modeling Moisture Condensation in Humid Air Flow in the Course of Cooling and Heat Recovery. *Energy and Buildings*. 2016. Vol. 112. Pp. 93-100.
21. Varlamov N. V., Gorshkov A. S., Yuferev Yu. V., Lezer A. Yu., Zhirnov A. E., Parashchenko N. A. The Heat-Storage Capacity of the Lakhta Center Multifunctional Complex Tower Building. *Thermal Engineering*. 2023. Vol. 70. No. 1. Pp. 32-40.
22. Kottek M., Grieser J., Beck C., Rudolf B., Rubel F. World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated. *Meteorologische Zeitschrift*. 2006. Vol. 15. Pp. 259-263.

References

1. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mishina O. Yu., Karpenko E. V., Mosolova N. I. Influence of Different Agroecological Conditions of the South of Russia on the Quality Indicators of Raw Milk. *The South of Russia: Ecology, Development*. 2020. V. 15. № 4. Pp. 114-125.
2. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Kholodov O. A., Kholodova M. A., Shakhbazova O. P., Mosolova D. A., Poorghasemi M., Seidavi A. A Novel Method to Determine the Growth Potential of Agricultural Enterprises in Various Business Plans // *Argumenta Oeconomica*. 2022. No. 2 (49). Pp. 219-239.
3. Tabunshchikov Yu. A., Brodach M. M. Optimization problems of mathematical modeling of a building as a unified heat and power system. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2020. No. 16 (1). Pp. 156-161.

4. Józwiak W., Mirkowska Z., Sobierajewska J., Zieliński M., Ziętara W. Environmental, Climate, and Economic Aspects of Dairy Cow Farming. *Problems of Agricultural Economics*. 2023. Vol. 376 (3). Pp. 26-46.
5. Ivanov Yu., Novikov N. Digital intelligent microclimate control of livestock farms. *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 175 (5). P. 11012.
6. Vtoroy V. F., Vtoroy S. V., Gordeev V. V. Influence of Space-Planning Solutions on the Microclimate in Cowsheds. *Agrarian Scientific Journal*. 2022. № 9. Pp. 92-95.
7. Staroselov M. A., Basova N. Yu., Shatum A. K., Fedorov Y. E., Pachina V. V. Influence of Environmental Parameters in Different Seasons of the Year on the Microclimate of Livestock Buildings. *Russian Journal Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology*. 2018. № 1 (25). Pp. 69-72.
8. Buyarov V. S. Influence of Illumination of Livestock Premises on Milk Productivity of Cows. *Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region*. 2020. № 3 (32). Pp. 77-87.
9. Ilyin R. M., Vtoroy S. V. Wireless Sensor Networks for Monitoring Microclimate Parameters on Cattle Farms. *Machinery and equipment for the village*. 2020. № 11 (281). Pp. 32-34.
10. Novikov N. N. Calculation of water evaporative cooling systems in animal husbandry. *Machinery and equipment for the village*. 2020. № 11 (281). Pp. 35-38.
11. Mazolo N. V., Guivan V. V. Influence of cow housing conditions on their productivity and milk quality. *Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine*. 2021. V. 57. № 1. Pp. 94-98.
12. Krupin E. O. Meteoroparameters of the External Environment and Microclimate of a Livestock Facility and Their Use in the Analysis of Thermal Stress by Means of TWI and ETI. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2021. V. 35. № 6. Pp. 50-56.
13. Korniyenko S. V. Advantages, Limitations and Current Trends in Green Roofs Development. *A Review*. *AlfaBuild*. 2021. No. 5 (20). P. 2002.
14. Korniyenko S. V. The Influence of the Sky Radiative Temperature on the Building Energy Performance. *Magazine of Civil Engineering*. 2022. No. 114 (6). P. 11412.
15. Korniyenko S. V., Dubov I. A., Nazarov K. R. Field Study of Thermal Comfort in Dwelling during the Winter, Mid-season and Summer. *Magazine of Civil Engineering*. 2023. No. 121 (5). P. 12101.
16. Vatin N., Korniyenko S. V., Gorshkov A. S., Pestryakov I. I., Olshevskiy V. Actual Thermophysical Characteristics of Autoclaved Aerated Concrete. *Magazine of Civil Engineering*. 2020. No. 4 (96). Pp. 129-137.
17. Vatin N., Korniyenko S. Energy Performance of Buildings Made of Textile-Reinforced Concrete (TRC) Sandwich Panels. *Magazine of Civil Engineering*. 2022. No. (113).
18. Kamara S., Sulin A. B. Analytical review of passive radiation cooling systems. *Bulletin of the International Academy of Refrigeration*. 2020. № 1. Pp. 37-44.
19. Zhou X., Wang X., Zhang Y. Energy-efficient methods for reducing overheating in livestock buildings. *Journal of Agricultural and Environmental Engineering*. 2020. Vol. 35. No. 4. Pp. 205-214.
20. Vasilyev G. P., Tabunshchikov Yu. A., Brodach M. M., Leskov V. A., Mitrofanova N. V., Timofeev N. A., Gornov V. F., Esaulov G. V. Modeling Moisture Condensation in Humid Air Flow in the Course of Cooling and Heat Recovery. *Energy and Buildings*. 2016. Vol. 112. Pp. 93-100.
21. Varlamov N. V., Gorshkov A. S., Yuferev Yu. V., Lezer A. Yu., Zhirnov A. E., Parashchenko N. A. The Heat-Storage Capacity of the Lakhta Center Multifunctional Complex Tower Building. *Thermal Engineering*. 2023. Vol. 70. No. 1. Pp. 32-40.
22. Kottke M., Grieser J., Beck C., Rudolf B., Rubel F. World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated. *Meteorologische Zeitschrift*. 2006. Vol. 15. Pp. 259-263.

Информация об авторах

Горлов Иван Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, научный руководитель, ГНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. имени Маршала Рокоссовского, 6), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Корниенко Сергей Валерьевич, доктор технических наук, доцент, советник РААСН, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28), 0000-0002-5156-7352, e-mail: skorn73@mail.ru

Author's Information

Gorlov Ivan Fedorovich, Doctor of Agriculture Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, Marshal Rokossovsky Street, 6), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Kornienko Sergey Valerievich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, Lenin Avenue, 28), 0000-0002-5156-7352, e-mail: skorn73@mail.ru

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ /
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-48

THE SIMULATION OF HARMFUL GAS EMISSIONS DURING BROILER CHICKEN GROWING
IN THE TECHNOLOGICAL MODULE¹Dzhabborov N. I., ²Kosulnikov R. A., ¹Soshnev D. A., ¹Trifanov A. V.¹Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) –
branch of Federal Scientific Agro-engineering Center VIM
Saint Petersburg, Russian Federation²Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: soshnevdima@mail.ru

Received 11.05.2025

Submitted 02.06.2025

Abstract

Introduction. The research topics are related to the problem of reducing the negative impact of technologies and technical means of poultry production on the environment. Reduction of harmful gas emissions such as ammonia (NH₃), carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and hydrogen sulfide (H₂S) during broiler chicken farming is an urgent environmental and production problem. Emissions of these gases into the atmosphere in excess of maximum permissible concentrations have a negative impact on the environment. The aim of the research is to develop mathematical models for calculating the amount of harmful gas emissions during the growing of broiler chickens in the technological module. **Object.** Technology of growing broiler chickens in the technological module. **Materials and methods.** A portable gas analyzer "ELAN Plus" was used for measurements. Air temperature and humidity were measured using psychrometric hygrometer VIT-2 and wireless weather station Davis VP2. Air environment parameters were measured in the breathing zone of birds. **Results and conclusion.** Analysis of literature sources shows that the amount of harmful gas emissions from manure depends on temperature, humidity, method and duration of storage, utilization, etc. It is established that 1 kg of poultry manure emits on average 0.62 cubic meters of gas, 60 % of which is methane. Mathematical models were developed to determine the amount of harmful gas emissions in the technological module and during manure storage. The total mass of harmful gases emitted from litter and during respiration of broiler chickens was determined by the calculation and empirical method, which amounted to 9211091,26 g (or 9211,09 kg) for one year. The mass of harmful gas emissions from litter alone, accumulated during the year, is equal to 1395730 g (or 1395.73 kg). The total mass of harmful gas emissions in the technology of growing broiler chickens in the technological module amounted to 10606821.3 g (or 10606.82 kg).

Keywords: emissions of harmful gases, modeling of gas emissions, poultry farming, broiler chicken breeding.

Citation. Dzhabborov N. I., Kosulnikov R. A., Soshnev D. A., Trifanov A. V. The simulation of harmful gas emissions during broiler chicken growing in the technological module. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 454-463 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-48.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 519.87:636.6.083:631.95

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ГАЗОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ
ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ МОДУЛЕ¹Джабборов Н. И., доктор технических наук, профессор²Косульников Р. А., доктор технических наук, доцент¹Сошнев Д. А., ведущий инженер¹Трифанов А. В., кандидат технических наук, доцент¹Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) –
филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность темы исследований связана с проблемой снижения негативного влияния технологий и технических средств производства продукции птицеводства на окружающую среду. Снижение выбросов вредных газов, таких как аммиак (NH₃), углекислый газ (CO₂), метан (CH₄) и сероводород (H₂S), при выращивании цыплят-бройлеров представляет собой актуальную экологическую и

производственную проблему. Выбросы указанных газов в атмосферу сверх предельно допустимых концентраций оказывают негативное влияние на окружающую среду. Цель исследований – разработка математических моделей для расчета количества выбросов вредных газов при выращивании цыплят-бройлеров в технологическом модуле. **Объект.** Технология выращивания цыплят-бройлеров в технологическом модуле. **Материалы и методы.** Для проведения замеров использовался переносной газоанализатор «ЭЛАН плюс». Температура и влажность воздуха измерялись с помощью психрометрического гигрометра ВИТ-2 и беспроводной метеостанции Davis VP2. Замеры параметров воздушной среды проводились в зоне дыхания птицы. **Результаты и выводы.** Анализ литературных источников показывает, что количество выбросов вредных газов от помета зависит от температуры, влажности, способа и продолжительности хранения, утилизации и т.д. Установлено, что из 1 кг птичьего помета выделяется в среднем 0,62 куб. метров газа, 60 % из которого является метаном. Разработаны математические модели для определения количества выбросов вредных газов в технологическом модуле и при хранении помета. Расчетно-эмпирическим методом определена общая масса вредных газов, выделяемых из помета и при дыхании цыплят-бройлеров, которая за 1 год составила 9211091,26 г (или 9211,09 кг). Масса выбросов вредных газов только из помета, накопленного в течение года, равна 1395730 г (или 1395,73 кг). Общая масса выбросов вредных газов в технологии выращивания цыплят-бройлеров в технологическом модуле составила 10606821,3 г (или 10606,82 кг).

Ключевые слова: выбросы вредных газов, моделирование выбросов газов, птицеводство, выращивание цыплят-бройлеров.

Цитирование. Джаббаров Н. И., Косульников Р. А., Сошнев Д. А., Трифанов А. В. Моделирование выбросов вредных газов при выращивании цыплят-бройлеров в технологическом модуле. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 454-463. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-48.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Роль моделирования процесса выбросов вредных газов при выращивании цыплят-бройлеров в технологическом модуле имеет большое значение для оптимизации производственных процессов, обеспечивающих экологическую безопасность интенсивных технологий в птицеводстве. При интенсивном выращивании цыплят-бройлеров в технологическом модуле выделяются вредные газы такие, как аммиак, сероводород, метан, углекислый газ, которые накапливаются внутри технологического модуля и создают критическую обстановку, которая отражается на здоровье птицы и рабочего персонала.

Моделирование выбросов вредных газов при выращивании цыплят-бройлеров в технологическом модуле позволяет не только давать оценку количества выбросов вредных газов в атмосферу на разных стадиях развития птицы, но и прорабатывать пути их снижения. Важность данной темы раскрывается в следующих научных работах.

Авторами работы [1] проведен анализ выделения вредных газов при хранении помета и дыхании цыплят-бройлеров, находившихся в разных стадиях их развития. Установлено, что за 1 цикл общий объем выделяемого углекислого газа (CO_2) на одну птицу составил 4093,3 г для самцов и 3597,2 г для самок мясного кросса Cobb. Выявлено, что выбросы CO_2 прямо пропорциональны живой массе птицы.

Авторы работы [2] в результате анализа состава воздуха и контроля его движения, а также влажности и температуры в птичниках установили, что микроклимат оказывает значительное влияние на рост и развитие птицы. Авторами данной работы выявлено, что при недостаточной вентиляции происходит снижение концентрации кислорода до 16-18 %. Дефицит кислорода, как показывает практика, в закрытых помещениях приводит к нарушению дыхательных функций, появлению одышки и ухудшению общего состояния, так как птица особенно чувствительна к изменению состава воздуха.

В работе «Углеродный след – индикатор антропогенного воздействия от птицефабрик» [3], автор установил, что при количестве 6000 голов и образовании помета куриного свежего – 9392 кг на птицефабрике за период 28 дней максимально разовый выброс загрязняющих веществ составил – 39,8286121 г/с, годовой выброс составит – 1250,03516 т/год. Годовой выброс основных парниковых газов, таких как: углекислого газа и метана составил – 1227,3089 и 20,47298 т/год соответственно. Автор данной работы установил, что для уменьшения углеродного следа необходимо разработать меры по переработке куриного помета.

Авторами работы [4] изучалось влияние различных материалов для подстилки на санитарные условия содержания цыплят-бройлеров. Авторы данной работы заключают, что в процессе выращивания цыплят-бройлеров на птицеводческом предприятии помет накапливается в помещении, что приводит к значительным выбросам вредных газов. Установлено, что при хранении тонны помета образуется свыше 100 м³ парниковых газов, включая около 60 м³ метана, 20 м³ углекислого газа, а также другие вредные соединения, такие как аммиак, сероводород, метиламин, фенолы и метанол.

Исследование [5] посвящено проблеме утилизации куриного помета при клеточном содержании птиц. Установлено, что эффективная технология утилизации включает в себя термическую сушку и сжигание помета с предварительным механическим удалением до 80-90 % влаги с использованием шнекового пресса. Предложенная авторами технология обеспечивает экологическую безопасность производства птицеводческой продукции.

Проведен анализ экологических проблем, вызванные интенсивным развитием животноводства и птицеводства, включая увеличение выбросов парниковых газов [6]. Установлено, что с 2015 по 2018 годы выбросы углекислого газа в сельском хозяйстве выросли с 121,5 млн тонн до 126,7 млн тонн, а выбросы от хранения навоза и помета – с 13,8 до 14,6 млн тонн. Для решения экологических проблем авторы предлагают разработать эффективные технологии переработки, такие как производство органических удобрений или биогаза.

В работе [7] приведены результаты оценки выбросов закиси азота, вызванных потерями азота при сборе и хранении навоза и помета. Авторы установили, что ежегодные потери азота в России составляют около 507,68 тысяч тонн. В зависимости от типа системы хранения (жидкая или сухая) потери азота для кур-несушек и бройлеров составляют, соответственно, 32,37% и 32,32%.

Исследованиями [8] установлено, что основными источниками загрязнения окружающей среды являются: кормовые отходы, помет и стоки. При содействии автора данной работы были разработаны меры по снижению негативного воздействия, включая природоохранные мероприятия, идентификацию источников загрязнений и установку систем очистки сточных вод и пылегазовых смесей.

Работа [9] посвящена экологическим вопросам, связанным с образованием и утилизацией подстильно-пометной массы (ППМ) на птицеводческих предприятиях. Для утилизации помета автором предложено применять биогазовые установки, где основным компонентом получаемого топлива является метан, а также водород и монооксид углерода. Преимуществом такой установки заключается в снижении выбросов оксидов азота и серы.

Исследование [10] посвящено мерам по снижению потерь азота при хранении птичьего помета, что является важным ресурсом повышения плодородия почвы. В период с 2010 по 2013 год производство мяса птицы в России увеличилось на 37 %, что привело к ежегодному образованию 13,4 млн тонн помета, содержащего 3 млн тонн органических веществ и 317 тыс. тонн NPK (азот, фосфор, калий). Для снижения потерь аммиачного азота при хранении помета предложено применять различные сорбенты. Авторами установлено, что использование цеолита снижает потери аммиачного азота в 75 раз, торфа в 17 раз, глины в 21 раз. Применение черной полиэтиленовой пленки, которая сохраняет влажность и защищает помет от осадков, которые могут вымыть полезные вещества, повышает температуру и ускоряет процесс перегнивания, улучшает качество удобрений.

Основной источник загрязнения, как утверждают авторы работы [11], это неэффективная утилизация отходов. По их данным, перерабатывается только 45 % органических отходов, что приводит к ежегодным потерям 2,2 млн тонн азота и 0,36 млн тонн фосфора. Для снижения техногенной нагрузки при утилизации отходов животноводства и птицеводства авторами предложена технология, включающая в себя применение биореактора, который сокращает время переработки отходов в 60 раз и обеспечивает автоматизированный контроль процесса.

В работе [12] приведена блок-схема **алгоритма для расчета коэффициентов годовых выбросов метана** от систем сбора и хранения навоза и помета. Авторы данной работы заявляют, что существующие методики позволяют рассчитать объем выделяющихся газов в атмосферу с погрешностью ± 20 %. Ключевая задача заключалась в создании эффективного инструмента, который в совокупности смог бы учитывать следующие факторы: **природно-климатические условия различных регионов России и способов хранения помета и навоза.**

В Рекомендациях¹ приведена методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от объектов животноводства и птицеводства. В данной методике дан порядок расчета максимального (г/с) и валового (т/год) выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Методика не учитывает динамику выброса вредных газов в зависимости от возраста птицы, времени нахождения помета в модуле и его хранении и других изменчивых факторов, влияющих на выделение вредных газов.

Результаты выше проведенного анализа литературных источников позволяют сформулировать научную гипотезу: определение количества вредных газов в технологии выращивания цыплят-бройлеров в технологическом модуле возможно при разработке аналитических математических моделей процесса их образования и выброса. В соответствии со сформулированной научной гипотезой, цель данной работы – разработка математических моделей для расчета выбросов вредных газов при выращивании цыплят-бройлеров в технологическом модуле.

Материалы и методы. Объект исследований – технология выращивания цыплят-бройлеров в технологическом модуле.

Предмет исследований – процесс образования и выбросов вредных газов (NH_3 , H_2S , CO_2 , CH_4) при выращивании цыплят-бройлеров в технологическом модуле.

При проведении исследований применялись методы математического моделирования процессов выбросов вредных газов.

Для определения выбросов вредных газов использована методика расчёта и установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (НДВ), утверждённая Приказом Минприроды России от 11 августа 2020 года № 581².

Исследования проводились в 3 этапа³:

- инвентаризация источников выбросов (стационарные источники, включая вентиляционные системы и зоны содержания птицы, технологические процессы, влияющие на образование вредных газов);

- определение перечня вредных газов (аммиак (NH_3), углекислый газ (CO_2), сероводород (H_2S), метан (CH_4) и параметров их выбросов (концентрация, объём, температура и скорость);

- сравнение с нормативами (рассчитанные вредные газы сравнивались с предельно допустимыми концентрациями (ПДК))⁴.

С учетом основных положений известной методики⁵ и методических рекомендаций^{1, 2} нами были смоделированы процессы образования и выбросов вредных газов применительно к технологии выращивания цыплят-бройлеров в технологическом модуле.

Результаты. При обосновании оптимальных параметров и режимов функционирования технологического модуля в качестве критериев оптимальности целесообразно рассматривать показатели качества производимой продукции (мяса птицы), экономические, энергетические и экологические показатели оценки технологии. В данной работе более подробно рассмотрим экологический показатель – выброс вредных газов в окружающую среду. Для обоснования экстремального (или допустимого) значения экологического показателя оценки, как критерий, необходимо детально рассматривать процессы образования и выбросов вредных газов в окружающую среду. Одним из основных контролируемых параметров для управления режимами функционирования технологического модуля является количество углекислого газа CO_2 , выделяемого из помета и при дыхании цыплятами-бройлерами, которое не должно превышать предельно допустимую концентрацию (ПДК). Превышение ПДК CO_2 в технологическом модуле, как известно, негативно влияет на обмен

¹ Рекомендации по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от объектов животноводства и птицеводства АО «НИИ Атмосфера» 2015.

² Методика разработки (расчета) и установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/565780531> (дата обращения: 17.03.2025).

³ Проект нормативов допустимых выбросов (НДВ) загрязняющих веществ в атмосферный воздух для ТОО «Прииртышская бройлерная птицефабрика» [Электронный ресурс] <https://ecoportal.kz/Public/PubHearings/LoadFile/90244> (дата обращения: 18.04.2025).

⁴ Проект нормативов предельно-допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (НДВ) для ООО Птицефабрика "Павловская" Ворсменская площадка (Российская Федерация, Нижегородская область, муниципальный округ Павловский, деревня Ясенцы, территория СХ0600066, земельный участок 3) [Электронный ресурс] <https://ecolog.ru/crc/52.%D0%9D%D0%A6.04.000.%D0%A2.000199.03.24> (дата обращения: 18.04.2025).

веществ у цыплят-бройлеров, их общее состояние, продуктивность и устойчивость к болезням. Контроль и управление режимами функционирования технологического модуля на основе ПДК углекислого газа должно производиться в автоматическом режиме. Для этого очень важно установить закономерности изменения содержания углекислого газа в технологическом модуле, которые зависят от стадии развития цыплят-бройлеров, частоты очистки пометных поддонов и других факторов. Для определения количества вредных газов, в том числе и углекислого газа необходимо смоделировать процессы их образования. Процесс образования вредных газов в технологии выращивания цыплят-бройлеров в технологическом модуле можно рассматривать в два этапа. Первый этап включает образование вредных газов в технологическом модуле. Второй этап включает образование вредных газов от помета, хранящегося за пределами технологического модуля в специально отведенном месте.

Анализ исследований [2, 6, 7] показывает, что масса выбросов вредных газов в технологии выращивания цыплят-бройлеров, в том числе и в технологическом модуле, существенно зависит от количества их выделения в разных стадиях их развития, площади пометных поддонов, массы помета, времени его нахождения в технологическом модуле.

Исходя из проведенного анализа, можно заключить, что в общем случае масса выбросов вредных газов в технологическом модуле может быть выражена функциональной зависимостью:

$$Q_{gi}^{TM} = f(n_6, f_m, q_{gi}^1, q_{gi}^2, t_n^1, t_n^2, n_{\text{ц}}, m_{\text{п}}^{\text{ц}}, m_{\text{ж}}^6), \quad (1)$$

где n_6 – количество бройлеров, выращиваемых за цикл, гол.; f_m – площадь пометных поддонов, м^2 ; q_{gi}^1 – количество выделения i – го вредного газа в технологическом модуле в первой стадии развития цыплят-бройлеров⁵, $\frac{\text{мг}}{\text{ч} \cdot \text{м}^2}$; q_{gi}^2 – количество выделения i – го вредного газа в технологическом модуле во второй стадии развития цыплят-бройлеров⁸, $\frac{\text{мг}}{\text{ч} \cdot \text{м}^2}$; t_n^1 – время нахождения помета в технологическом модуле в первой стадии развития цыплят-бройлеров, ч; t_n^2 – время нахождения помета в технологическом модуле во второй стадии развития цыплят-бройлеров, ч; $n_{\text{ц}}$ – количество циклов за 1 год; $m_{\text{п}}^{\text{ц}}$ – масса птичьего помета за цикл, кг; $m_{\text{ж}}^6$ – живая масса одной птицы, г.

Исходные данные для расчета количества выбросов вредных газов в технологии выращивания цыплят-бройлеров в технологическом модуле приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета количества выбросов вредных газов

Table 1 – Input data for calculating the amount of emissions harmful gases

№ п/п	Факторы, влияющие на образование вредных газов / Factors influencing the formation of harmful gases	Единица измерения / Unit	Значение / Meaning
1	2	3	4
1	n_6 – количество бройлеров, выращиваемых за цикл / Number of broilers reared per cycle	гол. / Chicks	348**
2	$m_{\text{ж}}^6$ – живая масса одной птицы, г / live weight of one bird, g	г / g	2700**
3	f_m – общая площадь, где выделяются вредные газы / the total area where harmful gases are emitted	$\text{м}^2 / \text{m}^2$	41,3**
4	q_{gi}^1 – количество выделения i – го вредного газа в технологическом модуле в первой стадии развития цыплят-бройлеров ($\text{H}_2\text{S}/\text{CO}_2/\text{NH}_3$) / Amount of harmful gas emission in the process module in the first stage of broiler chicken development ($\text{H}_2\text{S}/\text{CO}_2/\text{NH}_3$)	$\frac{\text{мг}}{\text{ч} \cdot \text{м}^2} / \frac{\text{mg}}{\text{time} \cdot \text{m}^2}$	2/2/5*
5	q_{gi}^2 – количество выделения i – го вредного газа в технологическом модуле во второй стадии развития цыплят-бройлеров ($\text{H}_2\text{S}/\text{CO}_2/\text{NH}_3$) / Amount of emission of the i -th harmful gas in the technological module in the second stage of broiler chicken development ($\text{H}_2\text{S}/\text{CO}_2/\text{NH}_3$)	$\frac{\text{мг}}{\text{ч} \cdot \text{м}^2} / \frac{\text{mg}}{\text{time} \cdot \text{m}^2}$	4/3/6*
6	t_n^1 – время нахождения помета в технологическом модуле в первой стадии развития цыплят-бройлеров / Time spent in the processing module in the first stage of broiler chick development	ч / time	672*

⁵ РД-АПК 1.10.05.04-13 Методические рекомендации по технологическому проектированию птицеводческих предприятий. – Москва: 2013. – 212 с.

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
7	t_n^2 – время нахождения помета в технологическом модуле во второй стадии развития цыплят-бройлеров / time of litter in the technological module in the second stage of broiler chick development	ч / time	336*
8	$n_{ц}$ – количество циклов за 1 год / Number of cycles per 1 year	-	7**
9	$m_{п}^{ц}$ – масса птичьего помета за цикл / Weight of bird droppings per cycle	кг / Kg	1973,16*
10	Продолжительность цикла / Cycle Duration	дн. / days	42**
Примечание: * - нормативное значение (РД-АПК 1.10.05.04-13) **- экспериментальное значение / Note: * - normative value (RD-APK 1.10.05.04-13) **- experimental value			

1. Образование вредных газов в технологическом модуле. При выращивании цыплят-бройлеров в технологическом модуле в основном образуются углекислый газ, аммиак и сероводород. Метан образуется только при длительном хранении помета, больше месяца, и соотношением помета и воды 1:1,25 [13].

С учетом сказанного и выражения (1), массу выделяемых вредных газов за 1 цикл (CO_2 , NH_3 и H_2S) в технологическом модуле можно определить по формуле:

$$Q_{gi}^{TM} = 10^{-3} \cdot \{f_m \cdot [(q_{gi}^1 \cdot t_n^1) + (q_{gi}^2 \cdot t_n^2)]\} \cdot \Gamma \quad (2)$$

С учетом плотности, толщины и массы помета, выделяемого за цикл, общую площадь выделения вредных газов можно рассчитать по формуле:

$$f_m = \frac{m_{п}^{ц}}{\rho_{п} \cdot h_{п}}, \text{ м}^2 \quad (3)$$

где $\rho_{п}$ – плотность помета, $\rho_{п} = 600 \text{ кг/м}^3$ [14]; $h_{п}$ – средняя толщина слоя помета, накапливаемого на поддонах, м.

Общая масса вредных газов $Q_{п}^{вг}$ выделяемых из помета в технологическом модуле за 1 цикл с учетом (2) определяется из выражения:

$$Q_{п}^{вг} = Q_{NH_3} + Q_{H_2S} + Q_{CO_2}, \text{ г} \quad (4)$$

где Q_{NH_3} , Q_{H_2S} , Q_{CO_2} – масса выделяемых вредных газов, соответственно аммиака, сероводорода, кислорода за 1 цикл, г.

На основе полученных экспериментальных данных и данных, приведенных в работе [1], установлена закономерность изменения количества выделения углекислого газа от массы цыплят-бройлеров, которая описывается эмпирической зависимостью:

$$Q_{CO_2}^6 = n_6 \cdot m_{ж}^6 \cdot k_{CO_2}, \text{ г} \quad (5)$$

где n_6 – количество бройлеров, выращиваемых за цикл, гол.; $m_{ж}^6$ – живая масса одной птицы, г; k_{CO_2} – коэффициент, учитывающий количество выбросов CO_2 от дыхания птицы на 1 кг живой массы, $k_{CO_2} = 1,4$ [1].

Общая масса вредных газов $Q_{г}^{вг}$, выделяемых из помета и при дыхании цыплят-бройлеров, в технологическом модуле за 1 год:

$$Q_{г}^{вг} = n_{ц} \cdot (Q_{п}^{вг} + Q_{CO_2}^6), \text{ г} \quad (6)$$

Результаты расчета выделения вредных газов в процессе выращивания цыплят-бройлеров в технологическом модуле приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Масса вредных газов, выделяемых в процессе выращивания цыплят-бройлеров в технологическом модуле

Table 2 – Mass of harmful gases emitted in the process of growing broiler chickens in the technological module

Масса газа Q_{NH_3} выделяемого из помета в технологическом модуле за 1 цикл, г / Mass of gas Q_{NH_3} released from manure in the technological module during for 1 cycle, g	Масса газа Q_{H_2S} выделяемого из помета в технологическом модуле за 1 цикл, г / Mass of gas Q_{H_2S} released from manure in the technological module during for 1 cycle, g	Масса газа Q_{CO_2} выделяемого из помета в технологическом модуле за 1 цикл, г / Mass of gas Q_{CO_2} emitted from manure in the technological module during for 1 cycle, g	Общая масса вредных газов $Q_{вг}$ выделяемых из помета в технологическом модуле за 1 цикл, г / Total mass of harmful gases $Q_{вг}$ emitted from manure in the technological module for 1 cycle cycle, g	Общее количество CO_2 выделяемого цыплятами-бройлерами при дыхании за 1 цикл, г / Total amount of CO_2 emitted by broiler chickens during respiration for 1 cycle, g	Общая масса вредных газов $Q_{вг}$ выделяемых из помета и при дыхании цыплят-бройлеров в технологическом модуле за 1 год, г / Total mass of harmful gases $Q_{вг}$ emitted from litter and respiration of broiler chickens in the technological module for 1 year, g
222,03	111,01	97,14	430,18	1315440	9211091,26

2. Образование вредных газов при хранении помета.

Анализ литературных источников [2, 7] показывает, что количество выбросов вредных газов от помета, хранящегося за пределами технологического модуля, зависит от ряда значимых факторов, таких как: способа хранения и утилизации, продолжительности хранения, температуры, влажности и т.д.

С учетом того, что из 1 тонны птичьего помета выделяется в среднем 100 м^3 газа, 60 % из которого является метаном [4], объем образовавшихся вредных газов за цикл можно определить из выражения:

$$V_{вг} = 10^{-3} \cdot m_{п}^ц \cdot V_{вг}^{уд} \quad , \quad \text{м}^3 \quad (7)$$

где 10^{-3} – коэффициент перевода кг в тонны; $V_{вг}^{уд} = 100 \text{ м}^3/\text{т}$ – объем выделяемого газа из 1 тонны помета.

С учетом выражения (7), массу вредных газов, от помета, хранящегося за пределами технологического модуля, можно вычислить по формуле:

$$Q_{вг}^{комп} = 10^3 \cdot n_{ц} \cdot (V_{комп}^{CH_4} \cdot \rho_{CH_4} + V_{комп}^{NH_3} \cdot \rho_{NH_3} + V_{комп}^{H_2S} \cdot \rho_{H_2S} + V_{комп}^{CO_2} \cdot \rho_{CO_2}), \text{г} \quad (8)$$

где 10^3 – коэффициент перевода из мг в г; $V_{комп}^{CH_4}$, $V_{комп}^{NH_3}$, $V_{комп}^{H_2S}$, $V_{комп}^{CO_2}$ – объем образовавшегося соответственно метана, аммиака, сероводорода и углекислого газа из общей массы помета, накопленного в течение года, м^3 ; ρ_{CH_4} – плотность метана⁶, $\rho_{CH_4} = 0,717 \text{ кг/м}^3$; ρ_{NH_3} – плотность аммиака⁹, $\rho_{NH_3} = 0,7714 \text{ кг/м}^3$; ρ_{H_2S} – плотность сероводорода⁹, $\rho_{H_2S} = 1,540 \text{ кг/м}^3$; ρ_{CO_2} – плотность углекислого газа⁹, $\rho_{CO_2} = 1,977 \text{ кг/м}^3$.

Объем образовавшегося i – го вредного газа определяется по формуле:

$$V_{комп}^i = V_{вг} \cdot k_{вг}^i \quad \text{м}^3 \quad (9)$$

где $k_{вг}^i$ – доля i – го вредного газа от общего объема выделяемых газов из 1 тонны помета.

Литературные источники, в том числе [4] и расчеты, проведенные нами, показывают, что из 1 тонны помета выделяется в среднем 100 м^3 газов, в том числе метан составляет 60 м^3 , углекислый газ – 20 м^3 , сероводород – 7 м^3 , аммиак – 10 м^3 и остальные 3 м^3 приходятся на другие газы. С учетом этого доля выделяемых газов составляет: метан $k_{вг}^i = 0,6$; углекислый газ $k_{вг}^i = 0,2$; сероводород $k_{вг}^i = 0,07$; аммиак $k_{вг}^i = 0,1$, остальные газы $k_{вг}^i = 0,03$. В расчетах были учтены такие вредные газы, как метан, углекислый газ, сероводород и аммиак. Другими газами ввиду их незначительного удельного веса можно пренебречь.

⁶ Таблицы физических величин. Справочник. Под ред. акад. И. К. Кикоина. М.: Атомиздат, 1976. – 1008 с.

С учетом выражения (8) нами определена общая масса выброса вредных газов из помета, накопленного в течение года, которая равна 1395730 г (или 1395,73 кг).

3. Общая масса выброса вредных газов в технологии выращивания цыплят-бройлеров в технологическом модуле.

С учетом выражений (6) и (8) общую массу вредных газов в технологии выращивания цыплят-бройлеров в технологическом модуле можно определить по формуле:

$$Q_{\text{общ}}^{\text{вг}} = Q_{\text{г}}^{\text{вг}} + Q_{\text{комп}}^{\text{вг}}, \text{ г} \quad (10)$$
$$Q_{\text{общ}}^{\text{вг}} = 9211091,26 + 1395730 = 10606821,3 \text{ г}$$

Расчеты показали, что общая масса вредных газов в технологии выращивания цыплят-бройлеров в технологическом модуле составляют 10606821,3 г (или 10606,82 кг).

Обсуждение. Технология выращивания цыплят-бройлеров в технологическом модуле представляет собой сложную систему, на эффективность которой влияют многочисленные дискретные и случайные факторы. Если производство мяса птицы и накопление птичьего помета, как удобрение для растениеводства, приносят экономическую выгоду и решают отчасти проблему обеспечения населения продуктами питания, в то время как выбросы вредных газов оказывают негативное влияние на окружающую среду.

С учетом сказанного можно сделать вывод, что оценка эффективности технологии выращивания цыплят-бройлеров различными способами, в том числе и в технологическом модуле, поиск компромиссного решения, удовлетворяющий требованиям экономических и экологических критериев, является актуальной проблемой.

Полученные нами результаты были сравнены с результатами исследований, проведенных другими авторами.

В работе [15] авторы утверждают, что при выращивании цыплят-бройлеров, на помет, как источник выбросов, приходится только 6 % выделения всех вредных газов. По нашим расчетам при выращивании цыплят-бройлеров в технологическом модуле на помет как источник выбросов вредных газов приходится 13,2 %. Разница в 7,2 % может быть связана с различными способами содержания, рационами кормления цыплят-бройлеров и природно-климатическими условиями региона, где хранится помет.

Результаты исследований авторов статьи [16] свидетельствуют, что на одну птицу за 1 год, при напольном содержании, выбросы метана составили 594,2 г. При выращивании цыплят-бройлеров в технологическом модуле, как показали результаты наших исследований, выбросы метана в среднем на одну птицу за год составили 243,9 г, что на 350,3 г меньше, чем при напольном содержании.

Общеизвестно, что метан образуется в результате анаэробного разложения (без доступа кислорода) органических веществ метаногенными бактериями. Уменьшение выбросов метана при выращивании цыплят-бройлеров в технологическом модуле объясняется тем, что помет подвергается аэробному разложению по причине большего доступа кислорода, при увеличенной частоты уборки, а также особенности способа хранения.

Для более глубокого изучения и моделирования образования вредных газов в технологии выращивания цыплят-бройлеров в технологическом модуле, рассматриваемый процесс следует разделить на два этапа: первый этап включает образование вредных газов в технологическом модуле, а второй этап – образование вредных газов от помета, хранящегося за пределами технологического модуля в специально отведенном месте.

Масса выбросов вредных газов в технологии выращивания цыплят-бройлеров, в том числе и в технологическом модуле, существенно зависит от количества их выделения в разных стадиях их развития, площади пометных поддонов, частоты их очистки, времени нахождения помета в технологическом модуле.

Разработанные математические модели позволили определить количество вредных газов в технологии выращивания цыплят-бройлеров, что подтверждает сформулированную научную гипотезу. Полученные результаты соответствуют данным, которые приведены в литературных источниках о выделении вредных газов.

Результаты исследований в дальнейшем можно использовать при обосновании рациональных режимов функционирования технологического модуля для выращивания цыплят-бройлеров.

Выводы. Разработаны математические модели для определения выбросов вредных газов (NH_3 , H_2S , CO_2 , CH_4) в технологическом модуле для выращивания цыплят-бройлеров.

Расчетно-эмпирическим методом были определены общие выбросы вредных газов в процессе выращивания цыплят-бройлеров, включая все этапы технологии производства основной и побочной продукции.

Установлено, что выбросы вредных газов, выделяемых из помета и при дыхании цыплят-бройлеров в технологическом модуле за 1 год составляют 9211091,26 г (или 9211,09 кг).

Выбросы вредных газов из помета, накопленного в течение года, при его хранении составляют 1395730 г (или 1395,73 кг).

Общие выбросы вредных газов в технологии выращивания цыплят-бройлеров в технологическом модуле составили 10606821,3 г (или 10606,82 кг).

Conclusions. Mathematical models have been developed to determine emissions of harmful gases (NH_3 , H_2S , CO_2 , CH_4) in the technological module for growing broiler chickens.

The total emissions of harmful gases in the process of growing broiler chickens, including all stages of the production technology of the main and secondary products, were determined by the calculation and experimental method.

It was established that emissions of harmful gases emitted from the manure and during the respiration of broiler chickens in the technological module for one year amount to 9211091.26 g (or 9211.09 kg).

Emissions of harmful gases from the manure accumulated during the year during its storage are 1395730 g (or 1395.73 kg).

The total emissions of harmful gases in the technology of growing broiler chickens in the technological module amounted to 10606821.3 g (or 10606.82 kg).

Библиографический список

1. Henn J. D., et al. Determination of the equation parameters of carbon flow curves and estimated carbon flow and CO_2 emissions from broiler production. *Poultry Science*. 2015. № 9. Pp. 2303-2312.
2. Салеева И., Иванов А., Бахарев А. Состав воздуха и продуктивность бройлеров. *Животноводство России*. 2016. № 7. С. 15-16.
3. Санникова Н. В. Углеродный след – индикатор антропогенного воздействия от птицефабрик. Арктика: современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе: материалы Международной научно-практической конференции. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2023. Т. 2. С. 128-132.
4. Ковалева О. В. и др. Эффективный способ улучшения санитарно-гигиенических условий содержания птицы. *Главный зоотехник*. 2022. № 7 (228). С. 21-30.
5. Сидыганов Ю. Н., Онучин Е. М., Рыбаков П. А. Проблемы утилизации помета при клеточном содержании в индустриальном птицеводстве. *Инновации и инвестиции*. 2018. № 6. С. 216-220.
6. Суховский Д. А., Шкрабак Р. В. Обеспечение экологической безопасности в животноводстве и птицеводстве. Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2022. С. 234-237.
7. Брюханов А. Ю. и др. Оценка косвенных выбросов закиси азота в результате сбора и хранения навоза и помета. *АгроЭкоИнженерия*. 2024. № 1 (118). С. 4-16.
8. Головина М. С. Снижение негативного воздействия на окружающую природную среду ООО "Каменская Птицефабрика". *Наука и молодежь: материалы XX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых*. Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, 2023. С. 246-248.
9. Фахреев Н. Н. Перспектива развития птицеводства без ущерба окружающей среде. *Экология и технологическая безопасность: II Всероссийская молодежная научно-практическая конференция*. Тула: Издательство "Инновационные технологии", 2023. С. 137-139.
10. Лукин С. М., Никольский К. К. Приемы снижения потерь азота при хранении пометных удобрений. *Агрохимический вестник*. 2015. № 6. С. 18-21.
11. Брюханов А. Ю., Васильев Э. В., Шалавина Е. В., Уваров Р. А. Методы решения экологических проблем в животноводстве и птицеводстве. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. № 4. С. 32-37.
12. Васильев Э. В. и др. Алгоритм определения коэффициентов для расчета выбросов метана от систем сбора, хранения и использования навоза/помета. *АгроЭкоИнженерия*. 2024. № 1 (118). С. 107-118.
13. Есенаманова М. С. и др. Биологическая переработка птичьего помета с получением биогаза и биоудобрения. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2018. № 11-1. С. 85-89.
14. Качурин В. В., Наруков Е. С., Запелалов М. В. Определение физических свойств сухого птичьего помета. *Вестник НГИЭИ*. 2023. № 10 (149). С. 7-18.
15. Янь Л., Лемешевский В. О., Максимова С. Л. Влияние отходов крупных птицефабрик на состояние окружающей среды: обзор литературы. *Медицина труда и экология человека*. 2024. № 4 (40). С. 38-52.
16. Ключкова Е. С., Харламова М. Д. Сокращение выбросов парниковых газов в результате применения технологии анаэробного сбраживания органических отходов на примере птицефабрики в ленинградской области. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2015. № 3. С. 96-104.

References

1. Henn J. D., et al. Determination of the equation parameters of carbon flow curves and estimated carbon flow and CO₂ emissions from broiler production. *Poultry Science*. 2015. № 9. Pp. 2303-2312.
2. Saleeva I., Ivanov A., Bakharev A. Air composition and broiler productivity. *Animal husbandry in Russia*. 2016. № 7. Pp. 15-16.
3. Sannikova N. V. Carbon Footprint as an Indicator of Anthropogenic Impact from Poultry Farms. The Arctic: Modern Approaches to Industrial and Environmental Safety in the Oil and Gas Sector: Materials of the International Scientific and Practical Conference. Tyumen: Tyumen Industrial University, 2023. V. 2. Pp. 128-132.
4. Kovaleva O. V. et al. Effective Way to Improve the Sanitary and Hygienic Conditions of Poultry Keeping. *Chief zootechnician*. 2022. № 7 (228). Pp. 21-30.
5. Sidyanov Y. N., Onuchin E. M., Rybakov P. A. Problems of manure utilization in cage housing in industrial poultry farming. *Innovations and investments*. 2018. № 6. Pp. 216-220.
6. Sukhovskiy D. A., Shkrabak R. V. Ensuring Environmental Safety in Animal Husbandry and Poultry Farming. Scientific support for the development of the agro-industrial complex in the context of import substitution: a collection of scientific works based on the materials of the international scientific and practical conference. St. Petersburg: St. Petersburg State Agrarian University, 2022. Pp. 234-237.
7. Estimation of indirect emissions of nitrous oxide as a result of manure and manure collection and storage. *AgroEcoEngineering*. 2024. № 1 (118). Pp. 4-16.
8. Golovina M. S. Reducing the Negative Impact on the Environment of Kamenskaya Poultry Farm LLC. Science and Youth: Materials of the XX All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists. Barnaul: Altai State Technical University named after I. I. Polzunov, 2023. Pp. 246-248.
9. Fakhreev N. N. Prospects for the development of poultry farming without damage to the environment. *Ecology and Technosphere Safety: II All-Russian Youth Scientific and Practical Conference*. Tula: Publishing House "Innovative Technologies", 2023. Pp. 137-139.
10. Lukin S. M., Nikolsky K. K. Methods for reducing nitrogen losses during the storage of manure fertilizers. *Agrochemical Bulletin*. 2015. № 6. Pp. 18-21.
11. Bryukhanov A. Yu., Vasilyev E. V., Shalavina E. V., Uvarov R. A. Methods for solving environmental problems in animal husbandry and poultry farming. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2019. V. 13. № 4. Pp. 32-37.
12. Vasiliev E. V., et al. Algorithm for determining coefficients for calculating methane emissions from manure/manure collection, storage and use systems. *AgroEcoEngineering*. 2024. № 1 (118). Pp. 107-118.
13. Esenamanova M. S., et al. Biological processing of poultry manure with the production of biogas and bio-fertilizer. *International Journal of Applied and Basic Research*. 2018. № 11-1. Pp. 85-89.
14. Kachurin V. V., Narukov E. S., Zapevalov M. V. Determination of Physical Properties of Dry Bird Droppings. *Vestnik NGIEI*. 2023. № 10 (149). Pp. 7-18.
15. Yan L., Lemeshevsky V. O., Maksimova S. L. Influence of Large Poultry Farm Waste on the State of the Environment: Literature Review. *Occupational Medicine and Human Ecology*. 2024. № 4 (40). Pp. 38-52.
16. Klochko E. S., Kharlamova M. D. Greenhouse Gas Emission Reduction as a Result of the Application of Anaerobic Digestion of Organic Waste Technology on the Example of a Poultry Farm in the Leningrad Region. *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Ecology and Life Safety*. 2015. № 3. Pp. 96-104.

Информация об авторах

Джаббаров Нозим Исмоилович, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское шоссе, 3), <https://orcid.org/0000-0001-8910-2625>, e-mail: nozimjon-59@mail.ru

Косунников Роман Анатольевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой, декан, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: itfkosulnikov@yandex.ru

Сошнев Дмитрий Александрович, ведущий инженер, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское шоссе, 3), <https://orcid.org/0000-0001-7891-8397>, e-mail: soshnevdim@mail.ru

Трифанов Алексей Валериевич, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское шоссе, 3), <https://orcid.org/0000-0002-3503-6148>, e-mail: trifanovav@mail.ru

Authors' Information

Dzhabbarov Nozim Ismoilovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Leading Researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – the branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, St. Petersburg, Tyarlevo, Filtrskoye shosse, 3), <https://orcid.org/0000-0001-8910-2625>, e-mail: nozimjon-59@mail.ru

Kosulnikov Roman Anatolyevich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department, Dean of the Faculty of Engineering and Technology, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: itfkosulnikov@yandex.ru

Soshnev Dmitry Aleksandrovich, Leading Engineer, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – the branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, St. Petersburg, Tyarlevo, Filtrskoye shosse, 3), <https://orcid.org/0000-0001-7891-8397>, e-mail: soshnevdim@mail.ru

Trifanov Aleksey Valerievich, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor, Leading Researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – the branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, St. Petersburg, Tyarlevo, Filtrskoye shosse, 3), <https://orcid.org/0000-0002-3503-6148>, e-mail: trifanovav@mail.ru

**THE INCREASING OF THE EFFICIENCY OF THE DEHYDRATION PROCESS
IN HEAT PUMP DRYING PLANTS****Korotkiy I. A., Raschepkin A. N., Ananchenko R. A., Loginovsky S. A.***Kemerovo State University
Kemerovo, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: xmkemsu@mail.ru

Received 07.04.2025

Submitted 26.05.2025

Abstract

Introduction. The development of agro-industrial production is accompanied by an increase in energy consumption by agro-industrial enterprises. This is associated with the improvement of production technologies, opening of new production facilities and creation of new enterprises. The limited amount of energy resources and increase of ecological load on the environment at commissioning of new energy capacities requires introduction of energy efficient technologies. Drying processes are widespread in the agro-industrial complex and they are one of the most energy-intensive groups of processes of agro-industrial products processing. The use of heat pumps in drying processes allows significantly reducing energy costs, reducing environmental load and increasing the nutritional and biological value of the finished product due to the possibility of using lower operating temperatures. However, the traditional approach to controlling the temperature regime in the working space of the drying plant, based on "on-off" regulation does not provide maintenance of the required humidity of the drying agent during the shutdown period, which significantly increases the duration of the drying process. In addition, the use of the traditional method of regulation significantly reduces the motor life of compressors, which are the basic elements of vapor-compression heat pumps. Removal of excess heat outside the drying chamber, without stopping the circulation of the working substance is solved by the inclusion in the scheme of a remote heat exchanger, which is activated when the set temperature is reached and allows not interrupting the drying process. The remote heat exchangers are connected via solenoid valves connected to the control unit. The basis of the drying unit is a heat pump consisting of a compressor, thermostat regulating valve, condenser blocks, which heat the air in the chamber, and evaporator blocks, which cools it to release condensate. Air movement is provided by centrifugal and axial fans. Heaters are provided to increase the temperature level of the drying process. The electrical scheme of the installation is drawn up, including automation devices, registration and control of drying parameters, as well as devices that ensure the safety of the working process. The control scheme is described, from the start of the plant, to the setting of the main drying parameters and safety mechanisms. A comparative analysis of drying efficiency with and without a remote condenser is carried out. It is established that when using an additional heat exchanger, a more stable temperature-humidity regime is achieved, which has a positive effect on the drying speed and energy consumption.

Keywords: drying plants, dehydration processes, heat pumps, modernized drying plants.

Citation. Korotkiy I. A., Raschepkin A. N., Ananchenko R. A., Loginovsky S. A. The increasing of the efficiency of the dehydration process in heat pump drying plants. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 464-474 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-49.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 621.78.012.8

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ
В СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ НА БАЗЕ ТЕПЛОВОГО НАСОСА****Короткий И. А., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой****Расщепкин А. Н., доктор технических наук, профессор****Ананченко Р. А., аспирант****Логиновский С. А., аспирант***ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»
г. Кемерово, Российская Федерация*

Актуальность. Развитие агропромышленного производства сопровождается ростом энергопотребления предприятиями агропромышленного комплекса. Это связано с совершенствованием производственных технологий, открытием новых производств и созданием новых предприятий. Ограниченное количество энергетических ресурсов и увеличение экологической нагрузки на окружающую среду при вводе в эксплуатацию новых энергетических мощностей требует внедрения энергетически эффективных технологий. Процессы сушки широко распространены в агропромышленном комплексе, и они являются одной из наиболее энергоемких групп процессов переработки агропро-

мышленной продукции. Использование тепловых насосов в процессах сушки позволяет значительно снизить энергетические затраты, уменьшить экологическую нагрузку и повысить пищевую и биологическую ценность готового продукта за счет возможности использования более низких рабочих температур. Однако традиционный подход управления температурным режимом в рабочем пространстве сушильной установки, основанный на “on-off” регулировании, не обеспечивает поддержания требуемой влажности сушильного агента в период останова, что существенно увеличивает продолжительность процесса сушки. Кроме того применение традиционного метода регулирования существенно снижает моторесурс компрессоров, являющихся базовым элементом парокомпрессионных тепловых насосов. Удаление избыточной теплоты за пределы сушильной камеры, без останова циркуляции рабочего вещества решается включением в схему выносного теплообменника, который действует при достижении заданной температуры и позволяет не прерывать процесс сушки. Подключение выносных теплообменников происходит через соленоидные клапаны, подключенные к блоку управления. Основой сушильной установки является тепловой насос, состоящий из компрессора, терморегулирующего вентиля, блоков конденсатора, который нагревает воздух в камере, и испарителя, охлаждающего его, для выделения конденсата. Движение воздуха обеспечивают центробежный и осевой вентиляторы. Для повышения температурного уровня процесса сушки предусмотрены ТЭНы. Составлена электрическая схема установки, включающая в себя приборы автоматики, регистрации и контроля параметров сушки, а также устройства, обеспечивающие безопасность рабочего процесса. Описана схема управления, от запуска установки до настройки основных параметров сушки и защитных механизмов. Проведён сравнительный анализ эффективности сушки с использованием выносного конденсатора и без него. Установлено, что при использовании дополнительного теплообменника достигается более стабильный температурно-влажностный режим, который положительно сказывается на скорости сушки и энергопотреблении.

Ключевые слова: сушильные установки, процессы дегидратации, тепловые насосы, модернизированные сушильные установки.

Цитирование. Короткий И. А., Расщепкин А. Н., Ананченко Р. А., Логиновский С. А. Повышение эффективности процесса обезвоживания в сушильных установках на базе теплового насоса. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 464-474. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-49.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На сегодняшний день одной из наиболее существенных проблем при производстве или переработке продукции в агропромышленном комплексе является высокое энергопотребление при реализации технологических процессов. Поэтому производители делают выбор в пользу более энергоэффективных технологических решений. Одним из наиболее энергозатратных процессов является сушка влажосодержащих продуктов или материалов. Эта технологическая операция занимает обширную область агропромышленного сектора и является неотъемлемой частью многих производственных процессов. Среди множества различных устройств для реализации процессов дегидратации сушильная установка на базе теплового насоса обладает наилучшей энергоэффективностью [1-6]. Помимо этого, благодаря тому, что тепловой насос обеспечивает процесс сушки на низком температурном уровне, а интенсивный воздухообмен между продуктом и окружающей средой отсутствует, становится возможным сохранить качественные показатели продукции и высоколабильные компоненты [7-9]. А из-за меньшего потребления электроэнергии снижается углеродный след, кроме того, такие установки не выделяют в атмосферу вредные продукты сгорания, в отличие от некоторых других типов сушилок [10, 11]. Однако классические способы поддержания температурного режима в рабочем пространстве сушильной установки на базе теплового насоса приводят к значительным колебаниям температуры и влажности сушильного агента, что увеличивает продолжительность процесса сушки и снижает качество конечного продукта.

Цель работы состояла в повышении эффективности процесса дегидратации, за счёт стабилизации температурно-влажностных параметров сушильного агента, в установке на базе теплового насоса, при реализации процесса сушки различной продукции агропромышленного комплекса, путём использования выносного конденсатора.

Задачи исследования состояли в:

- разработке сушильной установки с дополнительным выносным конденсатором, для сброса излишней теплоты, образующейся при работе теплового насоса, в окружающую среду;
- организации системы управления работой сушильной установки с выносным конденсатором;

- проведении испытаний работы сушильной установки на базе теплового насоса, работающей по традиционной схеме и с включением дополнительного выносного конденсатора;
- расчете энергопотребления для двух режимов;
- сравнительном анализе полученных результатов.

Материалы и методы. Объектом исследования служила сушильная установка, на базе теплового насоса с R22 в качестве холодильного агента, представленная на рисунке 1.

В работе использовались эмпирический и аналитический методы исследования. А именно проведены контролируемые эксперименты с реальной сушильной установкой. Осуществлён мониторинг параметров процесса: непрерывная регистрация температурно-влажностных режимов, контроль энергопотребления, а также регулярные замеры массы образцов. Выполнены расчёты с определением затрат электроэнергии, в процессах сушки. Проведён сравнительный анализ энергетической эффективности двух режимов работы.



Рисунок 1 – Опытный образец сушильной установки
Figure 1 – The prototype of the drying plant

На рисунке 2 представлена принципиальная схема теплового насоса, включенного в сушильную установку. Тепловой насос состоит из компрессора 1, блока конденсатора 2, испарителя 3 и дроссельного устройства (ТРВ) 4. Из воздуха, циркулирующего по камере 5, благодаря центробежному вентилятору 6, при контакте с холодным теплообменником 3, выделяется влага (конденсат), которая удаляется из рабочего объема через дренаж 7, после чего его температура вновь повышается, проходя через теплообменник 2 [6]. Для отведения излишнего тепла из камеры используется выносной конденсатор 8, охлаждаемый осевым вентилятором 9. Переключение между двумя конденсаторами осуществляется с помощью соленоидных клапанов 10. Также возможно повышение температуры в камере для интенсификации процесса осушения, встроенным электронагревателем 11 [13, 14].

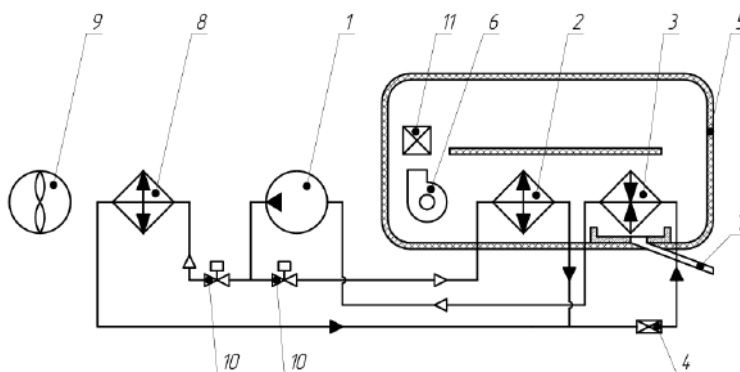


Рисунок 2 – Схема сушильной установки на базе теплового насоса:
1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – испаритель; 4 – дроссельное устройство (ТРВ); 5 – камера;
6 – центробежный вентилятор; 7 – дренаж; 8 – выносной конденсатор;
9 – осевой вентилятор; 10 – соленоидный клапан; 11 – электронагреватель.
Figure 2 – Scheme of the drying plant on the basis of a heat pump:
1 – compressor; 2 – condenser; 3 – evaporator; 4 – throttling device (TRV);
5 – chamber; 6 – centrifugal fan; 7 – drain; 8 – remote condenser;
9 – axial fan; 10 – solenoid valve; 11 – electric heater

На рисунке 3 показан термодинамический цикл парокомпрессионного теплового насоса на R22 в координатах давление-энтальпия ($\lg p-h$), построенный по заданным значениям температуры окружающей среды и в сушильном объеме.

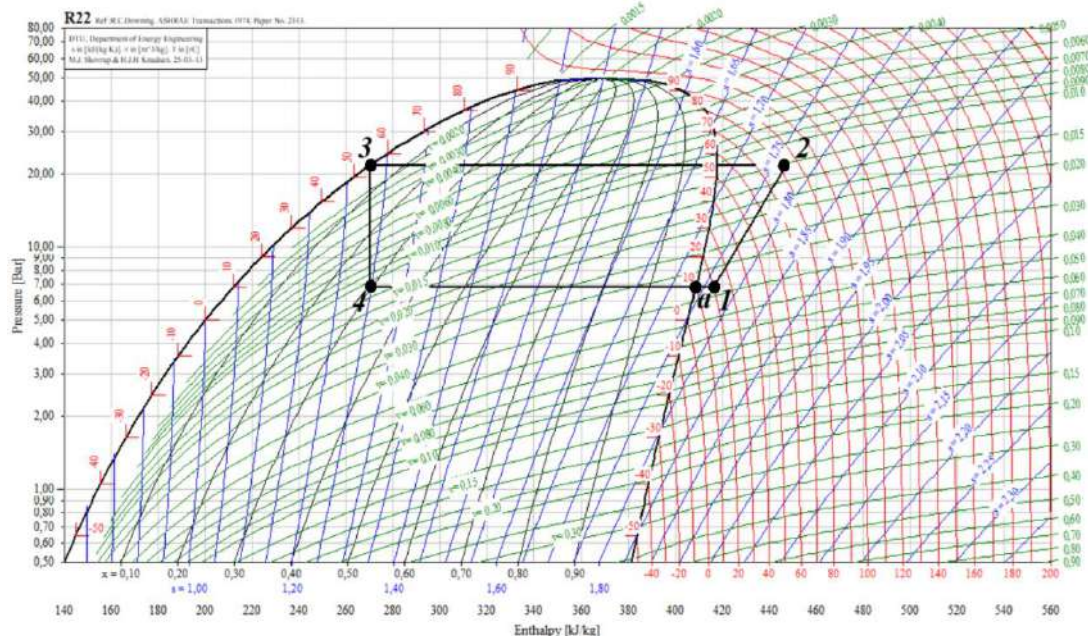


Рисунок 3 – Цикл теплового насоса на R22
Figure 3 – Heat pump cycle on R22

Основные параметры точек термодинамического цикла теплового насоса представлены в таблице 1. Температуры кипения и конденсации холодильного агента составляют 10 °С и 55 °С соответственно. Давление нагнетания равно 2,157 МПа, а давление на всасывании 0,682 МПа.

Таблица 1 – Узловые точки
Table 1 – Nodal points

	1	2	3	4	a
Давление P, Мпа / Pressure P, MPa	0,682	2,157	2,157	0,682	0,682
Температура t, °С / Temperature t, °С	20	83	55	10	10
Энтальпия h, кДж/кг / Enthalpy h, kJ/kg	416	447	270	270	408
Энтропия S, кДж/кг*К / Entropy S, kJ/kg*K	1,765	1,765	1,228	1,247	1,736
Удельный объем U, м³/кг / Specific volume U, m³/kg	0,037	0,013	0,001	0,013	0,035

Экспериментальной частью работы являлась модернизация сушильной установки на базе теплового насоса и сборки системы автоматизации, согласно разработанной и представленной на рисунке 4 схеме, а также проведение практических испытаний для определения эффективности предложенного решения.

Включение установки, электрическая схема которой показана на рисунке 4, начинается с подключения к сети 220V а и подачи питания через автомат 1, переключением тумблера, после чего включается контроллер 2 и производится его настройка на необходимый режим работы сушильной установки, задаётся температура, которая будет поддерживаться в камере.

При необходимости сушки на высоком температурном уровне (свыше 50 °С) нужно включить ТЭН б, трёхпозиционным переключателем 4, который регулирует степень нагрева, и настроить биметаллический термостат 5, который при повышении температуры в камере больше заданной отключит электронагреватель б. Когда ТЭН б включен, об этом сиг-

нализирует лампа 6. Кнопкой 7 включается центробежный вентилятор *в*, расположенный в камере, и осевой вентилятор *з*, охлаждающий выносной конденсатор, а регулятором 8 задается необходимая частота вращения, во время работы вентилятора горит лампа 9.

При включении правой кнопки управления соленоидными клапанами 10 принудительно открывается соленоид 11, через который происходит подача хладагента в конденсатор, находящийся в сушильном объеме, что повышает температуру воздуха в камере. При включении левой кнопки 10 открывается соленоид 12, подающий фреон в выносной конденсатор, из-за чего теплота отводится за пределы камеры.

Сдвоенное реле давления 13 и реле влажности 14 необходимы, чтобы избежать поломки и неправильной работы установки. Перед началом процесса сушки нужно произвести настройку данных приборов, выставив предельные значения низкого и высокого давления и задав крайние значения влажности в камере. При выходе какого-либо параметра за заданный интервал значений произойдет срабатывание аварии, которая будет сопровождаться отключением компрессора 3 и включением красной лампы 15, расположенной на панели управления [15-18].

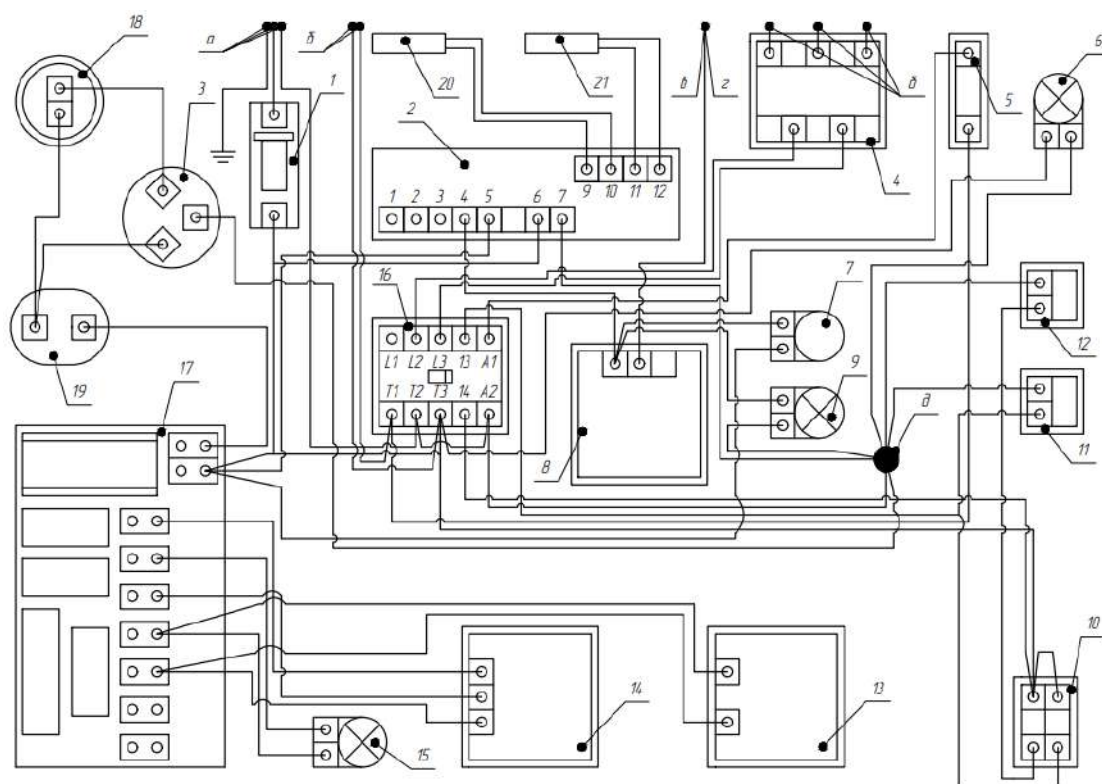


Рисунок 4 – Электрическая схема установки:

- 1 – автоматический выключатель; 2 – контроллер; 3 – компрессор; 4 – трёхпозиционный переключатель электронагревателя; 5 – биметаллический термостат; 6 – лампа; 7 – кнопка; 8 – регулятор частоты оборотов вентилятора; 9 – лампа; 10 – кнопки переключения соленоидов; 11 – соленоидный клапан; 12 – соленоидный клапан; 13 – сдвоенное реле давления; 14 – реле влажности; 15 – лампа; 16 – магнитный пускатель; 17 – плата управления; 18 – пусковой конденсатор компрессора; 19 – тепловое реле компрессора; 20 – термопара, регистрирующая температуру в камере; 21 – термопара, регистрирующая температуру испарителя; а – питание 220V; б – ТЭН; в – центробежный вентилятор; г – осевой вентилятор; д – нулевой узел
- Figure 4 – Electrical scheme of the installation:
- 1 – circuit breaker; 2 – controller; 3 – compressor; 4 – three-position switch of electric heater; 5 – bimetallic thermostat; 6 – lamp; 7 – button; 8 – fan speed regulator; 9 – lamp; 10 – solenoid switch buttons; 11 – solenoid valve; 12 – solenoid valve; 13 – dual pressure switch; 14 – humidity switch; 15 – lamp; 16 – magnetic starter; 17 – control board; 18 – compressor starting condenser; 19 – compressor thermal relay; 20 – thermocouple registering the temperature in the chamber; 21 – thermocouple registering the temperature of the evaporator; а – 220V power supply; б – heating element; в – centrifugal fan; г – axial fan; д – zero node

Для проведения экспериментального сравнения режимов работы сушильной установки, с задействованием выносного конденсатора и без его использования, был выбран единый температурный режим, который составил 40 °С, продуктом являлась клубника, нарезанная ломтиками толщиной 3 мм. Данный продукт и температура сушки были выбраны исходя из возможностей теплового насоса, который способен обеспечивать нагрев воздуха в камере не выше 50 °С, для повышения температурного уровня, необходимо использование электронагревателя, который в эксперименте не задействовался.

Масса навески клубники в обоих случаях составляла 400 г, а масса конечного продукта 50 г. Таким образом, коэффициент усушки составил 8 ед. Начальная влажность клубники 87-89 %.

Результаты. В случае сушки продукта в установке, без включения выносного конденсатора, на весь процесс было затрачено 580 минут. В свою очередь, при использовании режима с задействованием выносного конденсатора, время сушки сократилось до 475 минут. Таким образом, разница составляет:

$$\Delta t = t_I - t_{II} = 580 - 475 = 105 \text{ мин.} \quad (1)$$

где t_I – общее время сушки, при “on-off” регулировании, мин.; t_{II} – время процесса, при использовании выносного конденсатора, мин.

В процентном выражении разница общего времени сушки равна:

$$\Delta t_{\text{проц.}} = \frac{(t_I - t_{II})}{t_I} \cdot 100 \% = \frac{(580 - 475)}{580} \cdot 100 \% = 18,1 \% \quad (2)$$

По показаниям ваттметра, в первом случае, энергопотребление составило 13,8 кВт·ч., во втором 12,6 кВт·ч. Уменьшение энергопотребления, по экспериментальным данным, при задействовании дополнительного теплообменника, составило:

$$\Delta W_{\text{эсп.}} = W_{I \text{ эсп.}} - W_{II \text{ эсп.}} = 13,8 - 12,6 = 1,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (3)$$

где $W_{I \text{ эсп.}}$ – экспериментальное энергопотребление, при первом режиме работы установки; $W_{II \text{ эсп.}}$ – экспериментальное энергопотребление, во втором режиме.

Разница энергопотребления в процентах составляет:

$$\Delta W_{\text{эсп. проц.}} = \frac{(W_{I \text{ эсп.}} - W_{II \text{ эсп.}})}{W_{I \text{ эсп.}}} \cdot 100 \% = \frac{(13,8 - 12,6)}{13,8} \cdot 100 \% = 8,7 \% \quad (4)$$

Скорость воздуха в сушильной камере, по показаниям анемометра, в обоих опытах составила 1,5 м/с.

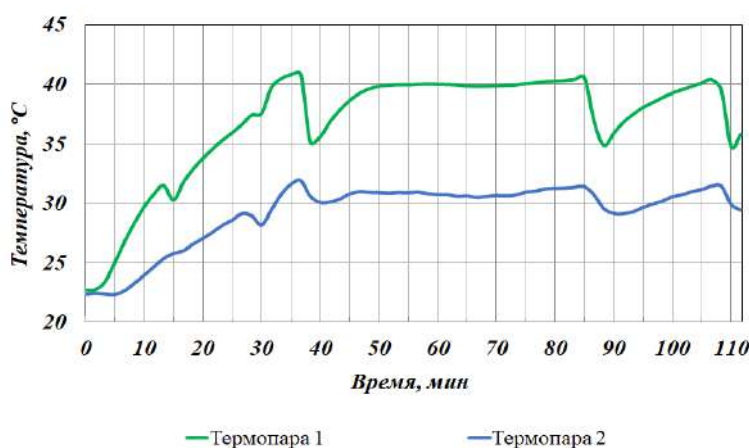


Рисунок 5 – Фрагмент диаграммы температур, при режиме работы без выносного конденсатора: термопара 1 – температура воздуха в камере; термопара 2 – температура воздуха на выходе из испарителя

Figure 5 – Fragment of the temperature diagram, in operation mode without remote condenser: thermocouple 1 – air temperature in the chamber; thermocouple 2 – air temperature at the evaporator outlet

В ходе проведения эксперимента была получена термограмма, фрагмент которой показан на рисунке 5, данные сняты с сушильной установки, при помощи цифрового терморегулятора ОВЕН ТРМ138. Температура, которая должна поддерживаться в камере во

время сушки, была установлена на 40 °C. Как видно из диаграммы, установка вышла на установленный уровень спустя 30 минут. Из диаграммы видно, что при достижении заданной температуры происходило отключение теплового насоса, для понижения температуры в камере, и повторное включение после этого, что привело к резким скачкам температуры на 5 °C, на протяжении всего эксперимента.

На рисунке 6 представлен фрагмент диаграммы температур, при задействовании выносного теплообменника. Как видно из термограммы, после выхода на рабочий режим, температура оставалась стабильной, без явных перепадов.

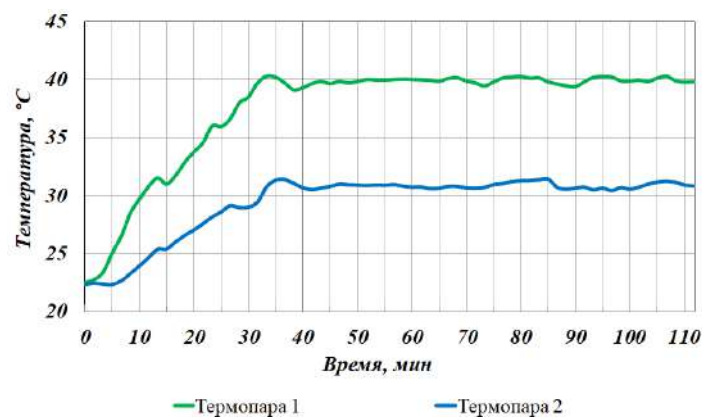


Рисунок 6 – Фрагмент диаграммы температур, при режиме работы с использованием выносного конденсатора: термопара 1 – температура воздуха в камере; термопара 2 – температура воздуха на выходе из испарителя

Figure 6 – Fragment of the temperature diagram, when operating mode with the use of remote condenser: thermocouple 1 – air temperature in the chamber; thermocouple 2 – air temperature at evaporator outlet

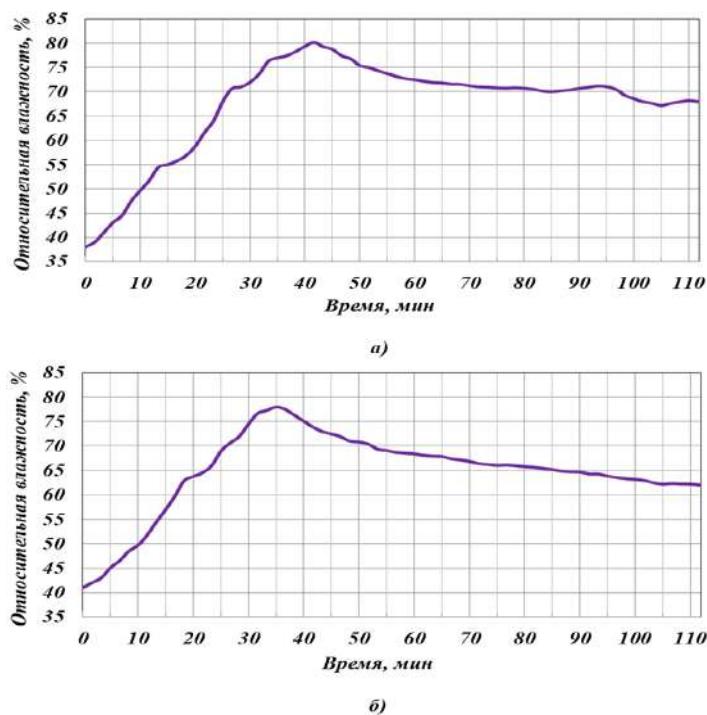


Рисунок 7 – Фрагменты диаграмм относительной влажности воздуха в камере:

а) режим работы без выносного конденсатора;

б) режим работы с использованием выносного конденсатора

Figure 7 – Fragments of diagrams of relative humidity in the chamber:

а) operation mode without remote condenser;

б) operation mode with the use of remote condenser

Отличия рассматриваемых режимов работы установки заключаются не только в поддержании температурного режима, но и в эффективности удаления влаги из продукта, что и привело к разному времени сушки. На рисунке 7 видно, что за равный промежуток времени относительная влажность сушильного агента, в случае работы сушилки с выключением компрессора, достигла 68 %, во втором же случае, 62 %. Важно отметить, что при использовании выносного конденсатора относительная влажность после выхода на заданный температурный режим показывала стабильное нисходящее движение, в то время как выключение компрессора создавало обратный эффект, относительная влажность сушильного агента начинала повышаться, что означало прекращение процесса сушки. Это свидетельствует, о том, что при использовании выносного конденсатора влага удалялась из продукта значительно быстрее, за счет отсутствия прерываний процесса сушки, характерных для стандартной схемы работы сушильной установки.

Электрическая мощность, которую потребляет данная установка, без использования ТЭНа, составляет 1,5 кВт, из которых 1,2 кВт приходятся на работу компрессора.

В первом режиме тепловой насос работает не постоянно, а циклически, в среднем время непрерывной работы составляет 20 минут, а время простоя 3 минуты. Таким образом, коэффициент работы компрессора будет равен:

$$K = \frac{t_{\text{раб.}}}{t_{\text{раб.}} + t_{\text{прост.}}} = \frac{20}{20 + 3} = 0,87 \quad (5)$$

где $t_{\text{раб.}}$ – среднее время непрерывной работы, $t_{\text{прост.}}$ – среднее время простоя.

Расчётное общее энергопотребление установки, при первом режиме работы:

$$W_I = (N_{\text{компр.}} \cdot K + N_{\text{проч.}}) \cdot t_I = (1,2 \cdot 0,87 + 0,3) \cdot 9,67 = 13 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (6)$$

где $N_{\text{компр.}}$ – мощность потребляемая компрессором, кВт; $N_{\text{проч.}}$ – мощность потребляемая прочими элементами установки, кВт; t_I – время сушки, при “on-off” регулировании, ч.

Общее расчетное энергопотребление установки, при втором режиме работы:

$$W_{II} = N \cdot t_{II} = 1,5 \cdot 7,92 = 11,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (7)$$

где N – мощность, потребляемая установкой, без использования ТЭНа, кВт; t_{II} – время процесса, при использовании выносного конденсатора, ч.

Разница в расчетном энергопотреблении, между двумя режимами работы:

$$\Delta W = W_I - W_{II} = 13 - 11,9 = 1,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (8)$$

В процентном выражении разница расчетного энергопотребления составила:

$$\Delta W_{\text{проц.}} = \frac{(W_I - W_{II})}{W_I} \cdot 100 \% = \frac{(13 - 11,9)}{13} \cdot 100 \% = 8,5 \% \quad (9)$$

Масса испарённой влаги из продукта в обоих случаях составляет:

$$m_{\text{исп.}} = m_{\text{нач.}} - m_{\text{конеч.}} = 0,4 - 0,05 = 0,35 \text{ кг} \quad (10)$$

где $m_{\text{нач.}}$ – масса клубники в начале процесса сушки, кг; $m_{\text{конеч.}}$ – масса продукта после завершения процесса, кг.

Отсюда, удельное энергопотребление на 1 кг испарённой влаги, для двух режимов работы:

$$W_{I \text{ уд.}} = \frac{W_I}{m_{\text{исп.}}} = \frac{13}{0,35} = 37,1 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{кг}} \quad (11)$$

$$W_{II \text{ уд.}} = \frac{W_{II}}{m_{\text{исп.}}} = \frac{11,9}{0,35} = 34 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{кг}} \quad (12)$$

Разница в удельных затратах электроэнергии составляет:

$$\Delta W_{\text{уд.}} = W_{I \text{ уд.}} - W_{II \text{ уд.}} = 37,1 - 34 = 3,1 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{кг}} \quad (13)$$

В процентном выражении разница удельного энергопотребления равна:

$$\Delta W_{\text{уд. проц.}} = \frac{(W_{I \text{ уд.}} - W_{II \text{ уд.}})}{W_{I \text{ уд.}}} \cdot 100 \% = \frac{(37,1 - 34)}{37,1} \cdot 100 \% = 8,4 \% \quad (14)$$

Обсуждение. Экспериментальные данные показали, что при реализации сушки в установке на базе теплового насоса, с применением дополнительного конденсатора, время всего процесса сократилось на 18,1 %, по сравнению со стандартным режимом работы. Помимо этого, по показаниям ваттметра было установлено, что энергопотребление также понизилось, на 8,7 %, из-за меньшего времени работы теплового насоса.

В ходе расчетов, было подтверждено повышение энергоэффективности, при переходе на модернизированную систему. Разница, в потреблении электроэнергии, между режимами составила 8,5 %.

Отклонение экспериментальных данных от расчетных является минимальным и может быть вызвано погрешностями измерений, а также неучтенными нагрузками.

Заключение. Результатом данного исследования является обоснование эффективности представленного способа оптимизации сушильной установки на базе теплового насоса. Доказано преимущество использования выносного блока конденсатора, перед стандартным устройством сушильной установки, за счёт стабилизации температурного режима. В ходе эксперимента, было установлено, что время сушки продукта значительно сократилось, что также привело к снижению энергопотребления. Помимо этого, из-за того, что не происходит многократное включение-отключение компрессора, уменьшается нагрузка на него, за счёт исключения пусковых токов.

Представленная модель сушильной установки позволяет настроить и оптимизировать её, для различных процессов сушки. Данная разработка, нацеленная на использование на малых предприятиях агропромышленного комплекса, представляет собой инновационное и перспективное решение для сушки различных продуктов и материалов. Сушильный шкаф на базе теплового насоса может удовлетворить потребности производителей в высокотехнологичном, энергоэффективном оборудовании, позволяющем обеспечить высокое качество конечного продукта.

Conclusions. The result of this study is the substantiation of the effectiveness of the presented method of optimization of a drying plant based on a heat pump. The advantage of using a remote condenser unit over the standard device of a drying plant due to the stabilization of the temperature regime is proved. During the experiment, it was found that the drying time of the product was significantly reduced, which also led to a decrease in energy consumption. multiple switching on and off of the compressor, the load on it is reduced, due to the exclusion of starting currents.

The presented model of the drying plant allows you to configure and optimize it for different drying processes. This development, aimed at use at small enterprises of the agro-industrial complex, is an innovative and promising solution for drying various products and materials. A heat pump-based drying oven can meet the needs of manufacturers for high-tech, energy-efficient equipment to ensure the high quality of the final product.

Библиографический список

1. Степанова Е. Г. и др. Возможности применения теплонасосных технологий на предприятиях пищевой промышленности. Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2022. № 4. С. 361-380.
2. Шулепина П. А., Михайлова А. А., Алексеев В. А. Эффективность применения парокомпрессионного теплового насоса. Modern Science. 2021. № 8. С. 224-229.
3. Loemba A. B. T., Kichonge B., Kivevele T. Comprehensive assessment of heat pump dryers for drying agricultural products. Energy Science & Engineering. 2023. Vol. 11. No 8. Pp. 2985-3014.
4. Doymaz İ. B., Tunçkal C., Göksel Z. Comparison of drying kinetics, energy efficiency and color of dried eggplant slices with two different configurations of a heat pump dryer. Energy Sources. Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. 2023. Vol. 45. No 1. Pp. 690-707.
5. Uthpala T. G. G., Navaratne S. B., Thibbotuwawa A. Review on low-temperature heat pump drying applications in food industry: Cooling with dehumidification drying method. Journal of Food Process Engineering. 2020. Vol. 43. No 10.
6. Mishra N., Jain S. K., Jain N. K. Recent Developments of Heat Pump Dried Agriculture Produce: An Overview of Technical and Theoretical Application. Environment and Ecology. 2023. Vol. 41. No 3C. Pp. 1910-1916.
7. Садуллаев Д. М. ў., Шингисов А. У. Исследование изменений химических, физических и органолептических свойств продукции в зависимости от метода сушки. Universum: технические науки. 2024. № 7-3 (124). С. 51-53.
8. Короткий И. А., Расщепкин А. Н., Федоров Д. Е. Определение параметров флюидизации при конвективной сушке ягод дикорастущих растений. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2014. № 5-6 (341-342). С. 76-79.
9. Ansari I. A., et al. Effect of Heat Pump Drying on Quality of Fruits and Vegetables: A Review. Environment and Ecology. 2024. V. 42. No 3. Pp. 921-926.
10. Неверов Е. Н. и др. Технические решения по вторичному использованию тепловой энергии и повышению экологической эффективности инженерных систем. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2022. Т. 49. № 4. С. 26-34.
11. M'baye A. A case study of heat recovery: a heat pump in an industrial site. Renewable Energy and Sustainable Development. 2022. V. 8. No 1. P. 20.

12. Расщепкин А. Н., Короткий И. А., Расщепкина Е. А. Теплонасосная установка для сушки ягоды: патент № 2548324 С1 Российская Федерация, МПК F26B 9/06, F26B 23/10. № 2014103819/06: заявл. 04.02.2014: опубл. 20.04.2015.

13. Расщепкин А. Н., Ермолаев В. А., Расщепкина Е. А., Федоров Д. Е. Теплонасосная установка для вяления рыбы: патент № 2491822 С1 Российская Федерация, МПК А23В 4/03. № 2012119132/10: заявл. 10.05.2012: опубл. 10.09.2013.

14. Zhuman Zh., Khanzharov N., Abdizhapparova B. Designing and testing a heat pump unit for drying, low-temperature processing, and storing of food products. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. V. 5. No 8 (131). Pp. 33-41.

15. Красников В. Я. Совершенствование процесса сушки сельскохозяйственной продукции. Вестник Сумского национального аграрного университета. 2012. № 6. С. 160-163.

16. Неверов Е. Н. и др. Исследование параметров работы дегидрататора для реализации конвективной сушки влагосодержащих пищевых продуктов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 466-479.

17. Осинцев А. М., Короткий И. А., Плотников К. Б., Рынк В. В. Численное моделирование системы нагрева воздуха в сушильных установках с индукционным энергоподводом. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2024. Т. 16. № 1. С. 125-132.

18. Callejas R. L., et al. Exergetic analyses of a domestic heat pump for drying. South Florida Journal of Development. 2023. V. 4. No 7. Pp. 2691-2699.

References

1. Stepanova E. G., et al. Possibilities of Using Heat Pump Technologies at Food Industry Enterprises. Bulletin of the Kerch State Marine Technological University. 2022. № 4. Pp. 361-380.

2. Shulepina P. A., Mikhailova A. A., Alekseev V. A. Efficiency of using a vapor-compression heat pump. Modern Science. 2021. № 8. Pp. 224-229.

3. Loemba A. B. T., Kichonge B., Kivevele T. Comprehensive assessment of heat pump dryers for drying agricultural products. Energy Science & Engineering. 2023. Vol. 11. No 8. Pp. 2985-3014.

4. Doymaz İ. B., Tunçkal C., Göksel Z. Comparison of drying kinetics, energy efficiency and color of dried eggplant slices with two different configurations of a heat pump dryer. Energy Sources. Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. 2023. Vol. 45. No 1. Pp. 690-707.

5. Uthpala T. G. G., Navaratne S. B., Thibbotuwawa A. Review on low-temperature heat pump drying applications in food industry: Cooling with dehumidification drying method. Journal of Food Process Engineering. 2020. Vol. 43. No 10.

6. Mishra N., Jain S. K., Jain N. K. Recent Developments of Heat Pump Dried Agriculture Produce: An Overview of Technical and Theoretical Application. Environment and Ecology. 2023. Vol. 41. No 3C. Pp. 1910-1916.

7. Sadullaev D. M., Shingisov A. U. Study of changes in chemical, physical and organoleptic properties of products depending on the drying method. Universum: Technical Sciences. 2024. № 7-3 (124). Pp. 51-53.

8. Korotkiy I. A., Raschepkin A. N., Fedorov D. E. Determination of Fluidization Parameters in Convective Drying of Berries of Wild Plants. Proceedings of Higher Educational Institutions. Food technology. 2014. № 5-6 (341-342). Pp. 76-79.

9. Ansari I. A., et al. Effect of Heat Pump Drying on Quality of Fruits and Vegetables: A Review. Environment and Ecology. 2024. V. 42. No 3. Pp. 921-926.

10. Neverov E. N., et al. Technical Solutions for the Secondary Use of Thermal Energy and Improving the Environmental Efficiency of Engineering Systems. Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical Sciences. 2022. T. 49. № 4. Pp. 26-34.

11. M'baye A. A case study of heat recovery: a heat pump in an industrial site. Renewable Energy and Sustainable Development. 2022. V. 8. No 1. P. 20.

12. Raschepkin A. N., Korotkiy I. A., Rasshchepkina E. A. Heat Pump Plant for Berry Drying: Patent No 2548324 C1 Russian Federation, IPC F26B 9/06, F26B 23/10. No 2014103819/06: application. 04.02.2014: publ. 20.04.2015.

13. Rasschepkin A. N., Ermolaev V. A., Rasschepkina E. A., Fedorov D. E. Heat Pump Plant for Fish Drying: Patent No 2491822 C1 Russian Federation, IPC A23B 4/03. No 2012119132/10: application. 10.05.2012: publ. 10.09.2013.

14. Zhuman Zh., Khanzharov N., Abdizhapparova B. Designing and testing a heat pump unit for drying, low-temperature processing, and storing of food products. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. V. 5. No 8 (131). Pp. 33-41.

15. Krasnikov V. Y. Improvement of the Process of Drying Agricultural Products. Bulletin of Sumy National Agrarian University. 2012. № 6. Pp. 160-163.

16. Neverov E. N., et al. Study of the Parameters of the Dehydrator Operation for the Implementation of Convective Drying of Moisture-Containing Food Products. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 2 (70). Pp. 466-479.

17. Osintsev A. M., Korotkiy I. A., Plotnikov K. B., Ryнк V. V. Numerical Simulation of Air Heating System in Drying Plants with Induction Energy Supply. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2024. V. 16. № 1. Pp. 125-132.

18. Callejas R. L., et al. Exergetic analyses of a domestic heat pump for drying. South Florida Journal of Development. 2023. V. 4. No 7. Pp. 2691-2699.

Информация об авторах

Короткий Игорь Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Красная, 6), e-mail: krot69@mail.ru

Расщепкин Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Красная, 6), e-mail: technoholod@mail.ru

Ананченко Роман Александрович, аспирант, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Красная, 6), e-mail: t.roman-t2001@yandex.ru

Логоновский Сергей Андреевич, аспирант, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Красная, 6), e-mail: kerny101@gmail.com

Authors' Information

Korotkiy Igor Alekseevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Kemerovo State University (Russian Federation, Kemerovo, Krasnaya St., 6), e-mail: krot69@mail.ru

Raschepkin Aleksander Nikolaevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Kemerovo State University (Russian Federation, Kemerovo, Krasnaya St., 6), e-mail: technoholod@mail.ru

Ananchenko Roman Aleksandrovich, post-graduate student, Kemerovo State University (Russian Federation, Kemerovo, Krasnaya St., 6), e-mail: t.roman-t2001@yandex.ru

Loginovsky Sergey Andreevich, post-graduate student, Kemerovo State University (Russian Federation, Kemerovo, Krasnaya St., 6), e-mail: kerny101@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-50

THE SYSTEM ANALYSIS AND THE NEURAL NETWORK METHODS OF OPERATIONAL MONITORING OF THE WINTER WHEAT SEEDLINGS AFTER OVERWINTERING IN THE CONTINENTAL CLIMATE**Rogachev A. F., Tokarev K. E.***Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: tokarevke@yandex.ru

Received 11.05.2025

Submitted 09.06.2025

The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 25-21-20019, <https://rscf.ru/project/25-21-20019/> and the Volgograd region.

Abstract

Introduction. In conditions of increasing climatic instability and increasing duration of dry periods, the need for prompt and accurate methods of monitoring the state of agrophytocenoses is increasing. **Object.** The object of the study is the monitoring of winter wheat crops during critical growth phases using artificial intelligence algorithms. **Materials and methods.** This paper examines the use of machine learning methods, in particular artificial neural networks (ANN), to assess and predict the physiological and ecological state of crops in arid regions with a continental climate. The proposed approach includes the integration of remote sensing data (including multispectral and thermal imaging), meteorological observations, and soil moisture indicators to train deep learning models. A comparative analysis of the effectiveness of various ANN architectures (including fully connected and convolutional networks) in terms of the accuracy of classification and prediction of deviations in the development of agrarian phytocenoses has been carried out. **Results and discussion.** The results obtained demonstrate the high predictive ability of the models and their potential for use in precision farming and irrigation management systems. The developed approach can be adapted to various agroecosystems and climatic conditions, ensuring sustainable agriculture in conditions of increasing scarcity of water resources.

Keywords: winter wheat, winter wheat cultivation, system analysis, artificial neural networks, monitoring of wheat crops, continental climate conditions.

Citation. Rogachev A. F., Tokarev K. E. The system analysis and the neural network methods of operational monitoring of the winter wheat seedlings after overwintering in the continental climate. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 474-482 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-50.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА ВСХОДОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПОСЛЕ ПЕРЕЗИМОВКИ В УСЛОВИЯХ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА**Рогачев А. Ф., доктор технических наук, профессор
Токарев К. Е., кандидат экономических наук, доцент***ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация*

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-21-20019, <https://rscf.ru/project/25-21-20019/> и Волгоградской области.

Актуальность. В условиях усиливающейся климатической нестабильности и роста продолжительности засушливых периодов возрастает необходимость в оперативных и точных методах мониторинга состояния агрофитоценозов. **Объект.** Объектом исследования является мониторинг посе-

вов озимой пшеницы в критические фазы роста с применением алгоритмов искусственного интеллекта. **Материалы и методы.** В данной работе рассматривается применение методов машинного обучения, в частности искусственных нейронных сетей (ИНС), для оценки и прогноза физиолого-экологического состояния сельскохозяйственных культур в засушливых регионах с континентальным климатом. Предложенный подход включает интеграцию данных дистанционного зондирования (в том числе мультиспектральной и тепловой съёмки), метеорологических наблюдений и показателей почвенной влажности для обучения моделей глубокого обучения. Проведён сравнительный анализ эффективности различных архитектур ИНС (включая полносвязные и сверточные сети) по точности классификации и прогноза отклонений в развитии агрофитоценозов. **Результаты и обсуждение.** Полученные результаты демонстрируют высокую прогностическую способность моделей и их потенциал для использования в системах точного земледелия и управления ирригацией. Разработанный подход может быть адаптирован к различным агроэкосистемам и климатическим условиям, обеспечивая устойчивое земледелие в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов.

Ключевые слова: озимая пшеница, возделывание озимой пшеницы, системный анализ, искусственные нейронные сети, мониторинг посевов пшеницы, условия континентального климата.

Цитирование. Рогачев А. Ф., Токарев К. Е. Системный анализ и нейросетевые методы оперативного мониторинга всходов озимой пшеницы после перезимовки в условиях континентального климата. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 474-482. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-50.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Изменение климата и учащающиеся периоды засухи приводят к значительным рискам снижения урожайности сельскохозяйственных культур, особенно в зонах рискованного земледелия. В сложившихся условиях агрофитоценозы (совокупности культурных растений и иной растительности) испытывают стрессовые воздействия, приводящие к нарушению физиологического баланса и продуктивности. В этой связи особую актуальность приобретает задача создания высокоточных систем оперативного мониторинга, способных в режиме реального времени оценивать состояние посевов и предсказывать возможные отклонения от нормы, приводящие к снижению продуктивности.

Особенностью развития посевов озимой пшеницы в условиях континентального засушливого климата в весенний период вегетации является неравномерность состояния растений после перезимовки, что можно выявить по их изображениям уже в фазе кущения [1-2].

Методы дистанционного зондирования, в том числе с применением беспилотных летательных аппаратов, зарекомендовали себя как эффективный инструмент для оценки вегетации и продуктивности сельскохозяйственных культур (Zarco-Tejada et al., 2015; Peng et al., 2019) [10,15]. Использование индексов NDVI, EVI и других спектральных показателей позволяет выявлять стрессовые состояния и динамику биомассы в различные фазы вегетации. Системный анализ методических подходов и инструментальных средств способствует их более обоснованному и эффективному применению.

Целью исследования является системное обоснование, разработка и апробация методов ИИ с применением искусственных нейронных сетей для оперативного мониторинга агрофитоценозов на основе интеграции данных дистанционного зондирования, фенологических показателей и информации о почвенной влажности.

Обзор литературы. В работе Куликова И. П. и др. [1] отмечается, что при редком стоянии озимая пшеница увеличивает количество продуктивных побегов и массу зерна с одного растения, что позволяет частично компенсировать снижение густоты. Исследования Гусева В. И. и др. [2] отмечают увеличение листовой поверхности и фотосинтетического потенциала в условиях сниженной конкуренции, особенно в зоне кущения. Публикация Литвинова С. С. и др. [6] подтверждает, что в условиях снижения конкуренции пшеница компенсирует количество продуктивных стеблей за счёт повышенного кущения. Из зарубежных исследований отметим Pask, A., Reynolds, M., et al., а также Liu, W., Tollenaar, M., Stewart, G., and Deen, W., которые в работах [3-5] по полевым фенотипическим оценкам пшеницы, включая показатели компенсаторного роста, показали, что избыточный рост на участках с редким стоянием может приводить к компенсации на уровне урожайности, но не всегда – это зависит от фазы развития и обеспеченности элементами питания.

Следовательно, можно выделять несколько специфических классов развития ростков озимой пшеницы, что следует учитывать при разработке интеллектуальной технологии ее оценки. Проведенные обзор и критический анализ современные исследования средств

ИИ подтверждают эффективность применения глубоких сверточных нейронных сетей для классификации состояния растительности, в том числе на основе мультиспектральных изображений (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018) [9].

Особое внимание в последние годы уделяется объединению данных дистанционного зондирования с погодными и почвенными параметрами для повышения точности классификации и прогнозов (Li et al., 2020; Russello et al., 2022 [12]). Рекуррентные нейронные сети и их модификации (например, LSTM) успешно применяются для анализа временных рядов метеоданных и оценки последствий засух. Другие авторы указывают на перспективность интеграции моделей ИНС с геоинформационными системами (GIS) (Nguyen et al., 2021), а также использования предобученных архитектур EfficientNet и ResNet для увеличения точности классификации (Qin et al., 2022). Исследования Fang et al. (2020), Shafi et al. (2020) и Niu et al. (2021) демонстрируют потенциал использования трансформеров и гибридных моделей для агропрогнозирования. Использование высокочастотных временных рядов NDVI и температурных аномалий также освещается в трудах Rembold et al. (2019) и Xie et al. (2021). Работы Zhang et al. (2021) и Yao et al. (2019) акцентируют внимание на важности анализа почвенно-гидрологических характеристик в контексте оценки состояния культур в условиях засушливого климата. Помимо фенологических данных, применение IoT-сенсоров и систем «edge computing» (Mulla, 2023) способствует расширению возможностей мониторинга. Chen et al. (2022) предложили интеграцию нейросетевых моделей с байесовскими сетями для оценки рисков засух, а работы Zhai et al. (2021) и Mishra et al. (2020) подчеркивают значимость прогнозной визуализации в управлении аграрными рисками [11, 12, 14, 15, 18, 19–21].

В связи с этим исследования состояния агрофитоценозов в условиях засушливого климата, в частности всходов озимой пшеницы после перезимовки, с использованием методов системного анализа и оперативного интеллектуального мониторинга, является актуальным.

Материалы и методы. Методы и подходы системного анализа при планировании исследований включали:

- декомпозицию объекта исследования на подсистемы «культура - климат - почва»;
- моделирование потоков информации и обратных связей между компонентами агросистемы.

- построение причинно-следственных графов воздействия факторов;

- приоритизацию параметров по шкале значимости методом анализа иерархий (АНР);

Исходными данными для обучения и валидации разрабатываемых нейросетевых моделей являлись:

- цветные (RGB) изображения высокого разрешения (4K), полученные с БПЛА,
- данные температурной и влажностной съёмки,
- метеоданные (осадки, температура воздуха, скорость ветра),
- данные о влажности почвы с сенсоров на различных глубинах,
- цифровые карты почв и рельефа.

Математическая модель оценки индекса вегетации (NDVI):

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (1)$$

где NDVI – индекс нормализованной разности вегетации, NIR – отражённое излучение в ближнем ИК-диапазоне, RED – отражённое излучение в красном диапазоне.

Признаки нормализованы по шкале min-max. Были проведены предварительная фильтрация шума и выделение областей внимания (ROI) с помощью алгоритма бинарной маски. Далее применялись архитектуры сверточных (CNN), рекуррентных (LSTM) и гибридных нейросетей (ConvLSTM). Обучение проводилось в среде TensorFlow 2.12 с использованием библиотек Scikit-learn и OpenCV.

Обучение модели CNN проводилось на обучающей выборке из 8 000 цветных изображений всходов озимой пшеницы, валидационная и тестовая выборки составляли 1500 и 500 изображений соответственно. Для визуализации результатов использовались Python-библиотеки Matplotlib и Seaborn.

Необходимые исходные данные для проведения аэрофотосъемки тестовых участков:

1. Размеры опытного участка: ширина поля (W, м), длина поля (L, м).

2. Модель БПЛА / Тип камеры: DJI Mavic 3 Pro (тройная камера).

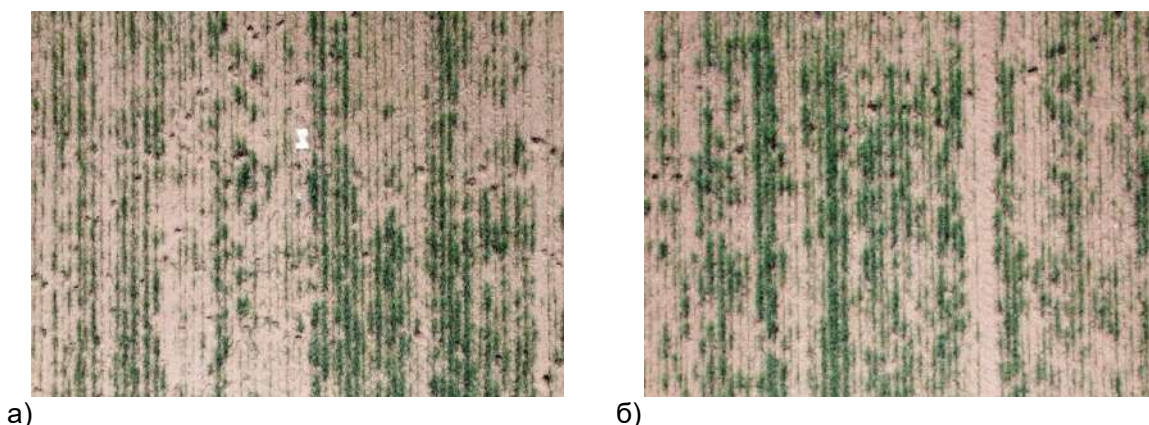
3. Основные характеристики камеры БПЛА, используемого для экспериментальной аэрофотосъемки (таблица 1).

Таблица 1 – Основные характеристики видеокамеры используемого БПЛА
Table 1 – Main characteristics of the video camera of the UAV used

Характеристика / Characteristic	Единица измерения / Unit	Значение / Meaning
Размер матрицы / Matrix size	мм / mm	17.3 x 13 (4/3 CMOS для основного сенсора) / 17.3 x 13 (4/3 CMOS for the main sensor)
Фокусное расстояние объектива: / Lens focal length: - основной объектив / - Main lens - средний телеобъектив / - Medium telephoto lens - телеобъектив / -telephoto lens	мм / mm	24 70 162
Разрешение матрицы / Sensor Resolution	пиксель / pixel	5280 x 3956 (4/3 CMOS)
Пространственное разрешение: / Spatial resolution: - оптимальный уровень детализации для выявления крупных сорных растений / - Optimal level of detail to identify large weeds - для оценки густоты посевов / - to assess the density of crops	см/пиксель / cm/pixel	5 10
Режим аэрофотосъемки: / Aerial Photography Mode: - основная камера (ортофотопланы и детальные аэрофотоснимки) / - Main camera (orthomosaics and detailed aerial photos) - телекамера (аэрофотоснимки с высоким приближением) / - TV camera (high-zoom aerial photos)	мм / mm	24 166
Формат сохранения изображений / Image Saving Format	тип / type	JPEG, RAW (DNG).
Продольное перекрытие между последовательными снимками по направлению полета / Longitudinal overlap between successive images in the direction of flight	%	70 ... 80 %.
Поперечное перекрытие снимков между соседними полосами пролетов / Transverse overlapping of images between adjacent span strips	%	60 ... 70 %.

Съемка посевов озимой пшеницы различных сортов проводилась в УНПЦ «Горная Поляна» ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ камерами БПЛА с высоты 6...8 м при его пролете преимущественно по направлению фотографируемых рядков.

Результаты и обсуждение. Типичные изображения фрагментов участка поля с рядками растений озимой пшеницы в фазе кущения после перезимовки представлен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Исходные изображения с камеры БПЛА озимой пшеницы после перезимовки (стадия кущения)
Figure 1 – Initial images from the UAV camera of winter wheat after overwintering (tillering stage)

Для предварительного обучения разрабатываемого семейства ИНС формировался датасет, RGB-изображения в котором группировались по выявляемым классам, представленным в таблице 2.

Обучение модели CNN проводилось на обучающей выборке из 8 000 изображений всходов озимой пшеницы, систематизированных по следующим классификационным признакам.

Таблица 2 – Классификация графических признаков состояния всходов озимой пшеницы
Table 2 – Classification of graphical signs of the state of winter wheat seedlings

Класс / Class	Признак / Sign	Описание / Description	Примечание / Note
0	Норма / Norm	Равномерные всходы, нормальный цвет листьев, оптимальное развитие / Uniform germination, normal leaf color, optimal development	Контроль / Control
1	Стресс по влаге / Moisture stress	Потемнение листьев, неравномерные всходы / Darkening of leaves, uneven shoots	Распознавание / Recognition
2	Стресс по температуре / Temperature stress	Светлые листья, сниженная плотность посевов / Light leaves, reduced crop density	Распознавание / Recognition
3	Локальное компенсаторное развитие / Local compensatory development	Мозаичный характер всходов, наличие чужеродной растительности / Mosaic nature of seedlings, the presence of alien vegetation	Распознавание / Recognition
4	Проблемы перезимовки / Problems of overwintering	Угнетенные растения, разреженность всходов и/или их частичное отсутствие, в т.ч. всходов / Depressed plants, sparsity of seedlings and/or their partial absence, incl. seedlings	Распознавание / Recognition

Визуализация процедур разметки обучающего и валидационного набора данных, аннотируемых по классам состояния посевов представлена на рисунке 2.

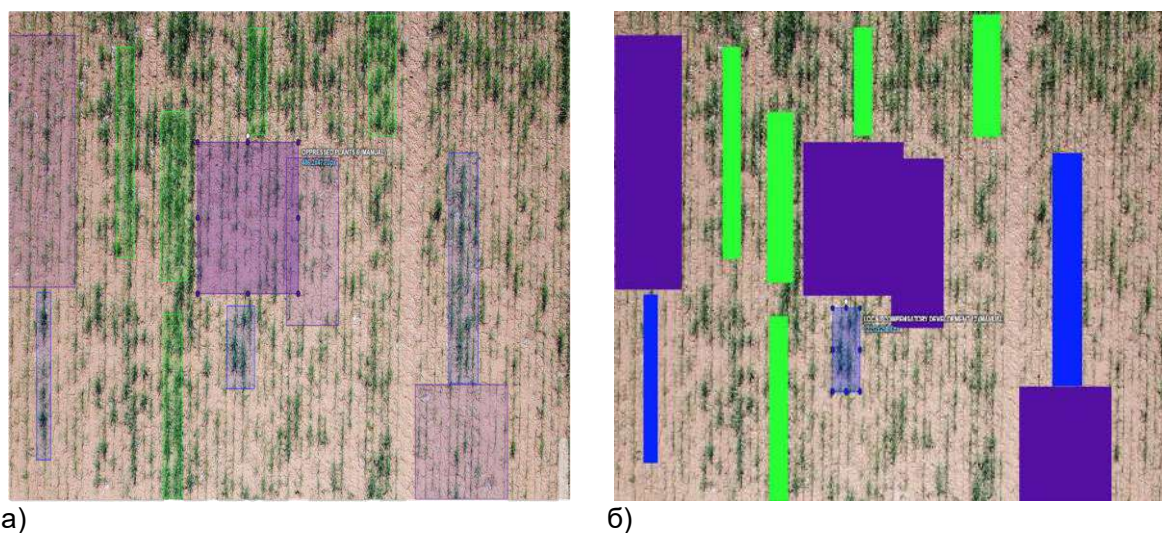


Рисунок 2 – Исходные изображений, аннотируемые по классам состояния посевов
Figure 2 – Source images annotated by crop condition classes

Типичные изображения фрагментов участков полей со всходами озимой пшеницы по выявляемым классам развития состояния приведены в таблице 3.

Близкие цветоколеристические характеристики изображений и визуальная схожесть полученных элементов датасета потребовала разработки семейства ИНС на основе полносвязных и/или сверточных слоев для повышения точности выявления выделенных классов развития всходов.

Таблица 3 – Типичные изображения фрагментов участков полей со всходами озимой пшеницы по выявляемым классам состояния
Table 3 – Typical images of fragments of fields with winter wheat seedlings by identified condition classes

Выделенный класс/онтологический признак / Selected class/ontological feature	Аннотированное изображение / Annotated Image
Норма (оптимальное развитие) / хорошие агротехнические условия, оптимальная влажность и питание, отсутствие стрессов / Normal (optimal development)/good agronomic conditions, optimal humidity and nutrition, no stress	
Локальное компенсаторное развитие / наблюдается сгущение побегов на небольших участках (1-3 м²), чаще на границах между хорошо развитыми и разреженными зонами / Local compensatory development / thickening of shoots is observed in small areas (1-3 m²), more often on the borders between well-developed and sparse zones	
Среднее развитие (неравномерное кущение) / возможно неравномерное заделывание семян, уплотнение почвы или поверхностное залегание / Medium development (uneven tillering) / possible uneven seed placement, soil compaction or surface bedding	
Проблемы перезимовки / дефицит питания (азот, фосфор), засуха, уплотнённая почва / Overwintering problems / nutritional deficiencies (nitrogen, phosphorus), drought, compacted soil	

В процессе проведения предварительных численных экспериментов достигнуты значения точности классификации ($accuracy = 0.83...0.87$). При продолжении исследований будут уточняться оптимальные по критериям качества классификации размеры фрагментов изображений для различных архитектур ИНС.

Сравнение с другими подходами показывает, что использование ИНС, обученных на совокупности мультиспектральных и метеоданных, обеспечивает более высокую точность по сравнению с традиционными индексными методами, как это показано в работах Maes & Steppe 19), Jeong et al. [16], Qin et al. [19]. Полученная точность (CNN – 92.3 %, LSTM – 89.7 %) превышает средние значения, приведенные в аналогичных исследованиях.

Научная новизна работы определяется системной интеграцией методов глубокого обучения (CNN, LSTM, ConvLSTM) с данными мультиспектральной съемки, с учетом метеорологических параметров и почвенной влажности для оперативного мониторинга агрофитоценозов в засушливых условиях континентального климата. Разработанный на основе методов системного анализа комплексный подход сочетает интеллектуальные методы и алгоритмы с инструментальными подходами, что позволяет формализовать причинно-следственные связи между климатическими и почвенными факторами и состоянием сельскохозяйственных культур. Впервые апробирована гибридная архитектура нейросетей для оценки стрессовых состояний посевов озимой пшеницы после перезимовки с использованием полевых данных и БПЛА-съемки.

Применение системного анализа позволило выявить наиболее значимые факторы (влажность почвы, температура воздуха, фазу вегетации) в критические фазы роста и обосновать необходимость их интегрального учета. Полученные данные применимы в практике точного земледелия: дифференцированное орошение, планирование полевых работ, оценка рисков урожайности.

Полученные результаты подтверждают эффективность применения гибридных нейросетевых архитектур для интегральной оценки состояния агрофитоценозов в условиях климатической нестабильности. Выявлено, что включение дополнительных источников информации (например, данных о почвенной влажности и метеопараметров) существенно повышает обобщающую способность моделей, особенно в задачах долгосрочного прогноза.

Направления дальнейших исследований прежде всего предполагают расширение используемых наборов данных за счёт включения гиперспектральных изображений и информации от БПЛА по всем фазам развития посевов. Кроме того, намечается разработка классификации внешних и внутренних факторов управления продуктивностью, а также самообучающихся интеллектуальных систем, способных адаптироваться к новым данным, в частности, агроклиматическим условиям без полного переобучения ИНС.

Заключение. Разработанный подход, основанный на применении методов системной классификации и интеллектуального нейросетевого анализа, позволяет проводить высокоточный мониторинг агрофитоценозов, возделываемых в условиях засушливого климата. На примере посевов озимой пшеницы полученные модели показали высокую точность классификации ($accuracy = 0.83...0.87$) состояния всходов после перезимовки и потенциальную применимость в системах точного земледелия. В дальнейшем планируется расширение базы обучающих данных по культурам, подтипам почв и тепло- влагообеспеченности, а также внедрение в геоинформационные платформы аграрного мониторинга.

Conclusion. The developed approach, based on the use of system classification methods and intelligent neural network analysis, allows for high-precision monitoring of agrophytocenoses cultivated in an arid climate. On the example of winter wheat crops, the obtained models showed high classification accuracy ($accuracy = 0.83... 0.87$) seedling conditions after overwintering and potential applicability in precision farming systems. In the future, it is planned to expand the database of training data on crops, soil subtypes and heat and moisture supply, as well as the introduction of agricultural monitoring into geoinformation platforms.

Библиографический список

1. Куликов И. П., Астахов В. М., Лесков А. А. Компенсационные возможности продуктивности озимой пшеницы при прореживании посевов. Вестник аграрной науки. 2012. № 6. С. 35-40.
2. Гусев В. И., Котов Б. Н. Адаптивные реакции растений при неравномерности стояния в посевах. Агрохимия. 2015. № 8. С. 54-59.
3. Sadras V. O., Slafer, G. A. Environmental modulation of yield components in cereals: Heritabilities reveal a hierarchy of phenotypic plasticity. Field Crops Research. 2012. Vol. 127. Pp. 215-224.
4. Liu W., Tollenaar M., Stewart G., Deen W. Within-row plant spacing variability and its impact on corn yield. Field Crops Research. 2004. Vol. 89 (2-3). Pp. 349-356.
5. Pask A., Reynolds M., et al. Physiological breeding II: A field guide to wheat phenotyping. CIMMYT, 2012.

6. Литвинов С. С., Касаткина Н. В. Изменчивость элементов продуктивности у пшеницы в зависимости от густоты стояния. *Зерновое хозяйство России*. 2018. № 2. С. 12-16.
7. Корнюшко В. Ф., Богунова И. В., Панов А. В. Применение системного подхода для построения информационного пространства разработки состава готовых лекарственных форм. *Прикладная информатика*. 2018. Т. 13. № 3 (75). С. 83-100.
8. Волкова В. Н., Денисов А. А. Теория систем и системный анализ: учебник для бакалавров. М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2012.
9. Kamilaris A., Prenafeta-Boldú F. X. Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018. No 147. Pp. 70-90.
10. Zarco-Tejada P. J., et al. Pre-visual symptoms of *Xylella fastidiosa* infection revealed in spectral plant-trait alterations. *Nature Plants*. 2015. No 1 (9). 15072.
11. Maes W. H., Steppe K. Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture. *Trends in Plant Science*. 2019. No 24 (2). Pp. 152-164.
12. Li Y., et al. Integration of remote sensing and machine learning for crop monitoring and yield prediction. *Agricultural Systems*. 2020. V. 182. 102869.
13. Russello G., et al. Combining UAV imagery and soil moisture data for precision irrigation using deep learning. *Remote Sensing*. 2022. No 14 (3). P. 556.
14. Jeong J. H., et al. Monitoring drought stress in crops using multi-temporal UAV images and deep learning. *Sensors*. 2021. No 21 (9). 3084.
15. Peng J., et al. A review of remote sensing of vegetation phenology in agricultural ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019. No 274. Pp. 281-295.
16. Zhang X., et al. Estimating soil moisture using multispectral UAV data and deep learning. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2021. No 14. Pp. 4567-4579.
17. Yao X., et al. Monitoring crop growth and predicting yield with machine learning. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. No 163. 104859.
18. Nguyen T. T., et al. Deep learning-based crop monitoring systems with GIS integration. *Environmental Modelling & Software*. 2021. V. 138. 104976.
19. Qin Y., et al. Efficient Net for stress detection in crops using UAV imagery. *Remote Sensing Letters*. 2022. No 13 (7). Pp. 681-691.
20. Mulla D. J. Sensor technologies and edge computing for smart agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023. V. 206. 107610.
21. Mavromatis T. Spatial resolution effects on crop yield forecasts: An application to rainfed wheat yield in north Greece with CERES-Wheat. *Agricultural Systems*. 2016. № 143. Pp. 38-48.
22. Tokarev K. E., et al. Crops reclamation management based on hybrid neuro-fuzzy systems. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*. 2020. No 421 (4). Art. No. 042015.
23. Rogachev A. F. Fuzzy Set Modeling of Regional Food Security. Perspectives on the Use of New Information and Communication Technology (ICT) in the Modern Economy. *ISC 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. V. 726.

References

1. Kulikov I. P., Astakhov V. M., Leskov A. A. Compensatory Possibilities of Winter Wheat Productivity in Thinning Crops. *Bulletin of Agrarian Science*. 2012. № 6. Pp. 35-40.
2. Gusev V. I., Kotov B. N. Adaptive Reactions of Plants in Uneven Standing in Crops. *Agrochemistry*. 2015. № 8. Pp. 54-59.
3. Sadras V. O., Slafer, G.A. Environmental modulation of yield components in cereals: Heritabilities reveal a hierarchy of phenotypic plasticity. *Field Crops Research*. 2012. Vol. 127. Pp. 215-224.
4. Liu W., Tollenaar M., Stewart G., Deen W. Within-row plant spacing variability and its impact on corn yield. *Field Crops Research*. 2004. Vol. 89 (2-3). Pp. 349-356.
5. Pask A., Reynolds M., et al. Physiological breeding II: A field guide to wheat phenotyping. *CIMMYT*, 2012.
6. Litvinov S. S., Kasatkina N. V. Variability of productivity elements in wheat depending on the density of standing. *Grain farming in Russia*. 2018. № 2. Pp. 12-16.
7. Korniyushko V. F., Bogunova I. V., Panov A. V. Application of the System Approach for Building the Information Space for the Development of the Composition of Finished Dosage Forms. *Applied Informatics*. 2018. V. 13. № 3 (75). Pp. 83-100.
8. Volkova V. N., Denisov A. A. System Theory and System Analysis: A Textbook for Bachelors. Moscow: Yurayt Publishing House; Yurayt Publishing House, 2012.
9. Kamilaris A., Prenafeta-Boldú F. X. Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018. No 147. Pp. 70-90.
10. Zarco-Tejada P. J., et al. Pre-visual symptoms of *Xylella fastidiosa* infection revealed in spectral plant-trait alterations. *Nature Plants*. 2015. No 1 (9). 15072.
11. Maes W. H., Steppe K. Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture. *Trends in Plant Science*. 2019. No 24 (2). Pp. 152-164.
12. Li Y., et al. Integration of remote sensing and machine learning for crop monitoring and yield pre-diction. *Agricultural Systems*. 2020. V. 182. 102869.
13. Russello G., et al. Combining UAV imagery and soil moisture data for precision irrigation using deep learning. *Remote Sensing*. 2022. No 14 (3). P. 556.
14. Jeong J. H., et al. Monitoring drought stress in crops using multi-temporal UAV images and deep learning. *Sensors*. 2021. No 21 (9). 3084.
15. Peng J., et al. A review of remote sensing of vegetation phenology in agricultural ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019. No 274. Pp. 281-295.
16. Zhang X., et al. Estimating soil moisture using multispectral UAV data and deep learning. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2021. No 14. Pp. 4567-4579.

17. Yao X., et al. Monitoring crop growth and predicting yield with machine learning. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. No 163. 104859.
18. Nguyen T. T., et al. Deep learning-based crop monitoring systems with GIS integration. *Environmental Modelling & Software*. 2021. V. 138. 104976.
19. Qin Y., et al. Efficient Net for stress detection in crops using UAV imagery. *Remote Sensing Letters*. 2022. No 13 (7). Pp. 681-691.
20. Mulla D. J. Sensor technologies and edge computing for smart agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023. V. 206. 107610.
21. Mavromatis T. Spatial resolution effects on crop yield forecasts: An application to rainfed wheat yield in north Greece with CERES-Wheat. *Agricultural Systems*. 2016. № 143. Pp. 38-48.
22. Tokarev K. E., et al. Crops reclamation management based on hybrid neuro-fuzzy systems. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*. 2020. No 421 (4). Art. No. 042015.
23. Rogachev A. F. Fuzzy Set Modeling of Regional Food Security. *Perspectives on the Use of New Information and Communication Technology (ICT) in the Modern Economy. ISC 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. V. 726.

Информация об авторах

Рогачев Алексей Фруминович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), e-mail: rafr@mail.ru

Токарев Кирилл Евгеньевич, доцент кафедры, кандидат экономических наук, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, 26), e-mail: tokarevke@yandex.ru

Authors' Information

Rogachev Aleksey Fruminovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: rafr@mail.ru

Tokarev Kirill Evgenievich, Associate Professor, Candidate of Economic Sciences, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: tokarevke@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-51

THE ASSESSMENT OF THE TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF THE MACHINES FOR FLATTENING AND PRESERVATION OF THE ORGANIC FODDER GRAIN

¹Smelik V. A., ²Fomin S. D., ³Zakharov A. M., ³Perekopskiy A. N.

¹*Saint-Petersburg State Agrarian University
St. Petersburg, Russian Federation*

²*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

³*Federal Scientific Agroengineering Center VIM – branch in Saint Petersburg
St. Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: smelik_va@mail.ru

Received 04.05.2025

Submitted 02.06.2025

Summary

The article presents the results of research to assess the technological reliability of machines for flattening and preserving organic feed grains under the influence of external disturbing factors of a probabilistic character.

Abstract

Introduction. Organic production in Russia is increasingly becoming a necessity in agricultural practice. The technological processes in this case have their own characteristics in terms of the use of materials, accuracy and reliability of operations. One of the promising energy-saving ways to prepare for feeding and preserve wet feed grain without using drying is the flattening of organic grain with the addition of a biological preservative. The purpose of the study is to evaluate the technological reliability of machines for flattening and preserving organic feed grains under the influence of external disturbing factors of a probabilistic nature. **Materials and methods.** Grain flatteners should ensure the flattening and application of a biological preparation into wet feed grain grown using organic technology, and mixing in accordance with established agro technical requirements. Based on these requirements, estimates of technological reliability can be established. **Results and conclusions.** At flattening of grain of different initial moisture content from 20 % to 40 % by setting values of the gap between conditioning rollers from 0,5 mm to 1,5 mm it is possible to provide the capacity of the conditioner from 5 to 10 t/h of flattened grain. It is necessary to take into account that the machines for grain flattening and preservative application should provide flattening of grain, application of biological preparation into grain grown on organic technology and their mixing in accordance with the established agrotechnical requirements under conditions of probabilistic nature of change of external conditions. For machines for grain flattening of wet organic feed grain and application of biological preservatives the conditions of technological functioning are ranked as light, medium and heavy. Tolerances for calculation of quality assessments of wet forage grain flattening are established on the basis of requirements to the quality of flattening: the size of flattened grains should be 1.1-1.6 mm; the shell of grains should be broken; the presence of unflattened grains is not allowed. The criterion of effective functioning of the technological process of grain flattening will be the condition when the calculated estimates will not be lower than a given threshold value.

Keywords: technological reliability of machines, flattening of feed grain, preservation of feed grain, feed grain.

Citation. Smelik V. A., Fomin S. D., Zakharov A. M., Perekopsky A. N. The assessment of the technological reliability of the machines for flattening and preservation of the organic fodder grain. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 482-492 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-51.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.363.2:51-74

ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ МАШИН ДЛЯ ПЛЮЩЕНИЯ И КОНСЕРВИРОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

¹Смелик В. А., доктор технических наук

²Фомин С. Д., доктор технических наук

³Захаров А. М., кандидат технических наук

³Перекопский А. Н., кандидат технических наук

¹Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

²Волгоградский государственный аграрный университет

г. Волгоград, Российская Федерация

³Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства –
филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Актуальность. Органическое производство продукции в России все больше входит в сельскохозяйственную практику как необходимость. Технологические процессы в данном случае имеют свои особенности по применению материалов, точности и надежности выполнения операций. Одним из перспективных энергосберегающих способов подготовки к скармливанию и сохранения влажного фуражного зерна без использования сушки является плющение органического зерна с внесением биологического консерванта. **Цель исследования** – оценка технологической надежности машин для плющения и консервирования органического фуражного зерна под воздействием внешних возмущающих факторов, имеющих вероятностную природу. **Материалы и методы.** Плющилки должны обеспечивать плющение и внесение биологического препарата во влажное фуражное зерно, выращенное по органической технологии, и смешивание в соответствии с установленными агротехническими требованиями. На основании этих требований могут быть установлены оценки технологической надежности. **Результаты и выводы.** При плющении зерна различной исходной влажности от 20 % до 40 % настроечными значениями зазора между плющильными вальцами от 0,5 мм до 1,5 мм возможно обеспечить производительность плющилки от 5 до 10 т/ч плющеного зерна. Необходимо учитывать, что машины для плющения зерна и внесения консерванта должны обеспечивать плющение зерна, внесение биологического препарата в зерно, выращенное по органической технологии, и их смешивание в соответствии с установленными агротехническими требованиями в условиях вероятностного характера изменения внешних условий. Для машин плющения влажного фуражного органического зерна и внесения биологических консервантов условия технологического функционирования проранжированы как легкие, средние и тяжелые. Допуски для расчета оценок качества плющения влажного фуражного зерна установлены на основании требований к качеству плющения: величина расплющенных зерен должна составлять 1,1-1,6 мм; оболочка зерен должна быть нарушена; наличие не расплющенного зерна не допускается. Критерием эффективного функционирования технологического процесса плющения зерна будет условие, когда рассчитанные оценки будут не ниже заданного порогового значения.

Ключевые слова: технологическая надежность машин, плющение фуражного зерна, консервирование фуражного зерна, фуражное зерно.

Цитирование. Смелик В. А., Фомин С. Д., Захаров А. М., Перекопский А. Н. Оценки технологической надежности машин для плющения и консервирования органического фуражного зерна. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 482-492. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-51.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Органическое сельское хозяйство интенсивно развивается в России, с применением принципов биологической синергии [1]. Основные подходы включают отказ от химических пестицидов и удобрений, использование биологических методов защиты рас-

тений и создание замкнутого цикла, где растениеводство и животноводство взаимно поддерживают друг друга. Растения служат кормом для животных, а продукты жизнедеятельности животных – удобрениями для растений [2, 3].

Хотя органическое сельское хозяйство имеет множество преимуществ, таких как снижение использования синтетических веществ, оно также сталкивается с технологическими и техническими вызовами. Эти трудности связаны с необходимостью внедрения инновационных решений для обеспечения стабильного производства органической продукции. Например, применение биологических препаратов делает процесс консервирования корма менее надежным по сравнению с классическим применением химических консервантов [4].

Одним из перспективных способов подготовки к скармливанию и сохранения влажного фуражного зерна без использования суши является плющение органического фуражного зерна с внесением биологического консерванта [5]. Комбайновая уборка зерна для плющения осуществляется не в фазе полной спелости, а в фазе восковой спелости зерна, поэтому начинать обмолот возможно раньше в зависимости от погодных условий Нечерноземья [6]. Использование зерна осуществляется в Северном и Северо-Западном регионе РФ только на фураж (80-85 %) и семена (15-20 %), продовольственного назначения зерна практически нет [7]. Плющенное одновидовое зерно хорошо поедается и усваивается жвачными животными, по эффективности не уступая сухому дробленому зерну, экономится топливо и электроэнергия. Для плющения фуражного зерна с одновременным внесением биологического консерванта применяют различные технологические схемы [5, 8], одна из которых представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Технологическая схема обработки фуражного ячменя плющением с внесением биологического консерванта

Figure 1 – Technological scheme of treatment of feed barley by flattening with the introduction of a biological preservative

Машины для плющения и внесения консерванта зерна имеют схожую конструкцию. Основной рабочий орган, выполняющий работу, – это рифленные вальцы [9, 10].

Цель исследования – оценка технологической надежности машин для плющения и консервирования органического фуражного зерна под воздействием внешних факторов вероятностной природы.

Материалы и методы. В качестве объекта изучения технологической надежности выберем плющилку влажного фуражного зерна – машину, предназначенную для его измельчения плющением и обработки биологическими консервантами. На рисунке 2 представлена ее принципиальная схема. Главными элементами конструкции машины являются редуктор привода 1, бункер зерна 2, дозирующий валец подачи зерна 3, вальцы плющения зерна 4, емкость химического консерванта (биологического препарата) 5, насос консерванта 6, ручной или электронный дозатор консерванта 7, донный шнек смешивания и прессования 8, электрическая система 9 питания насоса и дозатора, шибер 10, одна или две форсунки 11, кожух трамбовочного устройства 12.

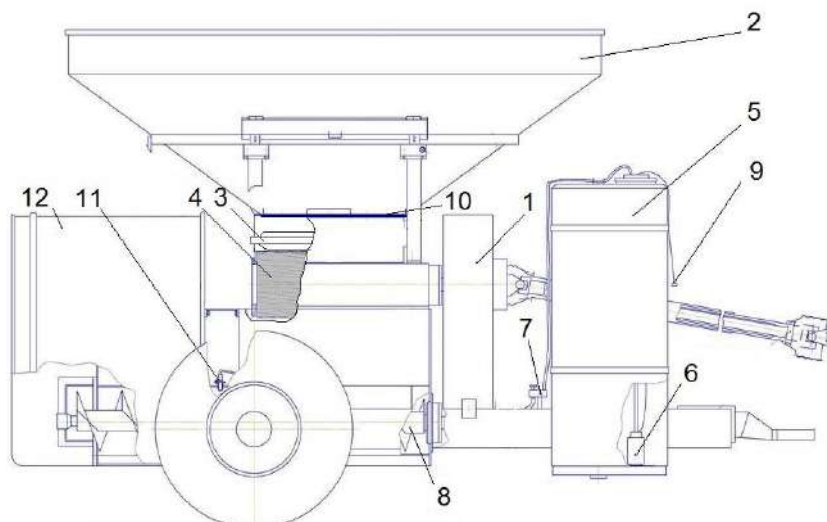


Рисунок 2 – Схема машины для плющения зерна и внесения консерванта
Figure 2 – Diagram of the grain flattening and preservative application machine

Процесс работы организован следующим образом. Привезенный с поля зерновой ворох загружается в бункер. При достижении номинальной частоты вращения приводного вала (ВОМа) шибером 10 открывается подача зерна на дозирующий валец 3, а дозирующий валец в свою очередь настроенной частотой вращения регулирует подачу зерна на вальцы плющения 4. Химический консервант или биологический препарат [4] подается в плющенное зерно насосом 6 через дозатор 7 и форсунку 11. Донным шнеком смешивания и прессования 8 плющенное зерно подается в полиэтиленовый рукав, надетый на кожу трамбовочного устройства 12.

Работа машины для плющения влажного фуражного зерна с добавлением биологического консерванта подвержена влиянию различных внешних факторов, как и многие другие сельскохозяйственные агрегаты [6, 11-13]. Эти факторы имеют вероятностный характер и могут существенно влиять на рабочий процесс. В данном случае технологический процесс плющения зерна, выращенного по органической технологии, и применения биологического препарата в качестве консерванта представляется возможным рассматривать как объект исследования технологической надежности. Для этого необходимо разработать модель функционирования системы, включающую входные показатели внешних возмущающих факторов и выходные показатели, характеризующие эффективность процесса плющения и внесения консерванта.

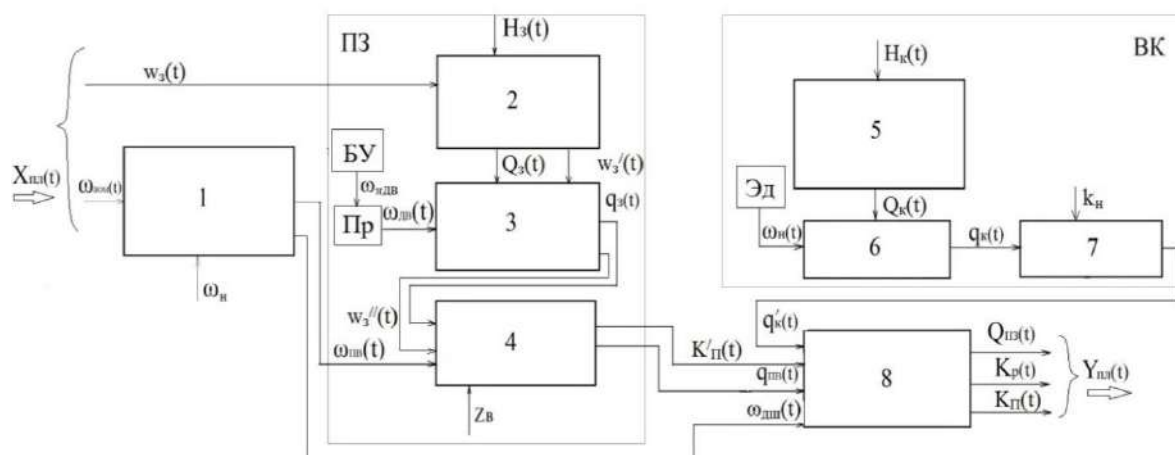


Рисунок 3 – Структура модели технологического процесса работы машины
Figure 3 – Structure of the model of the technological process of the machine

Под технологической надежностью (ГОСТ Р 27.015-2019 Надежность в технике. Управление надежностью. Руководство по проектированию надежности систем) подразумевается способность машины для плющения зерна и внесения биологического консерванта эффективно выполнять свои задачи в рамках заданных параметров, несмотря на внешние воздействия в течение заданного периода. В рамках данной концепции модель работы машины можно описать как систему взаимосвязанных компонентов, каждый из которых выполняет свою функцию в преобразовании входных данных в выходные. На рисунке 3 представлена структура этой системы.

Влажность зерна $w_3(t)$ с поля и частота вращения $\omega_{\text{ВМ}}(t)$ ВМ трактора будут входными внешними возмущениями $X_{\text{пл}}(t)$ функционирования технологического процесса машины.

Производительность машины плющения органического зерна $Q_{\text{ПЗ}}(t)$, равномерность распределения консерванта (биологического препарата) $K_p(t)$ и коэффициент плющения зерна $K_n(t)$ в соответствии с настроечным значением k_n будут являться показателями эффективности работы машины и выходными переменными $Y_{\text{пл}}(t)$.

Модель системы дозирования зерна в бункере и его плющения (ПЗ) состоит из частных моделей приемного бункера 2, дозирующего вальца 3 и плющильных вальцов 4. Частота вращения плющильных вальцов $\omega_{\text{пв}}(t)$ будет являться входным воздействием. Введем следующие обозначения: зерно $Q_3(t)$, уровень зерна $H_3(t)$ в бункере 2; частота вращения $\omega_{\text{ДВ}}(t)$ дозирующего вальца 3; поток зерна $q_3(t)$ от дозирующего вальца 3 попадает в зазор z_v плющильных вальцов 4; частота вращения плющильных вальцов $\omega_{\text{пв}}(t)$.

Частные модели емкости консерванта (биологического препарата) 5, насоса консерванта 6 и дозатора 7 составляют модель системы внесения консерванта (ВК) в плющенное зерно. В модели системы ВК следующие обозначения: уровень консерванта $H_k(t)$ в емкости 5; частота вращения $\omega_n(t)$ вала насоса 6; поток консерванта $q_k(t)$ в насосе 6 и в дозаторе 7.

Поток консерванта $q'_k(t)$ из дозатора в шнек 8 и поток плющеного зерна $q_{\text{пв}}(t)$ составляют модель системы донного шнека, его частоту вращения обозначим $\omega_{\text{дш}}(t)$. Выходными показателями эффективности функционирования машины будут производительность, равномерность распределения консерванта и коэффициент плющения зерна $Y_{\text{пл}}(t) = \{Q_{\text{ПЗ}}(t), K_n(t), K_p(t)\}$.

В таком представлении оператором модели функционирования технологического процесса плющилки зерна, позволяющим идентифицировать математическую модель исследуемого процесса, будет совокупность соответствующим образом составленных и параллельно и последовательно соединенных моделей A_i , так что:

$$A_M = A_1 \cdot \left| \frac{A_{\text{ПЗ}}}{A_{\text{ВК}}} \right| \cdot A_8 \quad (1)$$

Причем оператор модели системы плющения зерна ПЗ можно представить следующим образом:

$$A_{\text{ПЗ}} = \left| \frac{A_2}{A_{\text{ПП}}} \right| \cdot A_3 \cdot A_4 \quad (2)$$

А оператор модели системы внесения консерванта ВК может быть записан:

$$A_{\text{ВК}} = \left| \frac{A_5}{A_{\text{ЭД}}} \right| \cdot A_6 \cdot A_7 \quad (3)$$

Тогда общий оператор модели плющилки зерна A_M будет выглядеть следующим образом:

$$A_{\text{ПЗ}} = A_1 \cdot \left| \frac{\left| \frac{A_2}{A_{\text{ПП}}} \right| \cdot A_3 \cdot A_4}{\left| \frac{A_5}{A_{\text{ЭД}}} \right| \cdot A_6 \cdot A_7} \right| \cdot A_8 \quad (4)$$

Поскольку вращение от редуктора 1 на плющильные вальцы 4 и донный шнек 8, осуществляется параллельно, то оператор его модели A_1 будет записан так:

$$A_1 = \left| \frac{A_4}{A_8} \right| \quad (5)$$

Определение количественных параметров j -ых частных операторов A_j рассмотренных динамических моделей целесообразно выполнить методами статистической идентификации, алгоритмически схожими с машинным обучением искусственных нейронных сетей по ансамблям реализаций (обучаемым данным) случайных i -ых процессов на входе $x_{(j;i)}(t)$ и выходах $y_{(j;i)}(t)$ при настроенных значениях x_{jn} таким образом, что

$$A_j = \frac{y_{(j;i)}(t) \dots y_{(j;i+n)}(t)}{[x_{(j;i)}(t) \dots x_{(j;i+m)}(t)] x_{jn}} \quad (6)$$

Исходя из вышеизложенного и на основании принципа суперпозиции моделирующие уравнения для каждого i -ого выхода могут быть получены в виде:

$$y_{(j;i)}(t) = A_j^{(i)} [x_{(j;i)}(t) \dots x_{(j;i+m)}(t)] x_{jn} \quad (7)$$

При такой постановке, обратным преобразованием соотношений (1-5) возможно получить математические зависимости для расчета и оптимизации параметров как каждой j -ой частной модели A_j плющилки зерна, так и ее систем: плющения зерна ПЗ (2), внесения консерванта ВК (3) в отдельности, и всей машины $A_{пз}$ в целом (4).

Результаты исследований. По результатам проведенных экспериментальных исследований [14] идентифицировано уравнение регрессии выходного показателя – производительности плющилки $Q_{пз}(t)$ от исходной влажности поступающего на обработку зерна $w_3(t)$ при различных настроенных значениях зазора между плющильными вальцами z_b :

$$Q_{пз}(t) = -4,0569 + 0,0917w_3(t) + 12,9583z_b + 0,0003[w_3(t)]^2 - 0,0179z_bw_3(t) - 3,6458z_b^2 \quad (8)$$

Из анализа полученного уравнения следует, что при плющении зерна различной исходной влажности $w_3(t)$ от 20 % до 40 % настроенными значениями зазора между плющильными вальцами z_b от 0,5 мм до 1,5 мм возможно обеспечить производительность плющилки $Q_{пз}(t)$ от 5 до 10 т/ч плющенного зерна. Однако при этом необходимо учитывать, что плющилки зерна (машины для плющения зерна и внесения консерванта) должны обеспечивать плющение зерна [15], внесение биологического препарата в зерно, выращенное по органической технологии, и их смешивание в соответствии с установленными агротехническими требованиями [9, 16-18]. На основании этих требований могут быть установлены оценки технологической надежности плющилок зерна.

В связи с вероятностным характером изменений условий функционирования $X_{пз}(t)$ (внешних возмущающих факторов) и показателей эффективности $Y_{пз}(t)$ плющилок зерна ПЗ, оценки их технологической надежности целесообразно определить из той же категории вероятностных. В основу расчета этих оценок могут быть положены средние относительные длительности (вероятности) $P_{\Delta y}$ и $P_{\beta y}$ нахождения показателей эффективности $Y_{пз}(t)$ в поле заданных абсолютного Δy или относительного βy допусков при отсчете от настроенных $Y_{пзн}$ или средних m_y значений оцениваемых показателей таким образом, что:

$$\begin{aligned} P_{\Delta yн} &= P\{(Y_n - \Delta_{yn}) \leq Y_{пз}(t) \leq (Y_n + \Delta_{yn})\} \\ P_{\Delta y} &= P\{(m_y - \Delta_y) \leq Y_{пз}(t) \leq (m_y + \Delta_y)\} \end{aligned} \quad (9)$$

и

$$\begin{aligned} P_{\beta yн} &= P\{(1-\beta_{yn}) Y_{пзн} \leq Y_{пз}(t) \leq (1+\beta_{yn}) Y_{пзн}\} \\ P_{\beta y} &= P\{(1-\beta_y) m_y \leq Y_{пз}(t) \leq (1+\beta_y) m_y\} \end{aligned} \quad (10)$$

При этом абсолютные Δ_y и Δ_{yn} и относительные допуски β_y и β_{yn} связаны между собой соотношениями [19]:

$$\beta_y = \Delta_y / m_y, \quad (11)$$

$$\beta_{yn} = \Delta_{yn} / Y_n, \quad (12)$$

$$\beta_{yn} = (0,5 - 0,7) \beta_y \quad (13)$$

Исходя из агротехнических требований и на основании внутренней структуры исследуемых случайных процессов для расчета оценок, характеризующих производительность плющилки зерна $Q_{пз}(t)$ и качество распределения консерванта $K_p(t)$ в плющеной массе, целесообразно использовать относительные допуски, тогда для показателя $Q_{пз}(t)$ на основании (10) запишем:

$$\begin{aligned} P_{\beta Q} &= P\{(1-\beta_Q)m_Q \leq Q_{пз}(t) \leq (1+\beta_Q)m_Q\} \\ P_{\beta Q_n} &= P\{(1-\beta_{Q_n})Q_{пзн} \leq Q_{пз}(t) \leq (1+\beta_{Q_n})Q_{пзн}\} \end{aligned} \quad (14)$$

и для показателя $K_p(t)$ соответственно:

$$\begin{aligned} P_{\beta K_p} &= P\{(1-\beta_{K_p})m_{K_p} \leq K_p(t) \leq (1+\beta_{K_p})m_{K_p}\} \\ P_{\beta K_{pn}} &= P\{(1-\beta_{K_{pn}})K_n \leq K_p(t) \leq (1+\beta_{K_{pn}})K_n\} \end{aligned} \quad (15)$$

где $Q_{пзн}$ и K_n – настроечные значения производительности плющилки зерна и дозы внесения консерванта соответственно.

Для расчета вероятностных оценок качества плющения зерна $K_n(t)$ за основу можно принять требования [13-15] к размерам расплющенных зерен ячменя и овса от 1,1 до 1,4 мм, тритикале или пшеницы от 1,3 до 1,6 мм. При этом оболочка (кожица) всех зерен обязательно должна быть разрушена.

Предельно допустимые размеры расплющенных зерен (хлопьев) могут быть назначены в качестве соответствующих границ для расчета вероятностных оценок качества плющения таким образом, что при симметричном абсолютном допуске $\Delta_{кп}$ на отклонения размеров расплющенных зерен от средних значений $m_{кп}$.

Верхняя допускаемая граница будет $K_{пв} = (m_{кп} + \Delta_{кп})$ и нижняя граница – $K_{пн} = (m_{кп} - \Delta_{кп})$.

На основании вышеизложенного и с учетом соотношения (9) вероятностная оценка качества плющения зерна может быть рассчитана следующим образом:

$$P_{\Delta K_{п}} = P\{(m_{кп} - \Delta_{кп}) \leq K_{п}(t) \leq (m_{кп} + \Delta_{кп})\} \quad (16)$$

$$\text{или } P_{\Delta K_{п}} = P\{K_{пн} \leq K_{п}(t) \leq K_{пв}\} \quad (17)$$

Значения относительных β_y и абсолютных Δ_y допусков целесообразно определить с учетом условий функционирования плющилок зерна.

Учитывая значительную вариабельность состояния исходного обрабатываемого материала, а также на основании рекомендаций [5, 14] условия функционирования плющилок зерна предложено разбить на три группы (таблица 1):

Таблица 1 – Ранжирование условий функционирования машин для плющения зерна
Table 1 – Ranking of the operating conditions of grain flattening machines

Группы условий функционирования машины / Groups of machine operating conditions	Характеристика обрабатываемого материала / Characteristics of the material to be processed		
	Вид / View	Состояние / Condition	
		Влажность, % / Humidity, %	Засоренность, % / Weed infestation, %
Легкие (благоприятные) / Easy (favorable)	Покрывосеменные зерновые фуражные культуры / Angiosperms Grain Forage Crops	30-40 %	<5 %
Средние (нормальные) / Average (Normal)	Покрывосеменные зерновые фуражные культуры и рожь / Angiosperms, cereals, forage crops and rye	25-30	>5 %
Тяжелые (неблагоприятные) / Severe (unfavorable)	Голосеменные продовольственные зерновые культуры на фуражные цели / Gymnosperms for food crops for fodder purposes	-	-

Исходя из ранга приведенных в таблице 1 условий, а также на основании предшествующих исследований [20-22], допуски могут быть продифференцированы следующим образом (таблица 2).

Таблица 2 – Значения относительных и абсолютных допусков на отклонение показателей эффективности функционирования

Table 2 – Values of relative and absolute tolerances for deviation of performance indicators

Условия / Conditions	Относительный допуск β_y / Relative Tolerance β_y		Абсолютный допуск Δ_y / Absolute Tolerance Δ_y	
	при отсчете от настроечного значения Y_n / when counting from the tuning value Y_n	при отсчете от среднего значения m_y / when counting from the average value m_y	$m_{кп}$, мм	$\Delta_{кп}$, мм
Легкие / Lungs	0,10-0,12	0,15-0,18	1,2	0,10
Средние / Average	0,12-0,15	0,18-0,22	1,3	0,15
Тяжелые / Heavy	0,15-0,20	0,22-0,30	1,3	0,20

Учитывая взаимную независимость рассчитываемых по выражениям (14, 15, 16, 17) оценок эффективности, технологически надежное функционирование плющилок зерна будет при выполнении условий:

$$P_{\beta\piз} = \left\{ \begin{array}{l} P_{\beta Q} \\ P_{\beta Q_n} \\ P_{\beta КП} \\ P_{\beta КП_n} \end{array} \right\} \geq |P_{\beta}|_{зад} \quad (18)$$

$$\text{и } P_{\Delta КП} \geq |P_{\Delta}|_{зад}$$

Причем $|P_{\beta}|_{зад} = |P_{\Delta}|_{зад} = 0,7 - 0,8$ – пороговые значения вероятностных оценок эффективности функционирования технологического процесса, меньшие (нижние) значения которых рекомендуют [16, 19] применять при тяжелых, а бо́льшие (верхние) при легких условиях работы.

При этом технологически надежной работа плющилки влажного фуражного зерна будет когда $R_{Q\piз} = P \left\{ \begin{array}{l} P_{\Delta y} \geq |P_{\Delta y}|_{зад} \\ P_{\beta y} \geq |P_{\beta y}|_{зад} \end{array} \right\}$.

Выводы. При плющении зерна различной исходной влажности $w_3(t)$ от 20 % до 40 % настроечными значениями зазора между плющильными вальцами z_b от 0,5 мм до 1,5 мм возможно обеспечить производительность плющилки $Q_{\piз}(t)$ от 5 до 10 т/ч плющенного зерна. Однако при этом необходимо учитывать, что плющилки зерна (машины для плющения зерна и внесения консерванта) должны обеспечивать плющение зерна, внесение биологического препарата в зерно, выращенное по органической технологии, и их смешивание в соответствии с установленными агротехническими требованиями в условиях вероятностного характера изменения внешних условий.

Для машин плющения влажного фуражного органического зерна и внесения биологических консервантов условия технологического функционирования проранжированы как легкие (благоприятные), средние (нормальные) и тяжелые (неблагоприятные).

Допуски для расчета оценок качества плющения влажного фуражного зерна установлены на основании требований к качеству плющения: величина расплющенных зерен должна составлять 1,1-1,6 мм; оболочка зерен должна быть нарушена; наличие нерасплющенного зерна не допускается.

Критерием эффективного функционирования технологического процесса плющения зерна будет условие, когда рассчитанные оценки будут не ниже заданного порогового значения.

Conclusions. When flattening grains of various initial moisture $W_3(t)$ from 20 % to 40 % with the adjustment values of the gap between the flattening rollers z_b from 0.5 mm to 1.5 mm, it is possible to ensure the productivity of the flattener $Q_{\piз}(t)$ from 5 to 10 t/h of flattened grain. However, it must be borne in mind that grain flatteners (machines for flattening grain and applying preservatives) must ensure the flattening of grain, the introduction of a biological preparation into grain grown using organic technology, and their mixing in accordance with established agrotechnical requirements in conditions of a probabilistic nature of changes in external conditions.

For machines for flattening wet feed organic grain and applying biological preservatives, the conditions of technological functioning are ranked as light (favorable), medium (normal) and severe (unfavorable).

Tolerances for calculating estimates of the quality of flattening of wet feed grain are established based on the requirements for the quality of flattening: the size of the flattened grains should be 1.1-1.6 mm; the shell of the grains should be broken; the presence of non-flattened grain is not allowed.

The criterion for the effective functioning of the technological process of flattening grain will be the condition when the calculated estimates will not be lower than the specified threshold value.

Библиографический список

1. Фюкс Р. Зеленая революция: Экономический рост без ущерба для экологии. Intelligent Wachsen. Die grüne Revolution. М.: Альпина нон-фикшн, 2015. 330 с.
2. Войтюк В. А., Кондратьева О. В., Слинько О. В. Органическое сельское хозяйство в России: вызовы и возможности. АгроЭкоИнженерия. 2024. № 3 (120). С. 19-32.
3. Брюханов А. Ю., Попов В. Д., Васильев Э. В., Папушин Э. А. Концепция управления экологической безопасностью агроэкосистем. АгроЭкоИнженерия. 2022. № 4 (113). С. 4-18.
4. Перекопский А. Н., Лаптев Г. Ю., Мелихова Е. В. Технология консервирования плющеного зерна биопрепаратом. Техника и оборудование для села. 2005. № 10. С. 11-12.
5. Mogilnitsky V., Laptev G., Pobednov U. Application of preserving agents for grass forage and wet fodder grain making. VIII International symposium: Ecological aspects of mechanization of plant production. Warszawa: IBMER, 2001. Pp. 170-176.
6. Могиляницкий В. М., Перекопский А. Н., Гудков Д. А. О целесообразности производства плющеного фуражного зерна в Северо-Западном регионе. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2002. № 73. С. 165-169.
7. Малков Н. Г., Чухина О. В., Демидова А. И., Кузьмин В. Н. Анализ технико-технологических решений производства фуражного ячменя в Северо-Западном регионе. АгроЭкоИнженерия. 2020. № 3 (104). С. 24-32.
8. Podashevskaya E., Boltianska N. Prospective energy-saving technology of concentrated feed production. OSHAgro – 2021. Київ: НУБіП України, 2021. Pp. 95-97.
9. Валге А. М., Баранов Л. Н. Оптимизация параметров накопительной площадки для производства плющеного зерна с набивкой в полиэтиленовый рукав. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2005. № 77. С. 97-103.
10. Productivity in harmony with nature. <https://murska.fi/en/#:~:text=Productivity%20in%20harmony%20with%20nature>.
11. Morozov V. V., Bogdanov K. A., Smelik V. A., Volkhonov M. S., Kukhar V. S. Rationale for the design and technological parameters of the extruder for the production of spropel and grain feed. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. № 699 (1). 012062.
12. Калинин А. Б., Теплинский И. З. и др. Совершенствование методов мониторинга качества работы дозирующих систем машин химизации. Аграрный научный журнал. 2022. № 6. С. 94-98.
13. Сысуев В. А., Савиных П. А., Казаков В. А., Сычугов Ю. В. Исследования и сравнительные испытания плющилки зерна с питающим устройством. Инженерные технологии и системы. 2022. Т. 32. № 2. С. 207-221.
14. Перекопский А. Н., Баранов Л. Н., Тихонравов В. С. Опыт плющения и консервирования влажного фуражного зерна в Ленинградской области. Правдинский: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2006. 64 с.
15. Одегов В. А., Комкин А. С., Шилин В. В. Исследование влияния окружной скорости вальцов и влажности материала на основные показатели рабочего процесса двухступенчатого вальцового станка. Пермский аграрный вестник. 2018. № 1. С. 28-33.
16. Zhuzhin M. S., Kuchin N. N. Device for batching of free-flowing preservatives for processing of feed grains when flattening. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Voronezh, 2021. P. 022056.
17. Blezinger S. B. Grain processing has positive effects on production - part II. Cattle Today. Inc Ed: Belinda Ary. 2005. <https://www.cattletoday.com/archive/2005/September/CT419.shtml>
18. Zinn R. A., Owens F. N., Ware R. A. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle Get access Arrow. Journal of Animal Science. 2002. Vol. 80. Issue 5. Pp. 1145-1156.
19. Смелик В. А. Технологическая надежность сельскохозяйственных агрегатов и средства ее обеспечения. Ярославль, 1999. 230 с.
20. Савиных П. А., Турубанов Н. В. Техничко-экономическая оценка применяемых технологий и технических средств при приготовлении сбалансированных комбикормов в условиях Евро-Северо-Востока России. Вестник НГИЭИ. 2024. № 5 (156). С. 46-58.
21. Тимошенко С. П., Симонов Б. М., Горошко В. Н. Надежность технических систем и техногенный риск. М.: Юрайт, 2025. 551 с. <https://urait.ru/bcode/560118/p.1>
22. Лурье А. Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. М.: Колос, 1981. 387 с.

References

1. Fyks R. Green Revolution: Economic Growth Without Damage to Ecology. Intelligent Wachsen. Die grüne Revolution. Moscow, Alpina Non-Fiction Publ., 2015. 330 p.
2. Voytyuk V. A., Kondratyeva O. V., Slinko O. V. Organic Agriculture in Russia: Challenges and Opportunities. AgroEcoEngineering. 2024. № 3 (120). Pp. 19-32.

3. Bryukhanov A. Yu., Popov V. D., Vasilyev E. V., Papushin E. A. Kontseptsiya upravleniya ekologicheskogo bezopasnosti agroecosystemov [The concept of managing the ecological safety of agroecosystems]. *AgroEcoEngineering*. 2022. № 4 (113). Pp. 4-18.
4. Perekopsky A. N., Laptev G. Yu., Melikhova E. V. Technology of Preservation of Flattened Grain with a Biopreparation. Machinery and equipment for the village. 2005. № 10. Pp. 11-12.
5. Mogilnitsky V., Laptev G., Pobednov U. Application of preserving agents for grass forage and wet fodder grain making. VIII International symposium: Ecological aspects of mechanization of plant production. Warszawa: IBMER, 2001. Pp. 170-176.
6. Mogilnitsky V. M., Perekopsky A. N., Gudkov D. A. On the Expediency of Producing Flattened Fodder Grain in the North-West Region. Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products. 2002. № 73. Pp. 165-169.
7. Malkov N. G., Chukhina O. V., Demidova A. I., Kuzmin V. N. Analysis of Technical and Technological Solutions for Feed Barley Production in the North-West Region. *AgroEcoEngineering*. 2020. № 3 (104). Pp. 24-32.
8. Podashevskaya E., Boltianska N. Prospective energy-saving technology of concentrated feed production. OSHAgro – 2021. Київ: НУБіП України, 2021. Pp. 95-97.
9. Valge A. M., Baranov L. N. Optimization of the Parameters of the Storage Site for the Production of Rolled Grain with Stuffing in a Polyethylene Sleeve. Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products. 2005. № 77. Pp. 97-103.
10. Productivity in harmony with nature. <https://murska.fi/en/#:~:text=Productivity%20in%20harmony%20with%20nature>.
11. Morozov V. V., Bogdanov K. A., Smelik V. A., Volkonov M. S., Kukhar V. S. Rationale for the design and technological parameters of the extruder for the production of spropel and grain feed. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. № 699 (1). 012062.
12. Kalinin A. B., Teplinsky I. Z., et al. Improvement of Methods for Monitoring the Quality of Operation of Dosing Systems of Chemicalization Machines. *Agrarian Scientific Journal*. 2022. № 6. Pp. 94-98.
13. Sysuev V. A., Savinykh P. A., Kazakov V. A., Sychugov Yu. Research and comparative tests of grain conditioner with feeder. *Engineering technologies and systems*. 2022. V. 32. № 2. Pp. 207-221.
14. Perekopsky A. N., Baranov L. N., Tikhonravov V. S. Experience of flattening and canning wet fodder grain in the Leningrad region. Pravdinsky: Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex, 2006. 64 p. (In Russian).
15. Odegov V. A., Komkin A. S., Shilin V. V. Study of the Effect of Circumferential Roller Speed and Material Moisture on the Main Indicators of the Working Process of a Two-Stage Roller Machine. *Perm Agrarian Bulletin*. 2018. № 1. Pp. 28-33.
16. Zhuzhin M. S., Kuchin N. N. Device for batching of free-flowing preservatives for processing of feed grains when flattening. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Voronezh, 2021. P. 022056.
17. Blezinger S. B. Grain processing has positive effects on production - part II. *Cattle Today*. Inc Ed: Belinda Ary. 2005. <https://www.cattletoday.com/archive/2005/September/CT419.shtml>
18. Zinn R. A., Owens F. N., Ware R. A. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle Get access Arrow. *Journal of Animal Science*. 2002. Vol. 80. Issue 5. Pp. 1145–1156.
19. Smelik V. A. Technological reliability of agricultural aggregates and means of its support. Yaroslavl, 1999. 230 p.
20. Savinykh P. A., Turubanov N. V. Technical and Economic Assessment of Applied Technologies and Technical Means in the Preparation of Balanced Mixed Feeds in the Conditions of Euro-North-East of Russia. *Vestnik NGIEI*. 2024. № 5 (156). Pp. 46-58.
21. Timoshenkov S. P., Simonov B. M., Goroshko V. N. Reliability of Technical Systems and Technogenic Risk. Moscow, Yurayt Publ., 2025. 551 p. <https://urait.ru/bcode/560118/p.1>
22. Lurie A. B. Statistical Dynamics of Agricultural Aggregates. Moscow, Kolos Publ., 1981. 387 p.

Информация об авторах

Смелик Виктор Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет (Российская Федерация, 196601, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 2А), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5004-9457>, e-mail: smelik_va@mail.ru

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор, заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

Захаров Антон Михайлович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ИАЭП – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Фильтовское шоссе, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3501-0543>, e-mail: bauermw@mail.ru

Перекопский Александр Николаевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ИАЭП – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Фильтовское шоссе, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0998-2306>, e-mail: aperekopskii@mail.ru

Authors' Information

Smelik Viktor Aleksandrovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, St. Petersburg State Agrarian University (Russian Federation, 196601, St. Petersburg, Pushkin, Peterburgskoe sh., 2A), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5004-9457>, e-mail: smelik_va@mail.ru

Fomin Sergey Denisovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskii Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

Zakharov Anton Mikhailovich, Candidate of Engineering Sciences, Leading Researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM – the branch of the Saint Petersburg (Russian Federation, 196634, St. Petersburg, p. Tyarlevo, Filtrovskoye sh., 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3501-0543>, e-mail: bauermw@mail.ru

Perekopskiy Aleksander Nikolaevich, Candidate of Engineering Sciences, Leading Researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM – the branch of the Saint Petersburg (Russian Federation, 196634, St. Petersburg, p. Tyarlevo, Filtrovskoye sh., 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0998-2306>, e-mail: aperekopskii@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-52

ELECTRIC TRACTORS FOR THE AGRICULTURAL PURPOSES: PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

¹Fadeev I. V., ²Uspenskiy I. A., ³Fomin S. D., ²Yukhin I. A., ⁴Limarenko N. V., ⁵Mitrokhina E. V.

¹*Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev
Cheboksary, Russian Federation*

²*Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev
Ryazan, Russian Federation*

³*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

⁴*Don State Technical University
Rostov-on-Don, Russian Federation*

⁵*Academy of Law and Management of the Federal Penitentiary Service,
Ryazan, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: ivan-fadeev-2012@mail.ru

Received 01.03.2025

Submitted 30.05.2025

Summary

The work summarizes information about the current state, problems and prospects for the development of electric tractors for agricultural purposes, which are becoming popular and actively developing in Russia and the world as a whole. However, there are a number of factors hindering the process of converting tractors to electric traction, including technological, environmental, resource, price and others.

Abstract

Introduction. In recent years, much attention has been paid to the conversion of agricultural tractors to electric traction. This direction is becoming popular and is actively developing in Russia and the world as a whole. However, there are a number of factors constraining this process, including technological, environmental, resource, price and others. In this regard, research in this direction is relevant and in demand. **Object.** An electric tractor for agricultural purposes is considered as an object of research; the subject of research is its environmental, technological, energy and other properties. **Materials and methods.** The source material for the study was the most substantiated information in the area under consideration. The research methodology is based on collecting information, studying, analyzing and processing data. **Results and conclusion.** The relevance of the use of electric tractors in agriculture is explained by the tightening of environmental legislation, the desire to find alternatives to petroleum fuel, reduce environmental pollution, vibration and noise levels, and fuel costs. Electric tractors are serviced faster and cheaper, they are better adapted to various technical solutions, provide stepless speed control, use energy more efficiently compared to diesel tractors, and have higher energy efficiency and efficiency. But, despite the advantages of electric tractors, a number of issues require solutions: the large weight of the tractor, differences in engine loads from the working parts require the accumulation of a certain energy reserve, the unacceptability of the recovery mode, the danger of using LIB in very dry or wet conditions, high cost, imperfect production technologies lithium, production and disposal of used LIBs, etc. As an alternative to the use of LIBs in electric tractors, one can consider the use of wireless transmission of electricity over a distance or solar panels for constant recharging of batteries, which will reduce the environmental load associated with the disposal of batteries, reduce the overall weight of the tractor, and minimize specific pressure on the soil, increase the efficiency of using tractor units by reducing the time it takes them to simply charge batteries.

Keywords: *electric tractors for agricultural purposes, lithium-ion batteries, battery recycling technologies.*

Citation. Fadeev I. V., Uspenskiy I. A., Fomin S. D., Yukhin I. A., Limarenko N. V., Mitrokhina E. V. Electric tractors for the agricultural purposes: problems and prospects of development. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 492-502 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-52.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 62-835

**ЭЛЕКТРОТРАКТОРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

- ¹Фадеев И. В., доктор технических наук, профессор
²Успенский И. А., доктор технических наук, профессор
³Фомин С. Д., доктор технических наук, профессор
²Юхин И. А., доктор технических наук, профессор
⁴Лимаренко Н. В., доктор технических наук, доцент
⁵Митрохина Е. В., кандидат технических наук

¹ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева»
г. Чебоксары, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева»
г. Рязань, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

⁴ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

⁵ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний»
г. Рязань, Российская Федерация

Работа выполнена в соответствии с планом НИР

Актуальность. Большое внимание в последние годы уделяют переводу тракторов сельскохозяйственного назначения на электрическую тягу. Это направление становится популярным и активно развивается в России и мире в целом. Однако имеется ряд факторов, сдерживающих этот процесс, в числе которых технологические, экологические, ресурсные, ценовые и другие. В связи с этим исследования в данном направлении являются актуальными и востребованными. **Объект.** В качестве объекта исследования рассматривается электрический трактор сельскохозяйственного назначения, предмета исследования – его экологические, технологические, энергетические и другие свойства. **Материалы и методы.** Исходным материалом для исследования служила наиболее обоснованная информация в рассматриваемой сфере. Методика исследования основана на сборе информации, изучении, анализе и переработке данных. **Результаты и выводы.** Актуальность использования электрических тракторов в сельском хозяйстве объясняется ужесточением законодательства в сфере экологии, стремлением поиска альтернатив нефтяному топливу, снижения загрязнения окружающей среды, уровня вибрации и шума, расходов на топливо. Электротрактора обслуживаются быстрее и дешевле, они лучше приспособлены к различным техническим решениям, обеспечивают бесступенчатое регулирование скорости движения, эффективнее используют энергию по сравнению с дизельными тракторами, имеют более высокую энергетическую эффективность и КПД. Но, несмотря на преимущества электротракторов, ряд вопросов требует своего решения: большой вес трактора, перепады нагрузок на двигатель от рабочих органов требует накопления определенного запаса энергии, неприемлемость режима рекуперации, опасность использования ЛИА в очень сухих или влажных условиях, высокая стоимость, несовершенные технологии добычи лития, производства и утилизации отработанных ЛИА и др. В качестве альтернативы применения ЛИА в электротракторах можно рассмотреть использование беспроводной передачи электроэнергии на расстояние или солнечных панелей для постоянной подзарядки аккумуляторов, что позволит сократить экологическую нагрузку, связанную с утилизацией аккумуляторов, снизить общий вес трактора, минимизировать удельное давление на почву, повысить эффективность использования тракторных агрегатов за счёт сокращения времени их простоя для зарядки аккумуляторов.

Ключевые слова: электротрактора сельскохозяйственного назначения, литий-ионные аккумуляторы, технологии утилизации аккумуляторов.

Цитирование. Фадеев И. В., Успенский И. А., Фомин С. Д., Юхин И. А., Лимаренко Н. В., Митрохина Е. В. Электротрактора сельскохозяйственного назначения: проблемы и перспективы развития. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 492-502. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-52.

Авторский вклад. Все авторы, указанные в настоящей статье, принимали непосредственное участие в проведении исследований и обработке полученных данных. Все авторы ознакомлены с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Большое внимание в последние годы уделяют переводу тракторов сельскохозяйственного назначения на электрическую тягу. Это направление становится популярным и активно развивается в России и мире в целом [1, 2].

По прогнозу исследователей, мировой рынок электрических тракторов к концу 2032 года увеличится более чем в три раза [2, 3].

Электрические тракторы, то есть тракторы, работающие от аккумуляторов (аккумуляторные электротракторы), появляются в сельскохозяйственной и коммунальной отраслях. Применение электрических тракторов становится особенно актуальным в наше время, так как отсутствие двигателя внутреннего сгорания (ДВС) – основного источника загрязнения окружающей среды, делает их более экологичными, безопасными и экономически эффективными [3, 4]. Дизельный трактор среднего класса ежегодно выбрасывает парниковые газы в атмосферу около 53 тонн [4, 5], а электротрактор не выделяет вредных выбросов в атмосферу, не загрязняет почву маслами и топливом. Это очень важно для сельского хозяйства, где сохранение окружающей среды и забота о природных ресурсах имеют большое значение и являются одними из основных задач [3, 6].

В Указе Президента нашей страны от 07.07.2021 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» в качестве приоритетного направления утверждено направление «Транспортные и космические системы», где говорится, что «возможности использования традиционных видов транспорта приблизились к пределу по экологическим, техническим и экономическим параметрам. В связи с чем предусматривается создание перспективных экологически чистых транспортных средств на основе принципиально новых технических решений с широким использованием прогрессивных материалов, электронных и микропроцессорных систем. Полный эффект от этого будет достигаться по мере замены транспортных средств на новые, экологически чистые» [7, 8].

Перевод тракторов сельскохозяйственного назначения на электрическую тягу является одним из путей реализации Указа Президента Российской Федерации и важным шагом к экологически чистому сельскому хозяйству.

Однако возникает вопрос: все ли учтено, все ли продумано для массового перевода тракторов сельскохозяйственного назначения на электрическую тягу? Сдерживающих этот процесс факторов достаточно много, в их числе технологические, экологические, ресурсные, ценовые и другие.

На основании вышеизложенного, исследования в данном направлении являются актуальными и востребованными.

Цель исследования – обобщение информации по современному состоянию, проблемам и перспективам развития электротракторов сельскохозяйственного назначения.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования рассматривается электрический трактор сельскохозяйственного назначения, предмета исследования – его экологические, технологические, энергетические и другие свойства. Исходным материалом является наиболее обоснованная априорная информация по теме настоящей статьи. Методика исследования в работе основана на сборе информации, изучении, анализе и переработке данных.

Результаты и обсуждение. Переводом тракторов сельскохозяйственного назначения на электрическую тягу занимались в Советском Союзе еще с начала 30-х годов двадцатого столетия [1, 9, 10]. Из-за дефицита нефтяного топлива в стране было принято решение ускоренными темпами электрифицировать сельскохозяйственные полевые работы в колхозах [11, 12]. Ленин лично поддерживал первые эксперименты по применению электрической тяги для выполнения полевых работ. Сталин продолжил это направление и уделял большое внимание созданию первых электротракторов для сельского хозяйства.

В СССР проводились работы по трем направлениям применения электротяги для передвижения сельхозмашин:

- буксировка неподвижной электрической лебёдкой;
- самоходное орудие с электроприводом;
- трактор с электроприводом.

Первые два направления оказались неперспективными и были прекращены, а по третьему направлению работы были активизированы и получены неплохие результаты.

Первый наиболее удачный вариант электротрактора ВИМЭ-2 был разработан доктором технических наук П. Н. Листовым и инженером В. Г. Стеценко в 1937 году во Всесоюзном институте электрификации сельского хозяйства на шасси гусеничного трактора СХТЗ-НАТИ [13, 14]. ДВС на тракторе был заменен трехфазным электродвигателем переменного тока мощностью 38 кВт, который через гибкий кабель подключался к передвижной

трансформаторной подстанции или полевой электростанции. Кабель в процессе движения трактора разматывался или наматывался на специальный барабан через направляющую стрелу (рисунок 1).

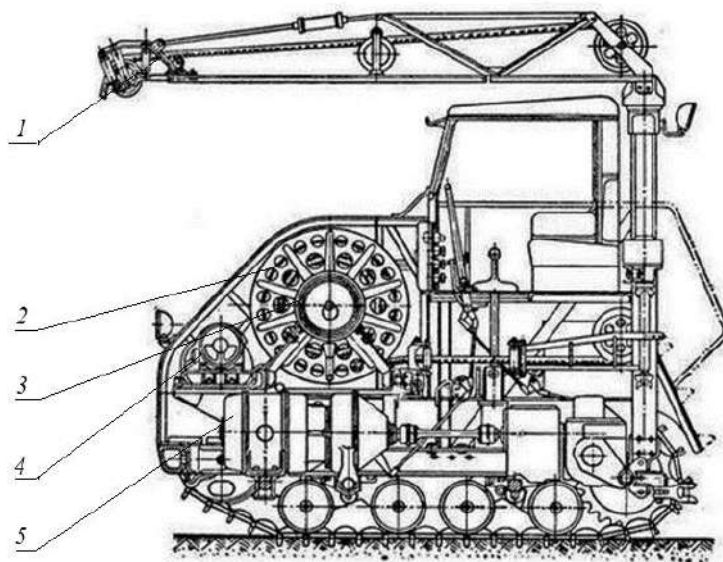


Рисунок 1 – Общий вид электротрактора ВИМЭ-2:

- 1 – направляющая стрела для кабеля; 2 – специальный барабан для кабеля;
3 – механизм передачи электрического тока от кабеля к тяговому электродвигателю;
4 – электродвигатель для привода барабана; 5 – тяговый электродвигатель

Figure 1 – General view of the VIME-2 electric tractor:

- 1 – cable guide boom; 2 – special drum for cable;
3 – mechanism for transmitting electric current from the cable to the traction motor;
4 – electric motor for driving the drum; 5 – traction motor

Производство трактора ВИМЭ-2 было начато в 1952 году, однако, в связи с тем, что трактор себя не оправдал, были выпущены всего 32 единицы, и с открытием крупных месторождений нефти в Казахстане все разработки новых электротракторов были свернуты [1, 15].

Использование электрических тракторов в сельском хозяйстве актуально и сегодня, что, в первую очередь, можно объяснить стремлением к поиску альтернатив нефтяному топливу, снизить загрязнение окружающей среды, уровень вибрации и шума, расходов на топливо [16, 17], причем маршруты и режимы работы тракторов заранее определены. В сравнении с традиционными тракторами электротракторы обслуживаются быстрее и дешевле, так как не имеют сложных кинематических схем трансмиссий, они лучше приспособлены к различным техническим решениям, обеспечивают бесступенчатое регулирование скорости движения [18, 19, 20]. Они эффективнее используют энергию по сравнению с традиционными дизельными тракторами, могут работать на более низких оборотах и имеют высокий крутящий момент, что позволяет сэкономить электроэнергию и снизить эксплуатационные расходы [21, 22]. Кроме того, актуальность перевода тракторов на электрическую тягу повышается ужесточением законодательства в сфере экологии [23].

Известно [24, 25], что коэффициент полезного действия (КПД) бензинового двигателя составляет 20 %, дизельного – 25 %, а КПД электродвигателя находится в пределах от 75 до 97 %. Следовательно, электрический привод по этому показателю в сравнении с традиционным имеет преимущество в 3-4 раза.

Из одного барреля (159 литров) сырой нефти в зависимости от его состава и технологии переработки можно получить 75-102 литра автомобильного бензина с октановым числом 95-92 и 30-40 литров дизельного топлива. Следовательно, из 1 литра нефти можно получить 0,47-0,64 литра бензина, достаточного для автомобиля с нормой расхода бензина 8 литров на 100 км проехать расстояние 6-8 км, дизельного топлива – 0,19-0,25 литра, на котором при расчетном потреблении топлива 0,238 кг/кВт·ч классический трактор МТЗ-82 с двигателем Д 240 мощностью 59,25 кВт может вспахать 0,011-0,015 га. На современных тепловых электростанциях из одного барреля нефти получают более 540 кВт·ч электро-

энергии, или 3,4 кВт·ч электроэнергии из 1 л нефти, на которой электромобиль сможет проехать около 25 км [26, 27]. Из приведенного следует, что автотракторная техника на электрической тяге имеет более высокую энергетическую эффективность.

Перевод тракторов на электрическую тягу в мире особенно активизировался в последние 10-15 лет.

Большое количество производителей предлагает различные модели электротракторов, характеристики некоторых из них приведены в таблице 1.

Таблица – Характеристики электротракторов некоторых производителей
Table – Characteristics of electric tractors from some manufacturers

Марка, модель / Make, model	Страна (фирма)- производитель / Country (firm)- manufacturer	Мощность, кВт / Power, kW	Время работы на одной зарядке, час / Operating time on a single charge, hour	Тип батареи / Type Battery	Емкость батареи, кВт·ч / Battery capacity, kWh	Зарядка / Charging
Mobel на базе BELARUS-920 / Mobel based on BELARUS-920	Россия / Russia	60	4	Литий-ионный / Lithium-ion	56	от зарядной колонки / from the charging station
КМ Универсал / KM Universal	Россия («Актив Техно» и «Априорные Решения Машин») / Russia ("Active Techno" and "A Priori Solutions of Machines")	17	8	Литий-ионный / Lithium-ion	20	через зарядное устройство / via charger
Fendt e100 Vario	Германия / Germany	50	5	Литий-ионный / Lithium-ion	100	от зарядной колонки / Supercharging Option
ZY Electric Tractor	Турция / Turkey	120	6	Литий-ионный / Lithium-ion	95	через стандартные зарядные пункты / via standard charging points
Cellestial E-Mobility	Индия / India	40	3	Литий-ионный / Lithium-ion	80	от обычной однофазной розетки / a normal single-phase outlet
Farmtrac FT25 G HST	Индия / India	18,5	5	Литий-ионный / Lithium-ion	15	от внешнего быстрого зарядного устройства / from an external fast charger
Rigitrac SKE 40 Electric	Швейцария / Switzerland	64	6	Литий-ионный с водяным охлаждением / Lithium-ion water-cooled	80	через быстрое зарядное устройство / via fast charger
Monarch Tractor	США / United States	29,5	10	Литий-ионный / Lithium-ion	54	от зарядной колонки / the charging station
EVO	Италия / Italy (Agri Eve)	100	8	Литий-ионный / Lithium-ion	10	от зарядной колонки / the charging station

Анализ таблицы показывает, что все приведенные тракторы оснащены литий-ионными аккумуляторными батареями, емкость которых находится в интервале от 20 до 100 кВт·ч. Такая емкость батарей обеспечивает работу тракторов в течение 3-10 часов на одной зарядке.

В Саратовском государственном университете генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова разработан электротрактор на солнечных панелях, который может работать около 8 часов без подзарядки, а в ясную солнечную погоду – около 10 часов. Создание такого трактора способствует переходу к более экологически чистому и продуктивному сельскому хозяйству.

Конструктивно электротракторы разных производителей имеют много общего (рисунок 2). Основными элементами у них являются [28, 29] электродвигатели 2, суперконденсаторы 4, контроллер 5, литий-ионная аккумуляторная батарея 6, которые у разных производителей в соответствии с назначением трактора имеют свои особенности.

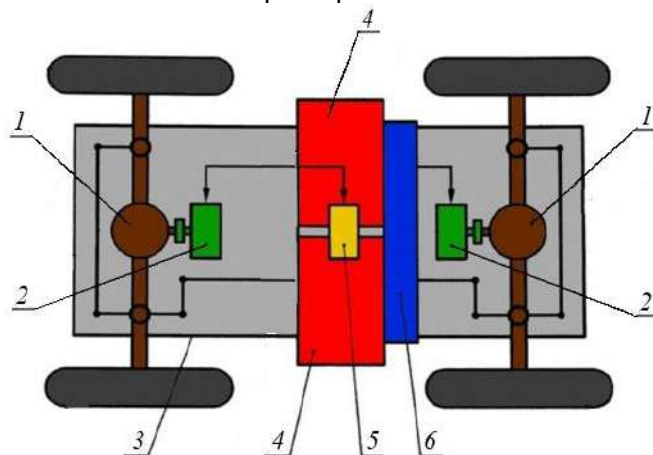


Рисунок 2 – Схема электрического трактора: 1 – ведущие мосты; 2 – электродвигатели; 3 – рама; 4 – суперконденсаторы; 5 – контроллер; 6 – литий-ионный аккумулятор
Figure 2 – Electric tractor diagram: 1 – drive axles; 2 – electric motors; 3 – frame; 4 – supercapacitors; 5 – controller; 6 – lithium-ion battery

Но, несмотря на кажущиеся на первый взгляд преимущества перевода тракторов на электрическую тягу, ряд вопросов, в числе которых технологические, экологические, ресурсные, ценовые и другие, требует своего решения.

В Российской Федерации на таких энергозатратных полевых работах, как вспашка, глубокое рыхление, дискование тяжелыми боронами и т.д., востребованы тракторы мощностью более 250 л.с. (Какой трактор выбрать фермеру – характеристики, критерии, модели. <https://arsa.pro/blog/articles/kakoy-tractor-vybrat/?ysclid=lwuwmmd6lo747939813>). Для работы мощных тракторов нужны аккумуляторные батареи большей ёмкости (чем выше емкость и напряжение, тем больше вес) [30, 31, 32], требующие увеличения их количества и размеров, что существенно повышает массу трактора со всеми вытекающими из этого последствиями (увеличение удельного давления на грунт, расхода энергии, интенсивности износа деталей ходовой части и т.д.).

Часто меняющаяся нагрузка на рабочие органы сельскохозяйственных машин, особенно почвообрабатывающих, связанная с непостоянством свойств почвы (влажность, плотность, структура, наличие камней), вызывает перепады нагрузок на двигатель, для преодоления которых требуется накопление определенного запаса энергии, что для электрического привода пока не совсем решено, в частности перегрев электропроводов при частых перепадах нагрузок [32, 33].

В качестве источника энергии в электротракторах используются ЛИА, где в качестве электрода используется литий, или тяговые электродвигатели-генераторы с ЛИА и суперконденсаторами [34, 35]. Каждый компонент аккумулятора содержит большое количество химических элементов (преимущественно металлов), горючих компонентов, включая литий, который под воздействием воды становится реактивным, поэтому есть опасения по поводу производительности и безопасности этих батарей в очень сухих или влажных условиях [36, 37].

В электромобилях для подзарядки ЛИА при торможении или движении на спуск применяется режим рекуперации [28], что практически неприемлем для электротракторов, особенно при выполнении полевых работ.

Запасы лития в природе ограничены, разведанные в настоящее время запасы лития составляют примерно 80 миллионов тонн [38]. Они встречаются в составе минералов, глин и солевых отложений [39]. Все способы добычи лития и производство ЛИА вредны и небезопасны для человека и природы, так как влекут за собой определенные неизбежные нарушения состояния окружающей среды.

Срок службы современных ЛИА составляет 8-10 лет, или 1000-1500 циклов зарядки и разрядки, после чего они должны быть утилизированы и заменены на новые [40]. Активизация перевода автотракторной техники на электрическую тягу во всем мире, ограниченный запас лития в природе, небольшой срок службы ЛИА может привести к дефициту лития на земном шаре. Литий также используется в авиации, космонавтике, металлургии и других отраслях экономики. Его стоимость на мировом рынке только за последние годы увеличилась в 2-3 раза и продолжает стабильно повышаться [37], что может привести к высокой стоимости автотракторной техники, недоступной среднему покупателю, а также стоимость электроэнергии для зарядки ЛИА постоянно повышается. К тому же, для тракторов на электрической тяге пока нет инфраструктуры для обслуживания, ремонта [28], зарядки, переработки и утилизации ЛИА.

Нехватка лития в природе может быть компенсирована извлечением лития из отработанных аккумуляторов путем их переработки, что одновременно способствует решению вопроса их утилизации [40]. Однако существующие технологии несовершенны, экологически вредны, дороги и находятся в стадии исследования [41].

Заключение. Массовый перевод автотракторной техники на электрическую тягу требует решения ряда проблем, рассмотренных в настоящей статье. В качестве альтернативы применения ЛИА в электротракторах можно рассмотреть использование беспроводной передачи электроэнергии на расстояние или солнечных панелей для постоянной подзарядки аккумуляторов.

Экологическим эффектом перевода тракторов на электрическую тягу с использованием технологии беспроводной передачи электроэнергии на расстояние или солнечных панелей в сравнении с применением ЛИА является:

- отсутствие необходимости в большом количестве аккумуляторных батарей из-за возможности постоянной подзарядки от внешнего источника, что позволит сократить экологическую нагрузку, связанную с утилизацией аккумуляторов, снизить общий вес трактора, минимизировать удельное давление на почву;

- повышение эффективности использования тракторных агрегатов за счёт сокращения времени простоя для зарядки аккумуляторов.

Conclusions. The massive conversion of automotive and tractor equipment to electric traction requires solving a number of problems discussed in this article. As an alternative to using LIBs in electric tractors, you can consider using wireless transmission of electricity over a distance or solar panels to constantly recharge batteries.

The environmental effect of converting tractors to electric traction using technology for wireless transmission of electricity over a distance or solar panels in comparison with the use of LIB is:

- no need for a large number of batteries due to the possibility of constant recharging from an external source, which will reduce the environmental load associated with the disposal of batteries, reduce the total weight of the tractor, and minimize the specific pressure on the soil;

- increasing the efficiency of using tractor units by reducing the time it takes to simply charge batteries.

Библиографический список

1. Загинайлов В. И., Андреев С. А. История развития, состояние и перспективы применения электромобильной техники в полеводстве. Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени П. Горячкина». 2017. № 6 (82). С. 16-21.
2. Успенский И. А., Фадеев И. В., Ушанев А. И. и др. Улучшение защитных свойств противокоррозионной мастики. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2020. № 2 (46). С. 96-101.
3. Бышов Н. В., Успенский И. А., Цымбал А. А. и др. Влияние величины зазора на скорость щелевой коррозии автотракторной техники. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 328-337.
4. Герасимов Д. В. Перспективы использования электромобилей. Евразийский научный журнал. 2016. № 7. С. 213-215.

5. Голубчик Т. В., Куликов А. С. Результаты экспериментальных испытаний литий-железо-фосфатного аккумулятора производства компании «Лиотех» в низкотемпературных условиях. Электроника и электрооборудование транспорта. 2021. № 1. С. 17-20.
6. Колпаков А. Ю., Галингер А. А. Экономическая эффективность распространения электромобилей и возобновляемых источников энергии в России. Вестник Российской Академии наук. 2020. С. 137-142.
7. Миронова М. П., Колянов Д. А. Перспективы развития инфраструктуры для использования электрических транспортных средств. Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2023. Т. 1. С. 147-151.
8. Мазунова А. М., Крайнов Ф. Т., Журова Л. И. Зеленое будущее автомобильной промышленности в условиях перехода к экономике чистой энергии. Вестник Международного института рынка. 2022. № 2. С. 32-38.
9. Alekseev V. V., Philippov V. P., Fadeev I. V., Chuchkalov S. I. Automation of determining the contact angle of washing liquids wetting. Journal of Physics: Conference Series. International Conference "Information Technologies in Business and Industry". 2019. P. 042001.
10. Иванов А. С. Состояние и перспективы беспилотных сельскохозяйственных тракторов, работающих на возобновляемых источниках энергии. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (99). С. 153-159.
11. Марков Ю. А., Карелова Е. Э., Бижаев А. В. Перспектива использования трактора с электроприводом. Промышленность и сельское хозяйство. 2023. № 10 (63). С. 23-26.
12. Ртищева Н. Е., Пуляев Н. Н., Гузалов А. С. Электрический трактор: особенности конструкции и перспективы развития. Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 8 (28). С. 56-60.
13. Прилуков А. В. Современное состояние сельскохозяйственных мобильных энергетических средств с электроприводом. Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 4 (33). С. 144-153.
14. Бышов Н. В., Борычев С. Н., Успенский И. А., Фадеев И. В. Разработка нового средства для защиты сельскохозяйственных машин при хранении. Техника и оборудование для села. 2019. № 6 (264). С. 38-42.
15. Садетдинов Ш. В., Пестряева Л. Ш., Фадеев И. В., Пестряев Д. А. Повышение коррозионной стойкости углеродистой стали с помощью дипинакборатных соединений. Черные металлы. 2020. № 11. С. 40-45.
16. Uspensky I. A., Fadeev I. V., Pestryaeva L. S., Sadetdinov Sh. V. Enhancing the antimicrobial properties of borates in coolant fluids. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. P. 012143.
17. Медведев А. Г., Михайлов А. А., Трипольская Т. А., Приходченко П. В. Композиционные материалы на основе оксида графена и диоксида олова: методы синтеза и электрохимические характеристики в составе анодов литий- и натрий-ионных аккумуляторов. Известия Академии наук. Серия химическая. 2018. № 7. С. 1131-1141.
18. Успенский И. А., Фадеев И. В., Пестряева Л. Ш. и др. Присадка к средствам для мойки деталей авто-тракторной техники. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 414-425.
19. Прилукова Е. Г. Российский электротрактор: от вола и лошади до электричества. Технический сервис машин. 2019. № 4 (137). С. 205-212.
20. Фасхиев Х. А. Экономическая эффективность грузового автомобиля на электрической тяге. Автомобильная промышленность. 2018. № 6. С. 3-7.
21. Бышов Н. В., Борычев С. Н., Успенский И. А., Фадеев И. В. Разработка нового средства для защиты сельскохозяйственных машин при хранении. Техника и оборудование для села. 2019. № 6 (264). С. 38-42.
22. Бижаев А. В. Исследование параметров трактора с электроприводным силовым агрегатом. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 4. С. 33-42.
23. Фадеев И. В., Успенский И. А., Пестряева Л. Ш., Садетдинов Ш. В. Глицероборатное моющее-пассивирующее средство для ремонтного производства автотракторной техники. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 431-441.
24. Ртищева Н. Е., Пуляев Н. Н., Гузалов А. С. Электрический трактор: особенности конструкции и перспективы развития. Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 8 (28). С. 68-73.
25. Липкин М. С., Корбова Е. В., Луковкин М. В. и др. Диагностика литий-ионных аккумуляторов методами электрохимического импеданса. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2023. № 1 (217). С. 43-48.
26. Дидманидзе О. Н., Гузалов А. С., Большаков Н. А. Современный уровень развития двигателей с газомоторной и электрической силовой установками на транспортно-тяговых средствах. Международный технико-экономический журнал. 2019. № 4. С. 52-59.
27. Аракелян А. Г. Масштабы эксплуатации современных электромобилей. Научное образование. 2020. № 3 (8). С. 299-300.
28. Фадеев И. В. Парк автомобилей как определяющий фактор развития системы автосервиса. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2022. Т. 14. № 1. С. 159-167.
29. Chunwei Liu, Jiao Lin, Hongbin Cao, Yi Zhang, Zhi Sun. Recycling of spent lithium-ion batteries in view of lithium recovery: A critical review. Journal of Cleaner Production. 2019. V. 228. Pp. 801-813. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619314015>
30. Лысоконь А. Е., Алфимов Д. Г., Дейкин Е. Д. Сравнение бензиновых автомобилей и электромобилей с позиции сохранения окружающей среды. Вестник современных исследований. 2018. № 10.1 (25). С. 321-322.
31. Шеина Л. В., Карасева Е. В., Шакирова Н. В., Колосницын В. С. Низкотемпературные свойства электролитных систем на основе смесей сульфонов для литиевых и литий-ионных аккумуляторов. Известия Академии наук. Серия химическая. 2023. Т. 72. № 10. С. 2377-2383.
32. Успенский И. А., Фадеев И. В., Садетдинов Ш. В. и др. Получение ингибиторов коррозии черных металлов методом физико-химического анализа. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2020. № 2 (46). С. 90-95.
33. Юрасова О. В., Королева Е. О., Скуратова Е. А. и др. Извлечение кобальта, никеля и марганца из растворов переработки отработанных литий-ионных аккумуляторов экстракционными методами. Успехи в химии и химической технологии. 2023. Т. 37. № 17 (279). С. 54-57.

34. Шеина Л. В., Карасева Е. В., Шакирова Н. В., Колосницын В. С. Низкотемпературные свойства электролитных систем на основе смесей сульфонов для литиевых и литий-ионных аккумуляторов. Известия Академии наук. Серия химическая. 2023. Т. 72. № 10. С. 2377-2383.
35. Бабкин А. В., Кубарьков А. В., Стюф Э. А. и др. Особенности получения LiFePO_4 методом осаждения для литий-ионных аккумуляторов. Известия Академии наук. Серия химическая. 2024. Т. 73. № 1. С. 14-32.
36. Лебедев А. А., Хаванский А. О., Скоморохова О. В. Анализ особенностей литий-ионных аккумуляторов. Вестник НИЦ ВА РВСН. 2021. № 3. С. 25-27.
37. Кулова Т. Л., Скундин А. М. Проблемы развития литий-ионных аккумуляторов в мире и России. Электрохимическая энергетика. 2023. Т. 23. № 3. С. 111-120.
38. Назаров В. И., Ретивов В. М., Макаренков Д. А. и др. Влияние адсорбционных характеристик измельченных и порошкообразных механоактивированных частиц химических источников тока на эффективность получения соединений кобальта и лития методами выщелачивания и экстракции. Металлург. 2022. № 12. С. 98-104.
39. Назаров В. И., Ретивов В. М., Макаренков Д. А. и др. Разработка безопасной технологии переработки литий-ионных аккумуляторов, включающей стадии разрядки в солевых растворах и гранулирования целевых продуктов. Экология и промышленность России. 2023. Т. 27. № 10. С. 4-11.
40. Белецкий Я. О., Сердюк А. И. Способы утилизации и переработки химических источников тока. Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. 2021. № 3. С. 106-110.
41. Осипов А. Г., Лебедева М. Е., Зенин К. П. Перспективы применения транспортных средств с водородными энергоустановками и электрической тягой. Молодежный вестник ИргТУ. 2022. Т. 12. № 2. С. 252-259.

References

1. Zaginailov V. I., Andreev S. A. History of development, status and prospects for the use of electric vehicles in field farming. Bulletin of the federal state educational institution of higher professional education Moscow State Agricultural Engineering University named after V. P. Goryachkin. 2017. No. 6 (82). Pp. 16-21.
2. Uspensky I. A., Fadeev I. V., Ushanev A. I. et al. Improving the protective properties of anti-corrosion mastic. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2020. No. 2 (46). Pp. 96-101.
3. Byshov N. V., Uspensky I. A., Tsymbal A. A. et al. The influence of the gap size on the rate of crevice corrosion of automotive equipment. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher professional education. 2020. No. 2 (58). Pp. 328-337.
4. Gerasimov D. V. Prospects for the use of electric vehicles. Eurasian scientific journal. 2016. No. 7. Pp. 213-215.
5. Golubchik T. V., Kulikov A. S. Results of experimental tests of a lithium iron phosphate battery produced by Liotech under low-temperature conditions. Electronics and electrical equipment of transport. 2021. No. 1. Pp. 17-20.
6. Kolpakov A. Yu., Galinger A. A. Economic efficiency of the spread of electric vehicles and renewable energy sources in Russia. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2020. Pp. 137-142.
7. Mironova M. P., Kolyanov D. A. Prospects for the development of infrastructure for the use of electric vehicles. Modernization and scientific research in the transport complex. 2023. Vol. 1. Pp. 147-151.
8. Mazunova A. M., Krainov F. T., Zhurova L. I. A green future for the automotive industry as we transition to a clean energy economy. Bulletin of the International Market Institute. 2022. No. 2. Pp. 32-38.
9. Alekseev V. V., Philippov V. P., Fadeev I. V., Chuchkalov S. I. Automation of determining the contact angle of washing liquids wetting. Journal of Physics: Conference Series. International Conference "Information Technologies in Business and Industry". 2019. P. 042001.
10. Ivanov A. S. Status and prospects of unmanned agricultural tractors powered by renewable energy sources. News of the Orenburg State Agrarian University. 2023. No. 1 (99). Pp. 153-159.
11. Markov Yu. A., Karelova E. E., Bizhaev A. V. The prospect of using an electric tractor. Industry and agriculture. 2023. No. 10 (63). Pp. 23-26.
12. Rtishcheva N. E., Pulyaev N. N., Guzalov A. S. Electric tractor: design features and development prospects. Journal of Agriculture and Environment. 2022. No. 8 (28). Pp. 56-60.
13. Prilukov A. V. Current state of agricultural mobile power tools with electric drive. Innovation in agriculture. 2019. No. 4 (33). Pp. 144-153.
14. Byshov N. V., Borychev S. N., Uspensky I. A., Fadeev I. V. Development of a new means for protecting agricultural machines during storage. Machinery and equipment for rural areas. 2019. No. 6 (264). Pp. 38-42.
15. Sadetdinov Sh. V., Pestryaeva L. Sh., Fadeev I. V., Pestryaev D. A. Increasing the corrosion resistance of carbon steel using dipinaconborate compounds. Black metals. 2020. No. 11. Pp. 40-45.
16. Uspensky I. A., Fadeev I. V., Pestryaeva L. S., Sadetdinov Sh. V. Enhancing the antimicrobial properties of borates in coolant fluids. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. P. 012143.
17. Medvedev A. G., Mikhailov A. A., Tripolskaya T. A., Prihodchenko P. V. Composite materials based on graphene oxide and tin dioxide: synthesis methods and electrochemical characteristics in the anodes of lithium- and sodium-ion batteries. News of the Academy of Sciences. Chemical series. 2018. No. 7. Pp. 1131-1141.
18. Uspensky I. A., Fadeev I. V., Pestryaeva L. Sh., etc. Additive to detergents for washing automotive parts. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher professional education. 2020. No. 4 (60). Pp. 414-425.
19. Prilukova E. G. Russian electric tractor: from ox and horse to electricity. Technical service of machines. 2019. No. 4 (137). Pp. 205-212.
20. Faskhiev Kh. A. Economic efficiency of an electric truck. Automotive industry. 2018. No. 6. Pp. 3-7.
21. Byshov N. V., Borychev S. N., Uspensky I. A., Fadeev I. V. Development of a new means for protecting agricultural machines during storage. Machinery and equipment for rural areas. 2019. No. 6 (264). Pp. 38-42.
22. Bizhaev A. V. Study of the parameters of a tractor with an electric drive power unit. Agricultural machines and technologies. 2020. Vol. 14. No. 4. Pp. 33-42.
23. Fadeev I. V., Uspensky I. A., Pestryaeva L. Sh., Sadetdinov Sh. V. Glyceroborate detergent-passivating agent for the repair production of automotive equipment. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher professional education. 2021. No. 2 (62). Pp. 431-441.

24. Rtishcheva N. E., Pulyaev N. N., Guzalov A. S. Electric tractor: design features and development prospects. Journal of Agriculture and Environment. 2022. No. 8 (28). Pp. 68-73.
25. Lipkin M. S., Korbova E. V., Lukovkin M. V., et al. Diagnostics of lithium-ion batteries using electrochemical impedance methods. News of higher educational institutions. North Caucasus region. Technical science. 2023. No. 1 (217). Pp. 43-48.
26. Didmanidze O. N., Guzalov A. S., Bolshakov N. A. The current level of development of engines with gas and electric power plants on traction vehicles. International technical and economic journal. 2019. No. 4. Pp. 52-59.
27. Arakelyan A. G. The scale of operation of modern electric vehicles. Science education. 2020. No. 3 (8). Pp. 299-300.
28. Fadeev I. V. Car park as a determining factor in the development of a car service system. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after. P. A. Kostycheva. 2022. Vol. 14. No. 1. Pp. 159-167.
29. Chunwei Liu, Jiao Lin, Hongbin Cao et al. Recycling of spent lithium-ion batteries in view of lithium recovery: A critical review. Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 228. Pp. 801-813. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619314015>
30. Lysokon A. E., Alfimov D. G., Deikin E. D. Comparison of gasoline cars and electric vehicles from the perspective of environmental conservation. Bulletin of modern research. 2018. No 10.1 (25). Pp. 321-322.
31. Sheina L. V., Karaseva E. V., Shakirova N. V., Kolosnitsyn V. S. Low-temperature properties of electrolyte systems based on sulfone mixtures for lithium and lithium-ion batteries. News of the Academy of Sciences. Chemical series. 2023. Vol. 72. No. 10. Pp. 2377-2383.
32. Uspensky I. A., Fadeev I. V., Sadetdinov Sh. V., et al. Obtaining corrosion inhibitors of ferrous metals by the method of physical and chemical analysis. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after. P. A. Kostycheva. 2020. No. 2 (46). Pp. 90-95.
33. Yurasova O. V., Koroleva E. O., Skuratova E. A., et al. Extraction of cobalt, nickel and manganese from solutions for processing used lithium-ion batteries using extraction methods. Advances in chemistry and chemical technology. 2023. Vol. 37. No. 17 (279). Pp. 54-57.
34. Sheina L. V., Karaseva E. V., Shakirova N. V., Kolosnitsyn V. S. Low-temperature properties of electrolyte systems based on sulfone mixtures for lithium and lithium-ion batteries. News of the Academy of Sciences. Chemical series. 2023. Vol. 72. No. 10. Pp. 2377-2383.
35. Babkin A. V., Kubarkov A. V., Styuf E. A., et al. Features of obtaining LiFePO₄ by the deposition method for lithium-ion batteries. News of the Academy of Sciences. Chemical series. 2024. Vol. 73. No. 1. Pp. 14-32.
36. Lebedev A. A., Khavansky A. O., Skomorokhova O. V. Analysis of the features of lithium-ion batteries. Bulletin of the Scientific Research Center of the Strategic Missile Forces. 2021. No. 3. Pp. 25-27.
37. Kulova T. L., Skundin A. M. Problems of development of lithium-ion batteries in the world and in Russia. Electrochemical energy. 2023. Vol. 23. No. 3. Pp. 111-120.
38. Nazarov V. I., Retivov V. M., Makarenkov D. A., et al. The influence of the adsorption characteristics of crushed and powdered mechanically activated particles of chemical current sources on the efficiency of obtaining cobalt and lithium compounds by leaching and extraction methods. Metallurgist. 2022. No. 12. Pp. 98-104.
39. Nazarov V. I., Retivov V. M., Makarenkov D. A., et al. Development of a safe technology for processing lithium-ion batteries, including the stages of discharge in saline solutions and granulation of target products. Ecology and industry of Russia. 2023. Vol. 27. No. 10. Pp. 4-11.
40. Beletsky Ya. O., Serdyuk A. I. Methods for disposal and recycling of chemical power sources. Bulletin of Donetsk National University. Series G: Technical Sciences. 2021. No. 3. Pp. 106-110.
41. Osipov A. G., Lebedeva M. E., Zenin K. P. Prospects for the use of vehicles with hydrogen power plants and electric traction. ISTU Youth Bulletin. 2022. Vol. 12. No. 2. Pp. 252-259.

Информация об авторах

Фадеев Иван Васильевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева» (Российская Федерация, 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38), e-mail: ivan-fadeev-2012@mail.ru

Успенский Иван Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева» (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), e-mail: ivan.uspenskiy@yandex.ru

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26.), e-mail: fsd_58@mail.ru

Юхин Иван Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева» (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), e-mail: yuival@rambler.ru

Лимаренко Николай Владимирович, доктор технических наук, доцент, профессор, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), e-mail: limarenkodstu@yandex.ru

Митрохина Екатерина Владимировна, кандидат технических наук, ст. преподаватель, ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний» (Российская Федерация, 390000, г. Рязань, ул. Сенная, 1), e-mail: K.mitroxina2011@yandex.ru

Authors' Information

Fadeev Ivan Vasilievich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department, Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev (Russian Federation, 428000, Cheboksary, K. Marx str., 38), e-mail: ivan-fadeev-2012@mail.ru

Uspensky Ivan Alekseevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), e-mail: ivan.uspenskiy@yandex.ru

Fomin Sergey Denisovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: fsd_58@mail.ru

Yukhin Ivan Aleksandrovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), e-mail: yuival@rambler.ru

Limarenko Nikolay Vladimirovich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of the Department, Don State Technical University (Russian Federation, 344003, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), e-mail: limarenkodstu@yandex.ru

Mitrokhina Ekaterina Vladimirovna, Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer, The Academy of the FPS of Russia, (Russian Federation, 390000, Ryazan, Sennaya str., 1), e-mail: K.mitrokhina2011@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-53

THE THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE OSCILLATIONS OF A VEHICLE WITH A LOAD AND A BRIDGE STRUCTURE

¹Antonenko M. V., ²Starovoitov V. I., ³Uspensky I. A., ^{3,4}Limarenko N. V., ³Yukhin I. A.

¹Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University
Ryazan, Russian Federation

²Federal Potato Research Center named after A. G. Lorkh
Kraskovo, Moscow Region, Russian Federation

³Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev
Ryazan, Russian Federation

⁴Don State Technical University
Rostov-on-Don, Russian Federation

Corresponding author E-mail: kivavac@yandex.ru

Received 18.04.2025

Submitted 10.06.2025

Abstract

Introduction. Under current conditions of increasing freight volumes and the utilization of heavy-duty road vehicles, dynamic loads on bridge structures are on the rise. This phenomenon results in accelerated wear of road surfaces and an increase in damage to transported goods, particularly fresh produce. The dynamic effects generated by moving vehicles require thorough investigation. The development of reliable dynamic models of the "vehicle-bridge" interaction will enhance calculation methodologies and help minimize damage to both infrastructure and cargo within the agricultural production complex. **Research object.** The research focuses on the dynamic interaction between road vehicles and bridge structures. The study examines the dynamic loads generated when vehicles traverse bridges, as well as the impact of factors such as speed, road surface quality, and specific design features of vehicles on the oscillatory behavior of bridges. **Materials and methods.** The research methodology is based on mathematical modeling of dynamic processes. The core methodology involves Lagrange's second-order equations, used to describe vertical and transverse oscillations in the "vehicle-bridge" system. Dynamic models of moving loads have been developed, considering key movement parameters such as speed, road surface profile, and vehicle structural characteristics. Differential equations of oscillations are applied to describe free and forced vibrations of bridge structures under the influence of moving transport. Additionally, bridge structures are modeled as beams on hinged supports with distributed mass along their length, allowing for the consideration of their real mechanical characteristics in dynamic analysis. **Results and conclusions.** The study results demonstrate a direct correlation between vehicle movement characteristics and dynamic loads on bridge structures. It has been established that as vehicle speed increases, the intensity of vertical and transverse oscillations also rises, which can lead to damage to bridge structural elements and transported cargo. The main factors influencing dynamic impact have been identified: vehicle speed, road surface condition, vehicle design features (suspension, frame rigidity, mass), and the interaction between wheels and road surface irregularities. The developed dynamic model of the vehicle-bridge interaction allows for precise calculation of bridge structure oscillations considering moving loads, making it possible to more accurately predict the impact of traffic flows on infrastructure. The study also revealed that damage to perishable goods during transportation over bridges is associated with vehicle vibrations, and that the risk of mechanical damage to cargo increases as road surface conditions deteriorate. Based on the conducted analysis, the necessity of improving dynamic bridge calculation methods has been substantiated.

Keywords: dynamic impact, road transport, moving load, Lagrange equations, road surface, fruit and vegetable products, transportation of fruits and vegetables, mathematical modeling, dynamic analysis.

Citation. Antonenko M. V., Starovoitov V. I., Uspensky I. A., Limarenko N. V., Yukhin I. A. The theoretical justification of the oscillations of a vehicle with a load and a bridge structure. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 502-513 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-53.

Author contribution. The authors of this study actively participated in the planning, execution, and analysis of this research. All authors have reviewed and approved the final submitted version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 634.1-13

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ АВТОМОБИЛЯ С ГРУЗОМ
И МОСТОВОГО СООРУЖЕНИЯ**¹**Антоненко М. В.**, кандидат технических наук, старший преподаватель²**Старовойтов В. И.**, доктор технических наук, профессор³**Успенский И. А.**, доктор технических наук, профессор^{3,4}**Лимаренко Н. В.**, доктор технических наук, профессор³**Юхин И. А.**, доктор технических наук, профессор¹Рязанский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет»
г. Рязань, Российская Федерация²Федеральный исследовательский центр картофеля им. А. Г. Лорха
Красково, Московская область, Российская Федерация³ФГБОУ ВО Рязанский агротехнологический университет имени П. А. Костычева
г. Рязань, Российская Федерация⁴ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Актуальность. В современных условиях увеличения объемов грузоперевозок и применения тяжелой автотранспортной техники возрастает динамическая нагрузка на мостовые сооружения. Это приводит к повышенному износу дорожного покрытия и увеличению повреждений перевозимой продукции, особенно плодоовощной. Динамические воздействия, возникающие при движении транспортных средств, требуют детального изучения. Разработка надежных динамических моделей взаимодействия «автомобиль – мост» позволит улучшить расчетные методики и минимизировать повреждения инфраструктуры и перевозимых грузов в АПК. **Объектом исследования** является динамическое взаимодействие автомобильного транспорта и мостовых сооружений. В рамках работы анализируются динамические нагрузки, возникающие при движении транспортных средств по мостам, влияние скорости, качества дорожного покрытия и конструктивных особенностей автомобилей на колебательные процессы мостов. **Материалы и методы исследования** включают применение математического моделирования динамических процессов. Основу методологии составляют уравнения Лагранжа второго рода, используемые для описания вертикальных и поперечных колебаний системы «автомобиль – мост». Разработаны динамические модели подвижных нагрузок, учитывающие ключевые параметры движения, такие как скорость, профиль дорожного покрытия и конструктивные характеристики транспортного средства. Для описания свободных и вынужденных колебаний мостовых конструкций под воздействием движущегося транспорта применены дифференциальные уравнения колебаний. **Результаты и выводы** исследования показывают, что существует прямая зависимость между характеристиками движения автомобилей и динамическими нагрузками на мостовые сооружения. Установлено, что при увеличении скорости транспортного средства интенсивность вертикальных и поперечных колебаний возрастает, что может привести к повреждению перевозимого груза. Определены основные факторы, влияющие на динамическое воздействие: скорость движения транспорта, состояние дорожного покрытия, конструктивные особенности автомобилей (подвеска, жесткость рамы, масса), а также взаимодействие колес с неровностями дорожного полотна. Разработанная динамическая модель взаимодействия автомобиля и моста позволяет рассчитывать колебания мостовой конструкции с учетом подвижной нагрузки. В ходе исследования также выявлено, что повреждение плодоовощной продукции при перевозке по мостам связано с вибрацией автомобиля, причем при ухудшении состояния дорожного покрытия риск механических повреждений груза возрастает.

Ключевые слова: динамическое воздействие, автомобильный транспорт, подвижная нагрузка, уравнения Лагранжа, дорожное покрытие, плодоовощная продукция, перевозка плодоовощной продукции, математическое моделирование, динамический анализ.

Цитирование. Антоненко М. В., Старовойтов В. И., Успенский И. А., Лимаренко Н. В., Юхин И. А. Теоретическое обоснование колебаний автомобиля с грузом и мостового сооружения. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 502-513. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-53.

Авторский вклад. Исследование было спланировано, проведено и проанализировано при активном участии его авторов. Каждый из них детально ознакомился с итоговым вариантом статьи и единогласно утвердил его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Развитие транспортной инфраструктуры и рост объемов грузоперевозок приводят к увеличению нагрузок на мостовые сооружения, что становится серьезной инженерной проблемой. Автомобильный транспорт оказывает на мосты сложное динамическое воздействие, связанное с переменными нагрузками, вибрациями и резонансными явлениями. Особенно это актуально для современных магистралей, где движение тяжелых транс-

портных средств происходит с высокой интенсивностью. Возникающие динамические колебания не только ускоряют износ мостовых конструкций и дорожного покрытия, но и негативно сказываются на сохранности перевозимых грузов, особенно тех, которые чувствительны к механическим воздействиям, например, плодоовощной продукции [1-3].

Исследование таких процессов требует комплексного подхода, включающего как теоретический анализ, так и численное моделирование. Динамическое взаимодействие транспортных средств и мостовых сооружений представляет собой сложный инженерно-физический процесс, включающий в себя ряд факторов, таких как характеристики движения автомобиля, конструктивные особенности моста, а также состояние дорожного покрытия. Вибрационные процессы, возникающие при движении автомобиля, могут оказывать как кратковременное, так и накопительное воздействие на конструктивные элементы моста, а также на перевозимый груз. В этом контексте важно не только учитывать колебательные характеристики самой мостовой конструкции, но и анализировать динамическое поведение транспортного средства в процессе движения [1-5].

Вибрационные процессы, возникающие при проезде транспорта, можно разделить на несколько типов: вынужденные колебания, возникающие под воздействием дорожного профиля и транспортной нагрузки, свободные колебания, обусловленные собственными характеристиками моста, а также автоколебания, вызванные сочетанием нескольких факторов, таких как резонансные явления и изменение нагрузок в процессе движения. В условиях высокой интенсивности движения и наличия тяжелых грузов особую роль играет именно резонанс, так как совпадение частот вынужденных колебаний с собственными частотами мостовой конструкции может приводить к усилению амплитуды вибраций и, в крайних случаях, к структурным повреждениям моста [6, 7].

С теоретической точки зрения анализ динамического поведения мостов при движении транспортных средств требует использования уравнений Лагранжа второго рода, которые позволяют учитывать влияние множества факторов, включая жесткость подвески автомобиля, демпфирование амортизаторов, массу транспортного средства и дорожный профиль. В динамическом моделировании мостовой конструкции традиционно используется представление моста в виде балки на упругих опорах с распределенной массой. Такой подход позволяет более точно описывать реакцию конструкции на движение транспортных средств и учитывать распространение волновых колебаний вдоль пролетного строения.

Дополнительно к классическим методам моделирования колебательных процессов можно рассмотреть влияние аэроупругости, особенно в случае мостов с большой длиной пролетов. Ветер может выступать как дополнительный фактор возмущения, вызывая аэродинамические колебания конструкции, что приводит к сложному взаимодействию между вертикальными, поперечными и крутильными колебаниями. В этом случае особенно важно учитывать нелинейные эффекты, возникающие при сочетании динамических нагрузок от автотранспорта и аэродинамических воздействий. Неровности и дефекты покрытия служат дополнительным источником вибраций, увеличивая амплитуду колебаний не только самого транспортного средства, но и мостовой конструкции. Влияние дорожного профиля может быть описано с использованием случайных функций, моделирующих микронеровности покрытия и их воздействие на динамику движения. Применение спектрального анализа позволяет определить, какие частоты колебаний вызываются неровностями и в каких случаях эти частоты могут совпадать с собственными частотами моста, создавая условия для усиления динамических нагрузок [7-9].

При анализе воздействия динамических нагрузок на перевозимый груз необходимо учитывать не только параметры транспортного средства, но и характеристики груза, его упаковки и размещения внутри кузова. Вибрационные воздействия могут приводить к повреждению плодоовощной продукции из-за ударных нагрузок, возникающих при резонансных колебаниях груза относительно кузова автомобиля. В связи с этим одним из направлений оптимизации процесса транспортировки является разработка эффективных систем виброзащиты, включающих в себя амортизирующие прокладки, контейнерные системы с демпфированием, а также применение адаптивных подвесок транспортных средств.

С точки зрения проектирования мостовых конструкций для снижения динамических воздействий от автотранспорта могут применяться различные конструктивные решения, такие как увеличение жесткости пролетного строения, использование демпфирующих элементов в опорных узлах, а также применение предварительно напряженных железобетон-

ных элементов, позволяющих уменьшить амплитуду вынужденных колебаний. В современных мостах широко используются демпферы Тейлора и маятниковые гасители колебаний, которые позволяют снизить динамическое воздействие как от транспортных потоков, так и от ветровых нагрузок [9-12].

Одним из наиболее эффективных методов является математическое моделирование динамического взаимодействия «автомобиль – мост» с учетом реальных характеристик транспортных средств, дорожного покрытия и мостовых конструкций. Для этого в настоящей работе использованы специализированные программные комплексы «Т-Flex Динамика» и «Т-Flex Анализ», позволяющие выполнять кинематический и динамический анализ механических систем. Эти программные инструменты позволяют исследовать траектории движения, скорости, ускорения отдельных элементов системы и оценивать влияние динамических нагрузок на перевозимых грузах.

Целью исследования является разработка математических моделей, позволяющих точно описывать динамические процессы, возникающие при движении транспортных средств по мостовым сооружениям, а также определение факторов, оказывающих наибольшее влияние на динамическое взаимодействие.

В ходе работы проведен анализ влияния скорости движения, состояния дорожного покрытия и конструктивных особенностей автомобилей на уровень динамических нагрузок. В процессе расчета разработана математическая модель подвижной нагрузки и теории динамического анализа колебаний для взаимодействия автомобилей и дорог с непостоянным микрорельефом. Целесообразно провести исследования динамики воздействия колебательных движений мостового сооружения на движущееся по нему транспортное средство с грузом [7, 8].

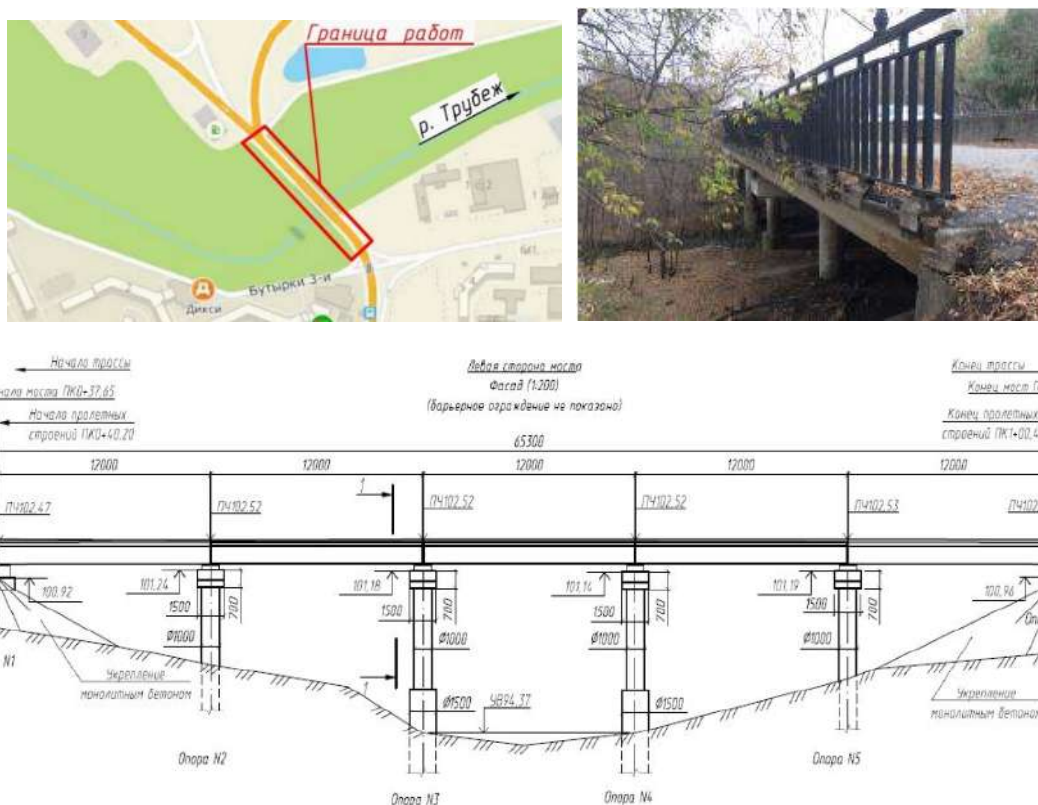


Рисунок 1 – Мостовое сооружение через реку Трубезь на дороге Рязань-Борки (у поста ГАИ) в г. Рязани
Figure 1 – Bridge structure across the Trubezh River on the Ryazan-Borki road (at the traffic police post) in Ryazan

Проведем динамический расчет с использованием программного модуля инженерного анализа «Т-Flex Динамика» с целью решения задачи определения траекторий движения, скоростей, ускорений любых точек компонентов механической системы под действием сил. Для динамического расчета рассмотрим мостовое сооружение, находящееся в г. Рязани, по которому передвигаются транспортные средства с грузом. Рассмотрим методику

проведения испытания. Натурные испытания и моделирование были проведены с использованием мостового сооружения через реку Трубеж на дороге Рязань-Борки (у поста ГАИ) в г. Рязани (рисунок 1). Трасса проложена по существующей автодороге по ул. Каширина (магистральная автодорога общего назначения класса II). Мостовой переход состоит отдельно стоящих левого и правого мостов через реку Трубеж. В нашем исследовании рассматриваем левый мост, длина которого – 63,5 м, ширина – 13,76 м; покрытие проезжей части – асфальтобетон. Левая сторона моста имеет пять пролетов по 12,0 м. Пролетные строения железобетонные ребристые балки.

Геокоординаты левого моста: начало моста – 54,637600; 39,722270;

конца моста – 54,637970; 39,721720.

С помощью кинематической сборочной модели механической системы, включающей твердотельные элементы (опоры моста, плиты перекрытия, колеса и элементы подвески автомобиля с грузом, отдельные плоды), упругие и демпфирующие элементы подвески автомобиля, а также виброопоры плит перекрытия моста, рассматривается первая часть вычислительного эксперимента – моделирование методом конечных элементов особенностей транспортировки плодоовощной продукции. При этом на основе задачи анализа движения исследуются кинематические характеристики наименее виброзащищенного плода, транспортируемого контейнерным способом.

При решении задачи движение плода принимается при действии собственного веса и инерционного воздействия при его транспортировке. В процессе динамического расчета с использованием программного модуля инженерного анализа «T-Flex Динамика» решается задача определения траекторий движения, скоростей, ускорений любых точек компонентов механической системы под действием сил. В качестве модели яблока выбран шар диаметром 85 мм массой 175 г. Моделью контейнера выступает экспериментальное устройство для снижения травмируемости плодоовощной продукции размером 420x330x260 мм.

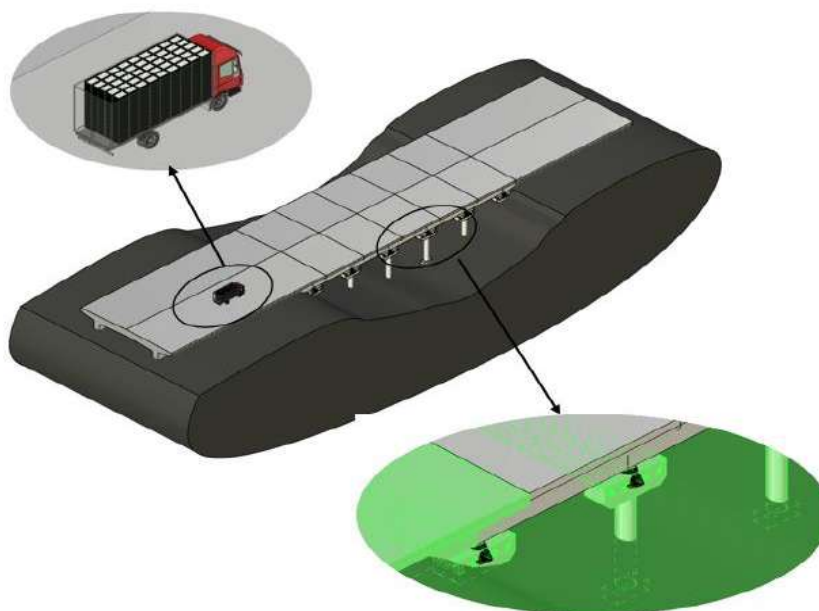


Рисунок 2 – Твердотельная модель движения грузовика с яблоками по мосту

Figure 2 – Solid-state model of a truck moving with apples on a bridge

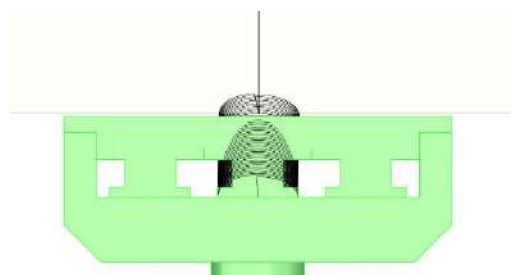
В таблице 1 зададим начальные параметры для выполнения расчета. В качестве начальных условий виртуальной модели виброиспытаний используется твердотельная компьютерная модель движения грузовика с контейнерами, наполненными яблоками, при импульсе начальной скорости, сообщаемой грузовику до его движения по мосту. На рисунке 3 представлена схема упруго-демпфирующих связей.

Таблица 1 – Начальные параметры, заложенные при моделировании, и необходимые для выполнения расчета

Table 1 – Initial parameters included in the simulation and required for the calculation

Имя / Name	Выражение / Expression	Значение / Meaning	Комментарий / Comment
V_0	30	30	Начальная скорость мм/с / Muzzle velocity, mm/s
dZ	0.5	0.5	Смещение плиты перекрытия по вертикали, мм / Vertical displacement of the floor slab, mm
Hnp	500	500	Высота прогиба / Deflection height
ba	1000000	1000000	Коэффициент демпфирования подвески автомобиля / Car Suspension Damping Factor
ca	10000	10000	Жесткость упругой пружины подвески автомобиля / Elastic spring stiffness of car suspension
dZo	232.032	232.032	Начальная длина пружины, моделирующей упругую связь / Initial Length of Spring Simulating Elastic Bond
c	62000	62000	Жесткость упругой связи плиты перекрытия моста / Elastic Bond Stiffness of Bridge Floor Slab
b	500000	500000	Коэффициент демпфирования прокладки плиты перекрытия / Floor Slab Damping Factor
Hп	50	50	Ход подвески автомобиля, мм / Car suspension travel, mm

а)



б)

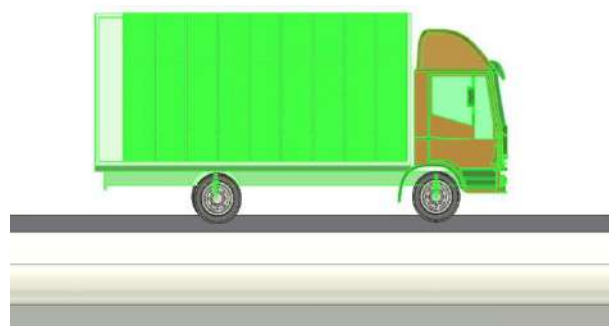


Рисунок 3 – Твёрдотельная модель движения грузовика с яблоками по мосту

а) схема упруго-демпфирующих связей опор моста с плитами перекрытия,

б) упруго-демпфирующие связи в элементах подвески грузовика

Figure 3 – Solid-state model of a truck moving with apples on a bridge

a) is a diagram of elastic-damping connections of bridge supports with floor slabs,

b) is the elastic-damping connections in the truck suspension elements

Динамическое поведение пространственной механической системы, предназначенной для транспортировки плодоовощной продукции с элементами мостового сооружения, проводится с использованием программного модуля «T-Flex Динамика» в несколько этапов. На первом этапе, основываясь на созданной трехмерной модели механической системы, разрабатывается её кинематическая сборка. Это включает в себя подробное определение всех элементов системы и их взаимосвязей. В рамках этого этапа также автоматически генерируются шарниры, что позволяет сформировать задачу анализа движения системы. Таким образом, создается начальная база для дальнейших расчетов.

Следующий этап фокусируется на уточнении параметров анализа. На этом шаге определяются ключевые параметры движения и нагружения системы, что включает в себя как статические, так и динамические нагрузки, которые система будет испытывать в про-

цессе эксплуатации. Далее формируется внешняя нагрузка, отражающая реальные условия работы системы. Эти параметры затем используются для проведения расчетов, целью которых является определение динамических характеристик системы, таких как её собственные частоты вибрации, амплитудные отклики на воздействие внешних сил и другие показатели, которые могут повлиять на её стабильность и надежность. После того как расчеты выполнены, начинается третий этап, связанный с анализом полученных данных. На этом шаге создаются датчики для сбора данных о движении системы и напряжении в критических точках, таких как соединения и узлы конструкции.

Полученные данные уточняются для повышения их точности и достоверности, после чего производится детальный анализ результатов. Этот анализ позволяет выявить возможные слабые места в конструкции, оптимизировать параметры работы системы и предложить решения для повышения её эффективности и долговечности. Такой последовательный подход позволяет комплексно оценить динамические характеристики механической системы, обеспечивая возможность тщательной проработки всех её аспектов и минимизации рисков, связанных с эксплуатацией.

Исследование динамического поведения пространственной механической системы транспортировки плодоовощной продукции с элементами мостового сооружения, проводимое с использованием программного модуля «T-Flex Динамика», осуществляется посредством последовательного поэтапного подхода, позволяющего всесторонне оценить и оптимизировать конструктивные характеристики системы. На начальном этапе на основе трехмерной модели разрабатывается кинематическая сборка, при этом автоматически генерируются шарниры, что обеспечивает моделирование взаимосвязей между элементами конструкции и закладывает основу для анализа их движения.

В следующем этапе назначаются параметры анализа движения и нагружения, при этом формируется соответствующая внешняя нагрузка, отражающая реальные эксплуатационные условия, что позволяет задать точные исходные данные для проведения расчетов. После определения всех необходимых параметров выполняется непосредственно расчет динамических характеристик системы, что позволяет смоделировать ее поведение под действием различных нагрузок и выявить потенциально критические зоны. Завершающим этапом является установка датчиков для регистрации параметров движения и нагружения, уточнение расчетных данных и проведение детального анализа полученных результатов, что способствует выработке рекомендаций по оптимизации конструкции и повышению ее надежности. Такой комплексный метод позволяет обеспечить высокую достоверность результатов исследования и принять обоснованные решения при проектировании и эксплуатации транспортировочных систем.

Ускорения, определенные таким образом, служат исходными данными для задачи прочностного расчета плода с использованием «CAE-системы T-Flex Анализ», при этом решается задача расчёта статического напряжённого состояния компонентов механической системы. Статический анализ модели осуществляется в несколько этапов: создание объёмной твердотельной модели изделия; создание «Задачи»; задание материала; создание сетки; наложение граничных условий; выполнение расчёта; анализ результатов статического расчёта.

Кинематическая сборка включает неподвижную модель опор моста, связанные с ней упругими и демпфирующими связями подвижные модели плит перекрытия моста, колесные пары грузовика, которые имеют возможность качения по опорной поверхности, и, через контактные взаимодействия, связаны с компонентами мостового сооружения, а с помощью упругих и демпфирующих связей, а также подвижных сферических шарниров связаны с грузовиком. При этом моделируется простая зависимая подвеска.

Особенностями задачи анализа движения является настройка анализа контактов тел рассматриваемой механической системы в режим «Все со всеми», наличие датчиков типа «Тело», на моделях плит перекрытия моста, а также – на объекте виброзащиты (грузовике).

Выполним подбор параметров упругих и демпфирующих компонентов: величины жесткостей, начальных длин пружин, коэффициентов демпфирования демпферов. В качестве движущей силы выступает импульс начальной скорости грузовика. Дальнейшее его движение происходит в модели по инерции.

Рассмотрим две задачи определения движения тел по приложенным к ним силам: движение грузовика по мостовому сооружению без груза и с грузом.

В сравнительном анализе участвуют величины линейных перемещений, скоростей и ускорений подвижных компонентов рассматриваемой механической системы в решениях каждой задачи. Кинематическая характеристика движения приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Кинематические характеристики вертикальной составляющей движения грузовика на мостовом сооружении

Table 2 – Kinematic characteristics of the vertical component of truck movement on a bridge structure

Параметр / Parameter	Пустой / Empty			С грузом / With cargo		
	Минимум / Minimum	Максимум / Maximum	Сравнение / Comparison	Минимум / Minimum	Максимум / Maximum	Сравнение / Comparison
Амплитуда вертикальных колебаний грузовика, мм / Amplitude of vertical oscillations of the truck, mm	12063,73	12279,75	216,02	12755,06	12830,41	75,35
Размах колебаний вертикальной скорости грузовика, мм/с / Range of fluctuations in the vertical speed of the truck, mm/s	822,76	-1383,34	560,58	-98,62	-634,41	733,03
Размах колебаний вертикального ускорения грузовика, мм/с ² / Range of oscillations of vertical acceleration of a truck, mm/s ²	-9629,78	-207866	198236	3445,663	-18114,59	21560,25

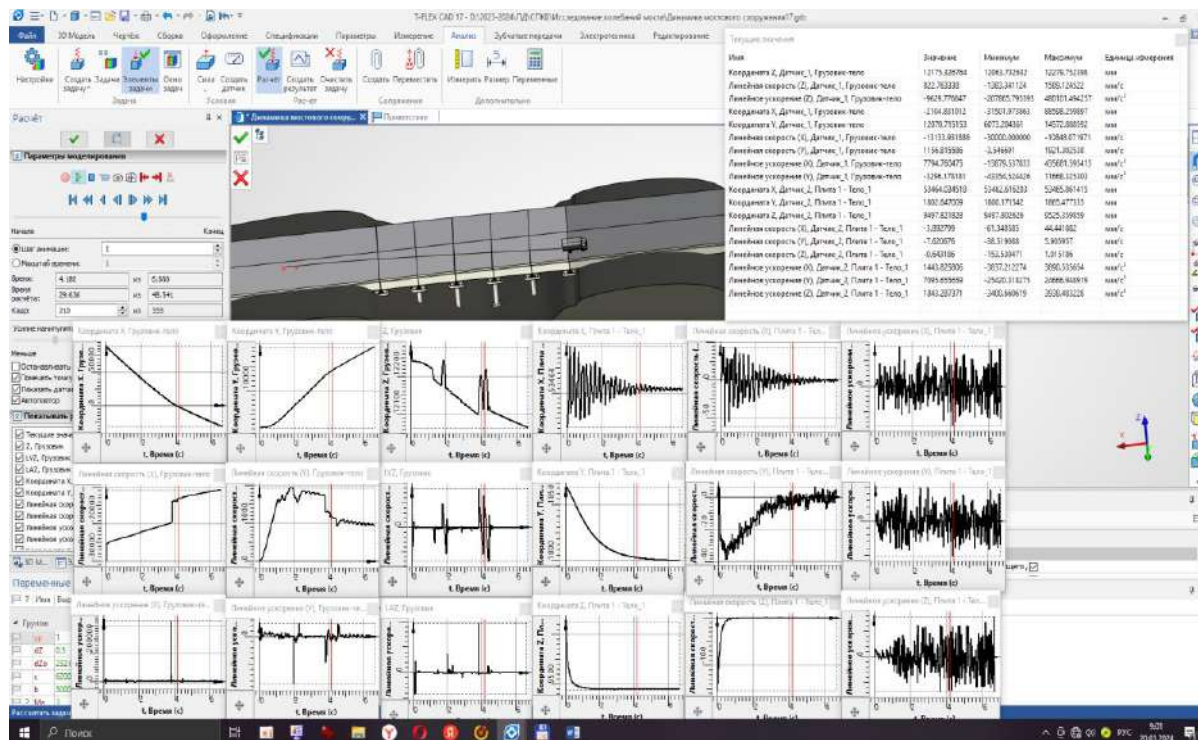


Рисунок 4 – Решения задач анализа движения методом конечных элементов на основе твердотельных моделей движения грузовика по мосту (движение без груза)

Figure 4 – Solutions to problems of motion analysis by the finite element method based on solid-state models of truck movement on a bridge (movement without load)

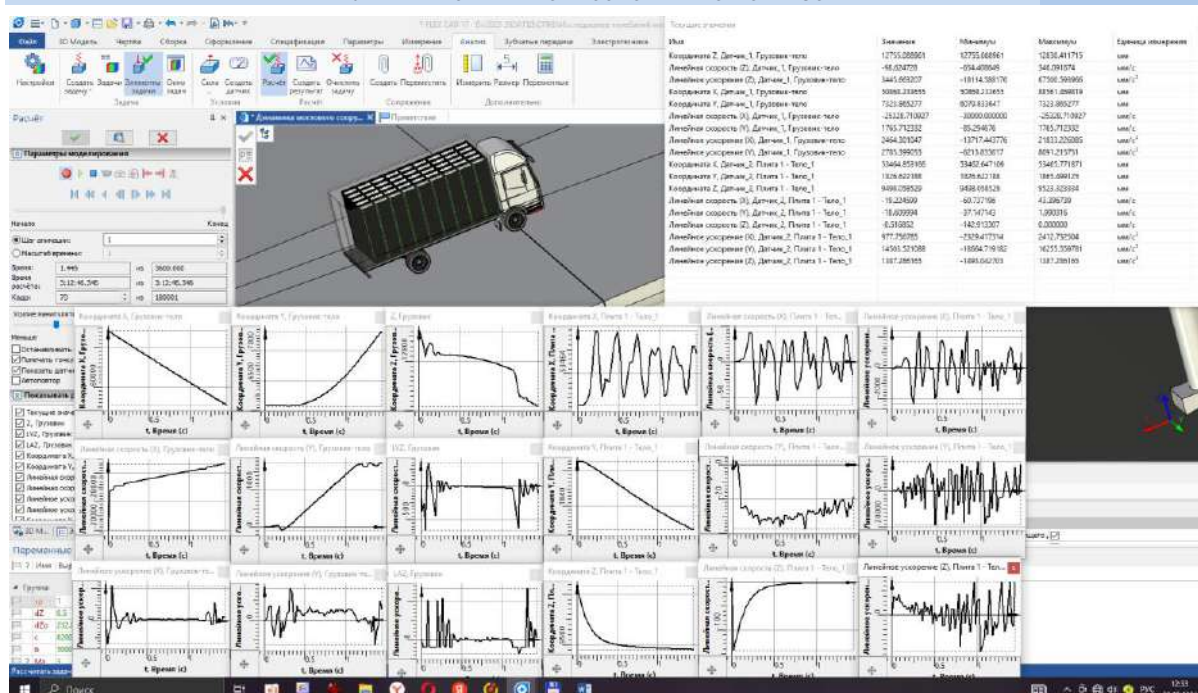


Рисунок 5 – Решения задач анализа движения методом конечных элементов на основе твердотельных моделей движения грузовика по мосту (движение с грузом)

Figure 5 – Solutions to problems of motion analysis by the finite element method based on solid-state models of truck movement on a bridge (movement with cargo)

Таким образом, проведено исследование с использованием программного модуля «Т-Flex Динамика» динамического поведения пространственной механической системы транспортировки плодоовощной продукции и мостового вооружения, включая твердотельные, упругие и демпфирующие элементы. Полученные результаты могут быть использованы в прочностном анализе транспортируемого плода с использованием «CAE-системы», например, «Т-Flex Анализ».

Как видно из полученных виброграмм и спектрограмм колебаний, с точки зрения виброзащиты плодоовощной продукции при транспортировке плодов наиболее влиятельна вертикальная составляющая кинематических характеристик движения.

Рассмотрим случайные колебания автомобиля, который перевозит плодоовощную продукцию, и проезжает по мосту с одним пролетом. Чтобы изучить это явление, представим грузовой автомобиль в виде динамической модели с одной массой, которая совершает только вертикальные перемещения масс, как показано на рисунке 6.

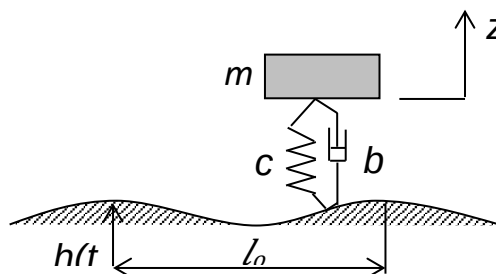


Рисунок 6 – Динамическая модель колебаний
Figure 6 – Dynamic oscillation model

Для дальнейших вычислений составим уравнения движения, используя уравнения Лагранжа второго рода:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial T}{\partial q} + \frac{\partial \Pi}{\partial q} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}} = 0, \quad (1)$$

где $q = z$ – обобщенная координата.

Рассмотрим действующие в момент вертикальных колебаний автомобиля поперечные колебания мостового сооружения:

$$y_n(x) = \sin\left(\frac{\pi \cdot n}{l} x\right), n = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$$

Для первой формы колебаний, при $n=1, 0$, и $x = l_0$ получим выражение:

$$y(l_0) = \sin\left(\frac{\pi \cdot l_0}{l}\right). \quad (2)$$

Произведем необходимые преобразования и получим выражение, учитывающее совместные колебания системы грузового автомобиля с находящимся в нем грузом и мостового сооружения, по которому этот автомобиль передвигается:

$$m \cdot \ddot{z} + b \cdot \dot{z} + c \cdot z = b \cdot h_0 \frac{2\pi \cdot v}{l_0} \sin\left(\frac{2\pi \cdot vt}{l_0}\right) + c \cdot h_0 \left(1 - \cos\left(\frac{2\pi \cdot vt}{l_0}\right)\right) + \sin\left(\frac{\pi \cdot l_0}{l}\right), \quad (3)$$

где m – масса поддрессорной части автомобиля (рама, кузов), кг; c – жесткость подвески автомобиля, кН/м; b – коэффициент неупругого сопротивления амортизаторов подвески автомобиля, кН/м; z – обобщенная координата системы; $h(t)$ и l_0 – характеристики профиля дорожного покрытия моста, м.

Выводы. В ходе проведенного исследования установлено, что динамическое взаимодействие автомобильного транспорта с мостовыми сооружениями является важным фактором, влияющим как на долговечность конструкций, так и на уменьшение повреждений перевозимых грузов. Динамические нагрузки, возникающие при движении автомобилей, особенно тяжелого транспорта, приводят к увеличенному износу дорожного покрытия, структурных элементов мостов и могут вызывать механические повреждения грузов, особенно тех, которые чувствительны к вибрациям, например, плодоовощной продукции. Анализ показал, что основные параметры, влияющие на динамическую нагрузку, включают скорость движения транспортного средства, состояние дорожного покрытия, конструктивные особенности автомобилей (подвеска, жесткость рамы, масса) и взаимодействие колес с неровностями дорожного полотна. Установлено, что при увеличении скорости автомобиля интенсивность вертикальных и поперечных колебаний мостового сооружения возрастает, что увеличивает риск разрушения его конструктивных элементов и приводит к дополнительным нагрузкам на транспортируемый груз. Для количественного анализа данных процессов была разработана математическая модель, основанная на уравнениях Лагранжа второго рода, описывающая взаимодействие системы «автомобиль – мост» с учетом реальных условий движения. Численные эксперименты, проведенные с использованием программных комплексов «Т-Flex Динамика» и «Т-Flex Анализ», подтвердили эффективность данной модели и позволили получить точные данные о кинематических характеристиках движения транспортного средства по мосту, величинах возникающих ускорений и их влиянии на динамическое поведение мостового сооружения. Исследование также показало, что в целях уменьшения негативного влияния динамических нагрузок необходимо совершенствование расчетных методик, направленных на более точное прогнозирование нагрузок и их воздействия на мостовые конструкции. Использование современных программных комплексов и методов математического моделирования позволяет повысить точность расчетов, но для дальнейшего повышения надежности и безопасности требуется проведение дополнительных экспериментальных исследований с натурными испытаниями на реальных мостовых сооружениях. Таким образом, разработанная модель и проведенные расчеты дают возможность более точно прогнозировать динамические нагрузки на мостовые конструкции, минимизировать их негативное влияние и повышать эффективность транспортировки грузов. Внедрение полученных результатов в проектирование и эксплуатацию мостовых сооружений позволит снизить износ инфраструктуры, уменьшить механические повреждения перевозимых грузов и в целом повысить надежность дорожной сети при интенсивных транспортных потоках.

Conclusions. The study has established that the dynamic interaction between motor vehicles and bridge structures is a significant factor affecting both the durability of constructions and the preservation of transported goods. Dynamic loads generated by moving vehicles, especially heavy transport, lead to increased wear of road surfaces and structural elements of bridges and may cause mechanical damage to cargo, particularly those sensitive to vibrations, such as perishable fruits and vegetables. The analysis has shown that the main parameters influencing dynamic load include vehicle speed, road surface condition, vehicle design features (suspension, frame rigidity, mass), and the interaction of wheels with road surface irregularities. It has been determined that as vehicle speed increases, the intensity of vertical and transverse oscillations of the bridge structure also rises, increas-

ing the risk of structural element degradation and imposing additional stresses on transported cargo. To quantitatively analyze these processes, a mathematical model based on Lagrange's second-order equations has been developed, describing the interaction within the "vehicle-bridge" system while accounting for real operating conditions. Numerical experiments conducted using the software packages "T-Flex Dynamics" and "T-Flex Analysis" confirmed the effectiveness of this model, allowing for the acquisition of accurate data on the kinematic characteristics of vehicle movement across the bridge, the magnitudes of induced accelerations, and their influence on the dynamic behavior of the bridge structure. The study also demonstrated that to mitigate the negative effects of dynamic loads, it is necessary to improve computational methodologies aimed at more precise prediction of loads and their impact on bridge structures. The use of modern software tools and mathematical modeling methods enhances calculation accuracy, but further experimental research, including full-scale testing on actual bridge structures, is required to ensure greater reliability and safety.

Thus, the developed model and conducted calculations enable a more precise prediction of dynamic loads on bridge structures, minimize their negative effects, and improve the efficiency of cargo transportation. The implementation of these results in bridge design and operation will help reduce infrastructure wear, decrease mechanical damage to transported goods, and overall enhance the reliability of the road network under high traffic conditions.

Библиографический список

1. Белю Л. П., Успенский И. А., Юхин И. А. и др. Исследование транспортировки яблок в таре по дорогам с различным покрытием. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 526-539.
2. Соломахин М. А. Организационно-экономические аспекты совершенствования подсистемы хранения плодовой продукции. Теория и практика мировой науки. 2017. № 8. С. 30-34.
3. Симдянкин А. А., Успенский И. А., Белю Л. П., Филышин О. В. Сохранность плодов на внутрихозяйственных перевозках. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 346-356.
4. Рыков С. П. Датчик колебаний: оценка конструктивных и эксплуатационных параметров. Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2019. Т. 1. С. 212-219.
5. Юсупов М. Численное моделирование задач вертикальных вязкоупругих колебаний систем подвески остова, двигателя, кабины и сидения. Проблемы вычислительной и прикладной математики. 2022. № 5 (43). С. 113-121.
6. Лескин А. И., Катасонов М. В., Гофман Д. И. Методика моделирования проезда искусственных дорожных неровностей проезжей части с учетом динамических факторов. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. № 2 (75). С. 92-100.
7. Малышев В. А., Пугин К. Г. Математическое моделирование вибрационного воздействия на конструкцию строительно-дорожных машин. Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2020. № 1. С. 61-68.
8. Картопольцев В. М. К вопросу вибродиагностики свободных колебаний балок методом Герца. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 3. С. 242-252.
9. Картопольцев В. М. Регулирование динамических характеристик пролетных строений мостов в условиях изменяющегося воздействия временной подвижной нагрузки. Профессорский журнал. Серия: Технические науки. 2021. № 1 (4). С. 4-19.
10. Семейко Н. В., Савенко А. И. Влияние автомобилей на диссипативные свойства пролетных строений автодорожных мостов. Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2023. № 2 (65). С. 64-73.
11. Крутиков О. В., Гершуни И. Ш., Рыжов Д. И. Оценка форм собственных колебаний пролетных строений моста при мониторинге. Транспортные сооружения. 2022. Т. 9. № 2. С. 124-129.
12. Локтев А. А., Локтев Д. А., Илларионова Л. А., Баракат А. Особенности динамического поведения пролетного строения низководных мостов. Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2022. № 2. С. 72-81.

References

1. Belyu L. P., Uspensky I. A., Yukhin I. A. Study of the transportation of apples in containers on roads with different surfaces. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 3 (71). Pp. 526-539.
2. Solomakhin M. A. Organizational and Economic Aspects of Improving the Subsystem of Fruit Products Storage. Theory and Practice of World Science. 2017. № 8. Pp. 30-34.
3. Simdyankin A. A., Uspensky I. A., Belyu L. P., Filyushin O. V. Safety of Fruits on On-Farm Transportation. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020. № 2 (58). Pp. 346-356.
4. Rykov S. P. Vibration Sensor: Assessment of Design and Operational Parameters. Proceedings of the Bratsk State University. Series: Natural and Engineering Sciences. 2019. V. 1. Pp. 212-219.
5. Yusupov M. Numerical Simulation of Problems of Vertical Viscoelastic Oscillations of Frame Suspension, Engine, Cabin and Seat Systems. Problems of Computational and Applied Mathematics. 2022. № 5 (43). Pp. 113-121.
6. Leskin A. I., Katasonov M. V., Gofman D. I. Methods of Modeling the Passage of Artificial Road Bumps of the Roadway Taking into Account Dynamic Factors. Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and architecture. 2019. № 2 (75). Pp. 92-100.
7. Malyshev V. A., Pugin K. G. Mathematical Modeling of Vibration Impact on the Construction of Road Construction Machines. Transport. Transport facilities. Ecology. 2020. № 1. Pp. 61-68.
8. Kartopoltsev V. M. On the Issue of Vibration Diagnostics of Free Oscillations of Beams by the Hertz Method. Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. 2024. V. 26. № 3. Pp. 242-252.
9. Kartopoltsev V. M. Regulation of Dynamic Characteristics of Bridge Spans under Conditions of Changing Impact of Temporary Moving Load. Professorial Journal. Series: Technical Sciences. 2021. № 1 (4). Pp. 4-19.

10. Semeyko N. V., Savenko A. I. Influence of Cars on the Dissipative Properties of Spans of Road Bridges. Bulletin of the Siberian State University of Railway Engineering. 2023. № 2 (65). Pp. 64-73.
11. Krutikov O. V., Gershuni I. Sh., Ryzhov D. I. Estimation of Eigenoscillation Forms of Bridge Spans during Monitoring. Transport facilities. 2022. V. 9. № 2. P.124-129.
12. Loktev A. A., Loktev D. A., Illarionova L. A., Barakat A. Features of the dynamic behavior of the superstructure of low-water bridges. Transport. Transport facilities. Ecology. 2022. № 2. Pp. 72-81.

Информация об авторах

Антоненко Максим Владимирович, кандидат технических наук, старший преподаватель, ФГАОУ ВО Рязанского института (филиала) Московского Политехнического университета (Российская Федерация, 390046, г. Рязань, ул. Ленина, 53), e-mail: kivavac@yandex.ru

Старовойтов Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом, Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха (Российская Федерация, 140051, Московская область, г. Люберцы, пгт Красково, ул. Лорха, 23).

Успенский Иван Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, РГБООУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева (Российская Федерация, г. Рязань, ул. Костычева, 1), e-mail: ivan.uspensckij@ya.ru

Лимаренко Николай Владимирович, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1), профессор кафедры, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева (Российская Федерация, г. Рязань, ул. Костычева, 1), e-mail: limarenkodstu@yandex.ru

Юхин Иван Александрович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева (Российская Федерация, г. Рязань, ул. Костычева, 1), e-mail: yuival@rambler.ru

Authors' Information

Antonenko Maksim Vladimirovich, Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer, Ryazan Institute (branch) Moscow Polytechnic University (Russian Federation, 390046, Ryazan, Lenin str., 53), e-mail: kivavac@yandex.ru

Starovoytov Viktor Ivanovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department, Federal Research Center of Potatoes named after A. G. Lorkh (Russian Federation, 140051, Moscow region, Lyubertsy, Kraskovo, Lorkh str., 23).

Uspensky Ivan Alekseevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, Ryazan, Kostychev Str., 1), e-mail: ivan.uspensckij@ya.ru

Limarenko Nikolay Vladimirovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department, Don State Technical University (Russian Federation, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), Professor of the Department, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, Ryazan, Kostychev Str., 1), e-mail: limarenkodstu@yandex.ru

Yukhin Ivan Aleksandrovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, Ryazan, Kostychev Str., 1), e-mail: yuival@rambler.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-54

**INFORMATION MODEL SHOWING FORMATION OF CLIMATE-ACTIVE GASES
IN THE COW BARN****Vtoryi S. V.**

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) –
branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM
Saint Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: 2vt_1981@list.ru

Received 29.04.2025

Submitted 23.05.2025

The study was a part of research work FGUN-2025-0010 “To develop environmentally friendly technologies, complexes of machines and equipment for managing agricultural ecosystems in intensive and organic agricultural production”.

Summary

The paper presents an information model of the formation of the air environment in a cow barn. The model is based on mathematical dependencies derived from theoretical and experimental studies. The model makes it possible to predict the concentrations of climate-active gases as a function of the technology used to house and care for the animals.

Abstract

Introduction. Cow's milk is an important source of essential nutrients for humans. In order to meet the ever-increasing demands of the population, dairy farmers must constantly increase production. This results in increased resource use and higher levels of environmentally harmful animal waste. Modelling enables prediction and efficient, environmentally friendly management of a dairy farm. **Study aim:** to develop an information model showing how climate-active gases form the cow barn environment. **Materials and methods.** The basis for the development of the information model was the monographic analysis of national and foreign scientific publications, the experimental studies and the use of the comparative analysis method of milk production technologies. **Results and Conclusion.** The developed model takes into account the most significant factors influencing the favorable indoor environment for animals and staff. It provides the possibility of forecasting microclimate parameters when external and internal technological influences change in milk production management. The safe concentrations of CO₂, NH₃, and H₂S in a cow barn are maintained under at least three times air exchange and manure removal at least three times a day by fixed scraper con-

veyors or scraper units. Under certain conditions, this may not be sufficient. It is required to increase the air exchange up to four or more times or to remove manure more than three times a day. This depends on the type of gas, which exceeds the maximum permissible concentration. The concentrations of CH₄ and N₂O in a cow barn are low. The gases are safe for animals and personnel.

Keywords: information models, livestock buildings, cowsheds, cowshed microclimate, climatically active gases.

Citation. Vtoryi S. V. Information model showing formation of climate-active gases in the cow barn. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 513-523 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-54.

Author's contribution. The author fulfilled all the stages of research – designing and conducting investigations, data analysis and submitting the final version of the article.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

УДК 631.22:636.083

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ СРЕДЫ КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ГАЗОВ В КОРОВНИКЕ

Второй С. В., кандидат технических наук, старший научный сотрудник

*Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства –
филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Исследования проведены в рамках НИР FGUN-2025-0010 «Разработать экологически чистые технологии, комплексы машин и оборудование для управления сельскохозяйственными экосистемами при интенсивном и органическом производстве сельскохозяйственной продукции».

Актуальность. Коровье молоко – важный источник необходимых человеку питательных веществ. Для удовлетворения возрастающих потребностей населения изготовители молочной продукции должны постоянно увеличивать производство, что связано с затратами ресурсов и выходом загрязняющих окружающую среду продуктов жизнедеятельности животных. Моделирование обеспечивает прогнозирование, эффективное, экологически безопасное управление молочной фермой. **Цель исследований:** разработать информационную модель образования климатически активных газов в коровнике. **Материал и методы.** Основой для разработки информационной модели был монографический анализ отечественных и зарубежных научных публикаций, экспериментальные исследования и использование метода сравнительного анализа технологий производства молока. **Результаты и выводы.** Разработанная модель учитывает наиболее весомые факторы, влияющие на формирование благоприятной среды для животных и персонала, предоставляет возможность прогнозирования параметров микроклимата при изменении внешних и внутренних технологических воздействий при управлении процессом производства молока. Условием для поддержания безопасной концентрации CO₂, NH₃, H₂S в коровнике является обеспечение не менее трехкратного воздухообмена с уборкой навоза стационарными скребковыми транспортерами или скреперами установками не менее 3 раз в сутки. При определенных условиях этого может быть недостаточно и необходимо увеличить воздухообмен до 4 и более раз или убирать навоз более 3 раз в сутки в зависимости от вида газа, превышающего предельно допустимую концентрацию. Концентрация CH₄ и N₂O, образующихся в коровнике, невелика и газы безопасны для животных и персонала.

Ключевые слова: информационные модели, животноводческие помещения, коровники, микроклимат коровников, климатически активные газы.

Цитирование. Второй С. В. Информационная модель формирования среды климатически активных газов в коровнике. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 513-523. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-54.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования планировал, выполнял исследования, анализировал полученные данные и представил окончательный вариант статьи.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Производство продуктов животноводства является одной из основных отраслей сельского хозяйства, а коровье молоко – важный источник необходимых человеку питательных веществ. Чтобы удовлетворить всевозрастающие потребности населения, производители молочной продукции должны постоянно наращивать производство молока. Однако это связано с существенными материальными, трудовыми, энергетическими и финансовыми затратами. При этом продукты жизнедеятельности животных (экскременты и газы) отрицательно влияют на окружающую среду, загрязняя ее биогенными веществами и способствуя усилению парникового эффекта [1].

Климатически активные вещества (в нашем случае климатически активные газы – КАГ) углекислый газ (CO₂) и метан (CH₄) образуются в результате дыхания животных, внутренней ферментации и особенностей системы пищеварения, а аммиак (NH₃), закись азота

(N₂O) и сероводород (H₂S) являются производными от систем сбора и хранения навоза. Так, по разным источникам в процессе жизнедеятельности животных эмиссия газов может составлять: CO₂ – 82-163 л·ч/гол.; CH₄ – 14,8±2,3 г·ч/гол.; NH₃ – 1,13±0,34 г·ч/гол.; N₂O – 0,085±0,067 г·ч/гол. [2, 3]. Причем необходимо отметить, что результаты разных исследований различаются на порядок.

Проведенные нами исследования на фермах привязного содержания [4] показали, что вне помещения концентрация газов была: аммиака 0,55-0,62 мг/м³, углекислого газа 700-830 мг/м³, а в воздухе коровника содержалось аммиака 1,7-10 мг/м³, углекислого газа 1660-4250 мг/м³ в зависимости от сезона года и погодных условий.

При исследованиях в летний период вне помещения среднее значение концентрации газов составило: аммиака 0,55 мг/м³, сероводорода – 0,10 мг/м³, углекислого газа 666 мг/м³, метана 133 мг/м³. В этот же период концентрация газов в воздухе коровника с беспривязным содержанием была: аммиака 5,9 мг/м³ – 11,43 мг/м³, сероводорода 0,17-0,48 мг/м³, углекислого газа 3240-3670 мг/м³, метана 195 – 330 мг/м³ [5].

Накапливаясь внутри животноводческого помещения, КАГ представляют опасность не только для окружающей среды, но и для животных и обслуживающего персонала. Методическими рекомендациями [6] установлены их предельно допустимые концентрации: для углекислого газа – 2500 ppm, аммиака – 20 мг/м³, сероводорода – 5 мг/м³. Метан и закись азота не нормируются, т.к. не представляют опасности для животных и человека в существующих концентрациях, но являются парниковыми газами и содержание их в воздухе коровника должно быть минимально возможным.

Уровень выбросов парниковых газов (ПГ) CO₂, CH₄, N₂O измеряется коэффициентами выбросов в CO₂-экв. /гол*год или CO₂-экв. /кг молока*год. CO₂-эквивалент – это условная единица, которая измеряется в тоннах и обозначает, какому объёму углекислого газа равен объём выбросов отдельных газов с учетом их воздействия на климат. Коэффициент для углекислого газа равен 1,0, метана – 25, закиси азота – 298 [7].

Продуктивность коров существенно влияет на интенсивность выбросов ими парниковых газов. В развитых странах с годовым удоем молока более 7 тонн выбросы составляют менее 1,4 кг в CO₂-экв. на кг молока, а в слаборазвитых странах с продуктивностью коров 2 т и менее на голову в год выбросы составляют более 3 кг в CO₂-экв. на кг молока [8].

Для России при росте продуктивности коров и снижении их поголовья выбросы парниковых газов в системе утилизации навоза выросли с 2005 по 2019 гг. с 10,8 до 12,3 млн т в CO₂-экв., от внутренней ферментации выбросы снизились с 43,0 в 2005 г. до 39,1 млн т CO₂-экв. в 2019 г. [9].

Анализ, проведенный исследователями [10, 11], свидетельствует, что на КРС приходится 62-78 % выбросов парниковых газов от отрасли животноводства, или около 5 млн тонн в CO₂-эквиваленте. Объемы выбросов ПГ молочным и мясным скотом примерно равны.

Технологии производства молока взаимосвязаны с окружающей средой. Эти связи имеют многосторонний характер. Качественный анализ этих взаимосвязей с целью организации эффективного производства и минимизации экологического ущерба требует разработки и внедрения современных цифровых технологий [12].

При моделировании ряд факторов являются основными для формирования среды КАГ, образующихся на молочной ферме КРС. В то же время должны использоваться различные подходы для учета и других компонентов, влияющих на систему в целом в соответствии с целями моделирования. Для повышения точности результатов в модель необходимо включать информационно-расчетные модули, содержащие данные о животных, проектно-технологических решениях коровников, технологии содержания и обслуживания животных, климате [13, 14, 15].

Модели должны стать эффективным решением проблем животноводства в связи с изменением климата, технологий производства молока и других особенностей путем принятия необходимых мер по снижению выбросов КАГ с учетом особенностей развития общества.

Цель исследований: путем анализа зарубежных и отечественных научно-технических публикаций и по результатам экспериментальных исследований разработать информационную модель формирования среды климатически активных газов в коровнике.

Материал и методы. Результаты монографических исследований, анализа отечественных и зарубежных научных публикаций, использование метода сравнительного анализа технологий производства молока обеспечили разработку информационной модели формирования среды климатически активных газов в коровнике. Были рассмотрены разде-

лы по производству молока некоторых Региональных программ развития АПК, данных Росстата [16] с анализом целевых показателей на 2025-2030 годы, ряда других нормативно-справочных источников [17].

В модели используется два метода расчета показателей выбросов КАГ в коровниках. Первый метод основан на методике МГЭИК [18] при расчете выбросов CH_4 от энтеральной ферментации крупного рогатого скота и выбросов CH_4 и N_2O при уборке и хранении навоза.

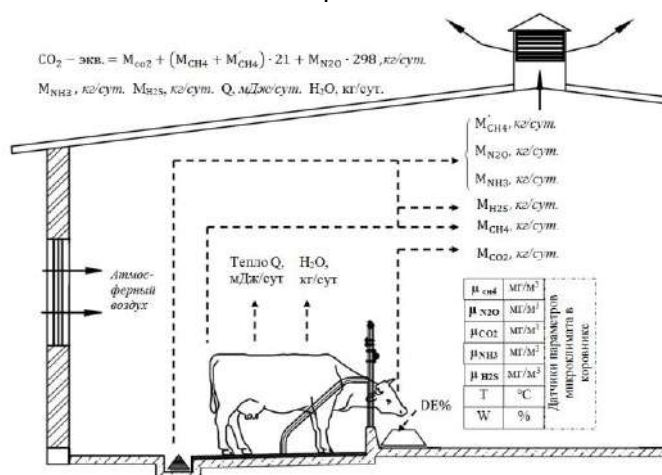
При расчете объема выбросов CH_4 и N_2O от энтеральной ферментации важнейшим вопросом является система кормления коров, состав их рациона. При расчетах параметров модели используются типовые рационы с учетом продуктивности и массы животных [19].

Суточный выход навоза зависит от целого ряда факторов, но основными являются масса коровы и ее продуктивность. Расчет объема выхода навоза в модели основан на результатах исследований [20] и установленных ими закономерностей.

Второй метод расчета базируется на использовании данных измерений состояния воздушной среды, концентрации CO_2 и NH_3 непосредственно в исследуемом коровнике. Разработанная в ИАЭП – филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ система измерения параметров микроклимата коровника многократно использовалась при проведении исследований непосредственно на действующих фермах Ленинградской области [4]. Полученные экспериментальные данные используются при моделировании. Основу этого метода составляет расчет воздухообмена между воздушной средой коровника и внешней средой, где индикаторным газом является CO_2 [21]. Объем выбросов CO_2 коровами при дыхании в зависимости от массы и суточной продуктивности соответствует рекомендациям [6]. Следует отметить, что выбросы CO_2 из навоза составляют 2-3 % от выбросов при дыхании и не играют существенной роли в формировании микроклимата коровника.

Для расчета параметров воздушной среды использованы проектно-технологические решения и результаты исследований действующего типового коровника на 200 голов с привязным содержанием.

Результаты и обсуждение. Климатически активные газы являются составной частью микроклимата коровника и оказывают негативное влияние на физиологическое состояние животных и обслуживающего персонала. Их концентрация формируется из нескольких источников: это непосредственно животные и их экскременты, смешанные с подстилкой (навоз), а также она зависит от интенсивности воздухообмена с окружающей средой. На рисунке 1 представлена принципиальная схема информационной модели формирования среды климатически активных газов в коровнике.



DE% – переваримость кормов, %;

M_{CH_4} – масса выбросов метана животным от энтеральной ферментации, кг/сут.;

M'_{CH_4} – масса выбросов метана из навоза, кг/сут.;

$M_{\text{N}_2\text{O}}$ – масса выбросов закиси азота из навоза, кг/сут.;

M_{NH_3} – масса выбросов аммиака из навоза, кг/сут.;

M_{CO_2} – масса выбросов углекислого газа, кг/сут.;

$M_{\text{H}_2\text{S}}$ – масса выбросов сероводорода, кг/сут.;

$\text{CO}_2\text{-экв.}$ – масса выбросов парниковых газов в $\text{CO}_2\text{-экв.}$ кг/сут.

Рисунок 1 – Принципиальная схема информационной модели формирования среды климатически активных газов в коровнике

Figure 1 – Principal scheme of the information model showing how the environment of climate-active gases forms in a cow barn

При исследованиях в конкретном коровнике устанавливаются датчики измерения параметров микроклимата в помещении (рисунок 1) и наружного воздуха для контроля и расчета параметров.

Модель состоит из трех основных блоков: блок технологических исходных данных (блок 1), блок экспериментальных исходных данных (блок 2), блок расчетных показателей (блок 3).

В блоке 1 представлены характеристики помещения для содержания коров, системы навозоудаления, принудительной вентиляции, показатели средней продуктивности и массы животных, содержание в рационе обменной энергии и сухого вещества, использование подстилки и некоторые другие данные, требуемые для расчетов.

В блоке 2 необходимо иметь данные о температуре, относительной влажности, скорости движения наружного и внутреннего воздуха, концентрации углекислого газа, аммиака, метана и закиси азота.

Блок 3 содержит математические зависимости для расчета основных показателей микроклимата коровника.

В соответствии с принципиальной схемой информационной модели (рисунок 1) выполняется расчет суточного выхода навоза на голову в зависимости от продуктивности и массы коров по выражению (1):

$$Q_n = 12,165 + 0,0201 \times M_{ж} + 2,4775 \times U_{ж} + p, \quad (1)$$

где Q_n – выход навоза, кг/гол. сут.; $M_{ж}$ – масса животного, кг.; $U_{ж}$ – средний суточный удой, кг/гол.; p – подстилка, кг/гол. сут.

Расчет часовых выбросов углекислого газа одним животным (2):

$$M_{CO_2} = -15,7521 + 0,435 \times M_{ж} + 0,0418 \times U_{ж}^2 + 0,0022135 \times M_{ж} \times U_{ж}, \quad (2)$$

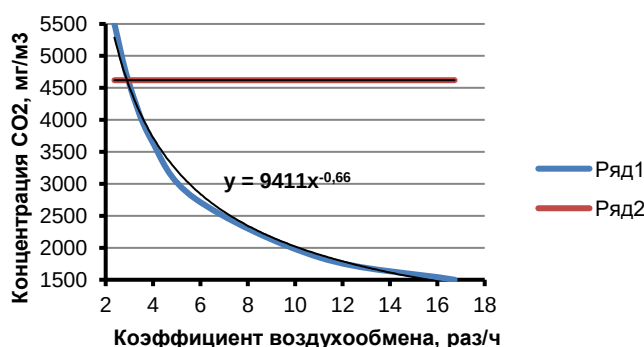
где M_{CO_2} – выброс CO_2 , г/гол. ч.

Далее производится расчет коэффициента воздухообмена между помещением и внешней средой k_u , который может определяться двумя способами. При принудительной системе вентиляции воздухообмен рассчитывается исходя из производительности вентиляторов по известным выражениям. При естественной системе вентиляции применяется метод косвенных измерений с использованием индикаторного газа [21], в нашем случае – углекислого газа.

Концентрация углекислого газа в коровнике определяется выражением (3):

$$\mu_{CO_2} = \frac{M_{CO_2} \times n \times 1000}{V_k \times k_u}, \quad (3)$$

где μ_{CO_2} – концентрация углекислого газа в коровнике, мг/м³; n – поголовье коров в коровнике, гол.; V_k – внутренний объем коровника, м³; k_u – коэффициент воздухообмена воздушной среды коровника с окружающей средой, раз/ч.



Ряд 1 – концентрация CO_2 , мг/м³.

Ряд 2 – предельно допустимая концентрация CO_2 , мг/м³.

Row 1 – CO_2 concentration, mg/m³.

Row 2 – maximum permissible concentration of CO_2 , mg/m³.

Рисунок 2 – Зависимость концентрации CO_2 от коэффициента воздухообмена в коровнике
Figure 2 – Dependence of CO_2 concentration on air exchange coefficient in a cow barn

На рисунке 2 представлена зависимость концентрации углекислого газа (малоопасен, 4-й класс опасности) от коэффициента воздухообмена в коровнике (ряд 1), где видно, что предельно допустимая концентрация (ПДК) CO_2 4620 мг/м^3 (2500 ppm) наступает при кратности воздухообмена 2,95 (ряд 2).

Производится расчет массы выбросов отдельных климатически активных газов в помещение коровника.

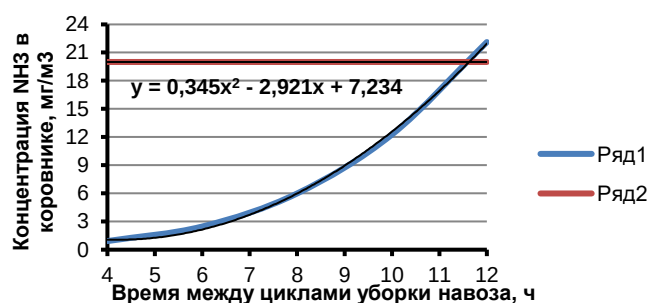
Аммиак NH_3 (малоопасен, 4-й класс опасности), имеет установленную ПДК для крупного рогатого скота равную 20 мг/м^3 [22].

Расчет концентрации аммиака в коровнике μ_{NH_3} за заданный промежуток времени выполняется по выражению (4):

$$\mu_{\text{NH}_3} = \frac{Q_n \times t \times g \times n}{24 \times V_k \times k_u}, \quad (4)$$

где μ_{NH_3} – концентрация аммиака в коровнике за заданный промежуток времени, мг/м^3 ; t – время между циклами уборки навоза, ч; g – выброс NH_3 из навоза за заданный промежуток времени, мг/кг .

На рисунках 3 и 4 представлены зависимости концентрации аммиака в коровнике от времени циклов уборки навоза и коэффициента воздухообмена. Здесь явно прослеживается, что чем реже убирается навоз при снижении интенсивности воздухообмена, тем выше концентрации NH_3 .



Ряд 1 – концентрация NH_3 , мг/м^3 .

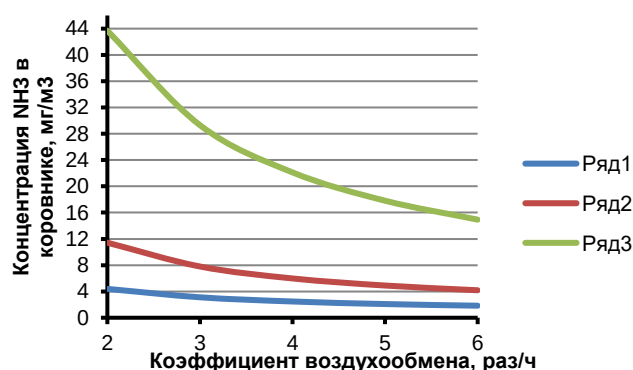
Ряд 2 – предельно допустимая концентрация NH_3 , мг/м^3 .

Row 1 – NH_3 concentration, mg/m^3 .

Row 2 – maximum permissible concentration of NH_3 , mg/m^3 .

Рисунок 3 – Зависимость концентрации NH_3 от времени между циклами уборки навоза

Figure 3 – Dependence of NH_3 concentration on time between manure removal cycles



Ряд 1 – 4 раза в сутки уборка навоза;

Ряд 2 – 3 раза в сутки уборка навоза;

Ряд 3 – 2 раза в сутки уборка навоза.

Row: 1 – 4 times a day manure removal;

Row: 2 – 3 times a day: manure removal;

Row: 3 – 2 times a day manure removal.

Рисунок 4 – Влияние воздухообмена на концентрацию аммиака в коровнике

Figure 4 – Effect of air exchange on ammonia concentration in a cow barn

Метан (малоопасен, 4-й класс опасности) в коровник поступает за счет энтеральной ферментации кормов в системе пищеварения животного и выделяется из навоза, находящегося в помещении. Расчет производится по выражению (5):

$$\mu_{\text{CH}_4} = \frac{(EF_{\text{CH}_4}^3 + EF_{\text{CH}_4}^H \times t) \times n \times 1000}{V_k \times k_u}, \quad (5)$$

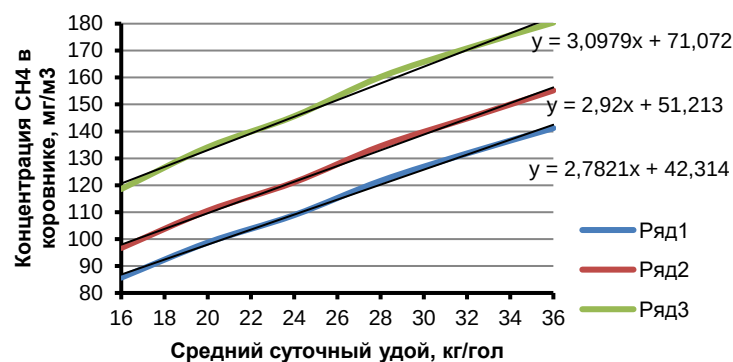
где μ_{CH_4} – концентрации метана в коровнике за заданный промежуток времени, мг/м³; $EF_{\text{CH}_4}^3$ – коэффициент выбросов CH₄ от энтеральной ферментации, г/гол. ч; $EF_{\text{CH}_4}^H$ – коэффициент выбросов CH₄ из навоза, г/гол. ч.

Для расчета выбросов метана от энтеральной ферментации ($EF_{\text{CH}_4}^3$) большое значение имеет переваримость кормов DE, поедаемых животным (6):

$$DE = -0,008 \times U_{\text{ж}}^2 + 1,121 \times U_{\text{ж}} + 50,8, \quad (6)$$

где DE – переваримость кормов, %.

На уровень концентрации метана в коровнике существенное влияние оказывает воздухообмен, что представлено на рисунке 5. С ростом кратности воздухообмена концентрация метана снижается. Следует отметить, что метан не является опасным газом, он не имеет показателя установленной предельно допустимой концентрации для животноводческих помещений.



Ряд 1 – при уборке навоза 4 раза в сутки;
Ряд 2 – при уборке навоза 3 раза в сутки;
Ряд 3 – при уборке навоза 2 раза в сутки.
Row 1 – when manure is removed 4 times a day;
Row 2 – when manure is removed 3 times a day;
Row 3 – when removing manure 2 times a day.

Рисунок 5 – Концентрация метана в коровнике в зависимости от среднего суточного удоя и кратности уборки навоза

Figure 5 – Methane concentration in a cow barn as a function of average daily milk yield and manure removal rate

Сероводород H₂S является высокоопасным газом 2-го класса опасности, его концентрация в коровнике не должна превышать 5 мг/м³; источником является навоз.

По результатам исследований нами получена зависимость выбросов сероводорода из навоза $M_{\text{H}_2\text{S}}$ от времени между циклами уборки навоза (7):

$$M_{\text{H}_2\text{S}} = -0,003 \times t^2 + 0,288 \times t - 0,364, \quad (7)$$

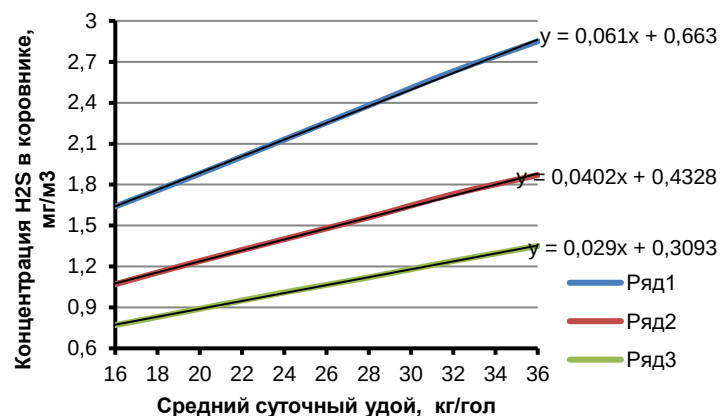
где $M_{\text{H}_2\text{S}}$ – удельные выбросы сероводорода из 1 кг навоза, мг/кг навоза.

Концентрация сероводорода в коровнике определяется выражением (8):

$$\mu_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{M_{\text{H}_2\text{S}} \times Q_{\text{н}} \times n}{V_k \times k_u}, \quad (8)$$

где $\mu_{\text{H}_2\text{S}}$ – концентрация сероводорода в коровнике, мг/м³.

На рисунке 6 представлена зависимость концентрации сероводорода в коровнике от суточного удоя и кратности уборки навоза. Так, при 2-х кратной уборке навоз находится в коровнике в среднем 12 часов, при 3-х кратной уборке 8 часов, при 4-х кратной уборке 6 часов. Соответственно, и концентрация сероводорода в первом случае будет выше по сравнению с другими газами, при этом не превышает ПДК.



Ряд 1 – при уборке навоза 2 раза в сутки;
Ряд 2 – при уборке навоза 3 раза в сутки;
Ряд 3 – при уборке навоза 4 раза в сутки.
Row 1 – when removing manure 2 times a day;
Row 2 – when manure is removed 3 times a day;
Row 3 – when removing manure 4 times a day.

Рисунок 6 – Концентрация сероводорода в коровнике в зависимости от среднего суточного удоя и кратности уборки навоза

Figure 6 – Concentration of hydrogen sulphide in a cow barn depending on average daily milk yield and manure removal rate

Закись азота N_2O относится к малоопасным веществам, имеет 4-ый класс опасности и не имеет ПДК для животноводческих помещений. В то же время это очень активный парниковый газ, его активность в 295 раз больше, чем углекислого газа.

В результате исследований с использованием методики МГЭИК [18] получена зависимость (9):

$$\mu_{N_2O} = \frac{0,1054 \times M_{ж} \times n}{V_k \times k_u}, \quad (9)$$

где μ_{N_2O} – концентрация N_2O в коровнике, мг/м³.

На рисунке 7 представлена зависимость концентрации N_2O от массы коровы при коэффициенте воздухообмена равном 4.

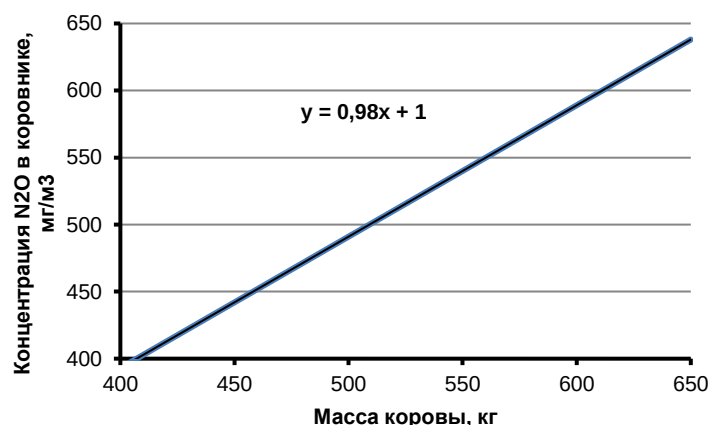


Рисунок 7 – Зависимость концентрации N_2O в коровнике от массы коровы

Figure 7 – Dependence of N_2O concentration in a cow barn on cow weight

На рисунке 8 представлена зависимость концентрации N_2O от коэффициента воздухообмена при массе коровы 600 кг.

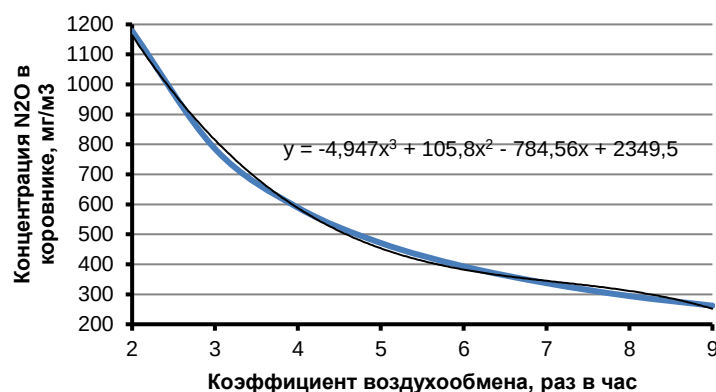


Рисунок 8 – Зависимость концентрации N₂O в коровнике от коэффициента воздухообмена
Figure 8 – Dependence of N₂O concentration in a cow barn on air exchange coefficient

Формирование воздушной среды коровника – сложный многофакторный процесс, в котором взаимодействуют коровы, объемно-планировочные решения помещений для содержания животных, внешние природно-климатические условия, инженерно-технологическое оборудование, система организации труда. Безусловно, требуются дальнейшие исследования по выявлению математических зависимостей и уточнению коэффициентов выбросов КАГ с учетом природно-климатических и социально-экономических региональных особенностей, где расположена молочная ферма.

Заключение. Моделирование процесса формирования газовой среды коровника производилось с использованием данных зарубежных и отечественных ученых, а также результатов собственных исследований. Основными газами, представляющими опасность для здоровья животных и персонала, загрязняющими окружающую среду и создающими парниковый эффект, являются углекислый газ, аммиак, сероводород, метан и закись азота. CO₂, NH₃ и H₂S имеют установленные для животноводческих помещений ПДК.

Концентрации газов в коровнике зависят от технологии содержания и обслуживания животных, могут варьироваться в следующих пределах: CO₂ 1500-5500 мг/м³, NH₃ 0,92-22,12 мг/м³, CH₄ 98,7-180,4 мг/м³.

Условием для поддержания безопасной концентрации CO₂, NH₃, H₂S в коровнике является обеспечение не менее трехкратного воздухообмена с уборкой навоза стационарными скребковыми транспортерами или скреперными установками не менее 3 раз в сутки. При определенных условиях этого может быть недостаточно, и тогда необходимо увеличить воздухообмен до 4-х и более раз или убирать навоз более 3-х раз в сутки в зависимости от вида газа, превышающего ПДК.

Разработанная модель учитывает наиболее весомые факторы, влияющие на формирование благоприятной среды для животных и персонала, предоставляет возможность прогнозирования параметров микроклимата при изменении внешних и внутренних технологических воздействий при управлении процессом производства молока.

Conclusions. Creation of the gaseous environment in a cow barn was modelled by the data from national and foreign research, and the results of our own studies. Carbon dioxide, ammonia, hydrogen sulphide, methane and nitrous oxide are the main gases that endanger animal and human health, pollute the environment, and cause the greenhouse effect. CO₂, NH₃ and H₂S have the established MACs for livestock houses.

Gas concentrations in a cow barn depend on the animal housing and servicing practices. They can vary in the following ranges: CO₂ – 500-5500 mg/m³, NH₃ – 0.92-22.12 mg/m³, CH₄ – 98.7-180.4 mg/m³.

The safe concentrations of CO₂, NH₃, and H₂S in a cow barn are maintained under at least three times air exchange and manure removal at least three times a day by fixed scraper conveyors or scraper units. Under certain conditions, this may not be sufficient and then it is necessary to increase the air exchange to four or more times or to remove manure more than three times a day, depending on the type of gas exceeding the MAC.

The developed model takes into account the most significant factors that influence the creation of a favorable environment for animals and personnel. It allows forecasting the indoor climate parameters under changing external and internal technological influences in milk production management.

Библиографический список.

1. Брюханов А. Ю., Попов В. Д., Васильев Э. В., Папушин Э. А. Концепция управления экологической безопасностью агроэкосистем. *АгроЭкоИнженерия*. 2022. № 4 (113). С. 4-18.
2. Rzeźnik W., Mielcarek P., Rzeźnik I. Effect of season on gases emissions from free-stall barns for dairy cows. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 2016. Vol. 61 (2). Pp. 86-91.
3. Broucek J. Production of methane emissions from ruminant husbandry: A review. *Journal of Environmental Protection*. 2014. Vol. 5 (15). Pp. 1482-1493.
4. Вторый С. В., Вторый В. Ф. Микроклимат коровников с привязным содержанием. СПб.: ИАЭП, 2023. 145 с.
5. Вторый В. Ф., Вторый С. В., Базыкин В. И. Результаты исследований концентраций климатически активных газов в коровнике с беспривязным содержанием. *АгроЭкоИнженерия*. 2022. № 4 (113). С. 114-121.
6. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота: РД-АПК 1.10.01.01-18. М.: Росинформагротех, 2018. 167 с.
7. CO₂-эквивалент. <https://plus-one.ru/sustainability/co2-ekvivalent/>
8. De Vries M., Zahra W., Wouters A., van Middelaar C., Oosting S., Tiesnamurti B., Vellinga T. Entry points for reduction of greenhouse gas emissions in small-scale dairy farms: Looking beyond milk yield increase. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2019. Vol. 3. P. 49.
9. Иванов Ю. А. Стратегические направления развития молочного скотоводства. *Техника и технологии в животноводстве*. 2022. № 2 (46). С. 18-23.
10. Петрунина И. В., Горбунова Н. А. Системные меры по снижению выбросов парниковых газов в животноводческих хозяйствах. Обзор. *Пищевые системы*. 2022. № 5 (3). С. 202-211.
11. Комлацкий Г. В. Технологические аспекты снижения выбросов парниковых газов в животноводстве. *Научный журнал КубГАУ*. 2022. № 181 (07). С. 116-126.
12. Максимов Д. А., Брюханов А. Ю., Васильев Э. В., Папушин Э. А., Матейчик С. Н. Информационно-аналитическая система обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственного производства. *Известия НВ АУК*. 2024. № 1 (73). С. 337-346.
13. Jose V. S., Sejian V., Bagath M., Ratnakaran A. P., Lees A. M., et al. Modeling of greenhouse gas emission from livestock. *Frontiers in Environmental Science*. 2016. V. 4. P. 27.
14. Kucuktopcu E., Seyfi S. U., Mustaqimah M., Cemek B. Computational fluid dynamics modeling of environmental conditions in a naturally ventilated free-stall dairy barn. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*. 2022. Vol. 39 (3). Pp. 176-184.
15. Veltman K., Rotz C. A., Chase L., Cooper J., Forest C. E., et al. Assessing and reducing the environmental impact of dairy production systems in the northern US in a changing climate. *Agricultural Systems*. 2021. Vol. 192 (3). P. 103170.
16. Регионы России: социально-экономические показатели. 2023. М.: Росстат, 2023. 1128 с.
17. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990-2021 гг. М.: Росгидромет, 2023. Ч.1. 479 с.
18. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006 г. Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования. 2006. Том 4. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol4.html>
19. Волгин В. И., Романенко Л. В., Прохоренко П. Н., Федорова З. Л., Корочкина Е. А. Полноценное кормление молочного скота – основа реализации генетического потенциала продуктивности. М.: РАН, 2018. 260 с.
20. Текучев И. К., Черновол Ю. Н. Зависимости объема выделяемых коровой экскрементов от ее продуктивности. *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. 2017. № 1 (25). С. 40-43.
21. Вторый В. Ф., Вторый С. В. CO₂ как индикаторный газ для определения воздухообмена в коровнике. *Аграрный научный журнал*. 2023. № 10. С. 154-160.
22. Гордеев В. В., Миронова Т. Ю., Ильин Р. М., Миронов В. Н. Эмиссия аммиака из навоза КРС в зависимости от его влажности и площади поверхности. *АгроЭкоИнженерия*. 2020. № 3 (104). С. 87-94.

References

1. Briukhanov A. Yu., Popov V. D., Vasilev E. V., Papushin E. A. Management concept of ecological safety of agro-ecosystems. *AgroEcoEngineering*. 2022. Vol. 4 (113). Pp. 4-18.
2. Rzeźnik W., Mielcarek P., Rzeźnik I. Effect of season on gases emissions from free-stall barns for dairy cows. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 2016. Vol. 61 (2). Pp. 86-91.
3. Broucek J. Production of methane emissions from ruminant husbandry: A review. *Journal of Environmental Protection*. 2014. Vol. 5 (15). Pp. 1482-1493.
4. Vtoryi S. V., Vtoryi V. F. Microclimate in cow barns with tied housing. Saint Petersburg: IEEP Publ, 2023. 145 p.
5. Vtoryi V. F., Vtoryi S. V., Bazykin V. I. Research results of greenhouse gases in a cow barn with loose housing. *AgroEcoEngineering*. 2022. Vol. 4 (113). Pp. 114-121.
6. Recommended Practice for Engineering Designing of Cattle Farms and Complexes: Management Directive for Agro-Industrial Complex RD-APK 1.10.01.01-18. Moscow: Rosinformagrotekh, 2018. 167 p.
7. Carbon dioxide equivalent. <https://plus-one.ru/sustainability/co2-ekvivalent/>
8. De Vries M., Zahra W., Wouters A., van Middelaar C., Oosting S., Tiesnamurti B., Vellinga T. Entry points for reduction of greenhouse gas emissions in small-scale dairy farms: Looking beyond milk yield increase. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2019. Vol. 3. P. 49.
9. Ivanov Yu. A. Strategic directions of dairy cattle breeding development. *Machinery and Technologies in Livestock*. 2022. Vol. 2 (46). Pp. 18-23.
10. Petrunina I. V., Gorbunova N. A. Systemic measures on reduction of greenhouse gas emissions in animal husbandry enterprises. A review. *Food systems*. 2022. Vol. 5 (3). Pp. 202-211.
11. Komlatsky G. V. Technological aspects of greenhouse gases emission reduction in livestock. *Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2022. Vol. 181 (07). Pp. 116-126.
12. Maksimov D. A., Briukhanov A. Yu., Vasilev E. V., Papushin E. A., Mateichik S. N. Information and analytical system to ensure environmental safety of agricultural production. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2024. Vol. 1 (73). Pp. 337-346.

13. Jose V. S., Sejian V., Bagath M., Ratnakaran A. P., Lees A. M., et al. Modeling of greenhouse gas emission from livestock. *Frontiers in Environmental Science*. 2016. Vol. 4. P. 27.
14. Kucuktopcu E., Seyfi S. U., Mustaqimah M., Cemek B. Computational fluid dynamics modeling of environmental conditions in a naturally ventilated free-stall dairy barn. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*. 2022. Vol. 39 (3). Pp. 176-184.
15. Veltman K., Rotz C. A., Chase L., Cooper J., Forest C. E., et al. Assessing and reducing the environmental impact of dairy production systems in the northern US in a changing climate. *Agricultural Systems*. 2021. Vol. 192 (3). P. 103170.
16. Regions of Russia: socio-economic indicators. 2023. Moscow: Rosstat, 2023. 1128 p.
17. National Report on the Cadastre of Anthropogenic Emissions from Sources and Absorptions by Sinks of Greenhouse Gases of Russian Federation Not Regulated by Montreal Protocol for 1990–2021. Moscow: Roshydromet Publ, 2023. Part 1. 479 p. <https://unfccc.int/documents/631719>
18. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use. 2006. Vol. 4. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol4.html>
19. Volgin V. I., Romanenko L. V., Prokhorenko P. N., Fedorova Z. L., Korochkina E. A. Full feeding dairy cattle is the basis of realization of the genetic productivity potential. Moscow: RAN, 2018. 260 p.
20. Tekuchev I. K., Chernovol Yu. N. Dependences of the volume of excreta produced by a cow on its productivity. *Bulletin of the All-Russian Research Institute of Mechanization of Animal Husbandry*. 2017. Vol. 1 (25). Pp. 40-43.
21. Vtoryi V. F., Vtoryi S. V. CO₂ as a tracer gas for determining the air exchange in a cow barn. *Agrarian Scientific Journal*. 2023. Vol. 10. Pp. 154-160.
22. Gordeev V. V., Mironova T. Yu., Ilin R. M., Mironov V. N. Ammonia emission from cattle manure depending on its moisture content and surface area. *AgroEcoEngineering*. 2020. Vol. 3 (104). Pp. 87-94.

Информация об авторах

Второй Сергей Валерьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское ш., 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7169-1625>, e-mail: 2vt_1981@list.ru

Author's Information

Vtoryi Sergey Valerievich, Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher, the Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – the branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filrtovskoje Shosse, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7169-1625>, e-mail: 2vt_1981@list.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-55

THE USE OF DIGITALIZATION TOOLS TO ASSESS THE TECHNICAL CONDITION OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES IN THE AGRICULTURAL COMPLEX

¹Miroshnichenko Yu. A., ¹Gamayunov P. P., ¹Krovyakov S. V., ²Fomin S. D.

¹*Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (SSTU)
Saratov, Russian Federation*

²*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: juliaaslioness@mail.ru

Received 10.04.2025

Submitted 02.06.2025

Resume

The article considers the issue of implementing intelligent information systems based on digital tools at agricultural enterprises in order to assess the technical condition of units and components of transport and technological machines (tractors). Based on the results of the study, recommendations are given for the implementation of a fuzzy expert system into the structural diagram of an intelligent information system, designed to assess parameters that are difficult to formalize, and allowing to reduce the expert's work time for interpreting the obtained data.

Abstract

Introduction. The article discusses the use of intelligent information systems to assess the technical condition of transport and technological machines (TTMS) based on artificial neural networks and expert analytical systems of fuzzy inference. This concept of using digital tools is proposed for implementation at agricultural enterprises, in particular, for assessing the technical condition of tractors. Based on the analysis of the experience of scientists, the place of the fuzzy expert system in the structure of the intelligent information system for assessing the technical condition of a transport and technological machine and, in particular, a tractor is determined. This expert system is designed to assess parameters that are difficult to formalize, and will allow the intelligent information system not only to predict and prevent possible failure of TTM units and assemblies, but also to reduce the time of the expert's work on interpreting the obtained data. In addition, the fuzzy expert system makes it possible to evaluate TTM not only from the standpoint of technical condition, but also such characteristics as the directional stability of a tractor-transport train, the condition of the towing hitch (uncoupling the tractor and trailer in route threatens the loss and/or damage of the cargo) and other parameters, the value of which can negatively affect the transportation of agricultural goods.

Object. The process of assessing the technical condition of the transport and technological machine (trac-

tor). **Relevance.** The operation of TTM is complicated by a decrease in their performance due to unforeseen failures, as well as deterioration of the technical condition. The engineering and technical service (ITS) of the agricultural enterprise is engaged in maintaining the working condition and repairing TTM by introducing new approaches, technical operations in the context of a complex of technical maintenance and repair (M&R). The assessment of the effective operation of the TTM is usually made on the basis of actual reliability data, the main ones of which are traditionally recognized as the average time between failures and the availability factor, which are usually insufficient to assess the level of organization of the operation of the TTM of an agricultural enterprise [1]. As a result of the analysis of reliability indicators, solutions are developed for assessing the technical condition of the TTM at an agricultural enterprise based on fuzzy neural networks. In light of the proven increase in the reliability of vehicles with the introduction of intelligent information systems for assessing the technical condition, the topic of the study seems relevant. **Materials and methods.** The article describes the methodology for constructing intelligent information systems for assessing the technical condition of TTM based on artificial neural networks and proposes the introduction of fuzzy expert systems into the system. **Results and discussion.** Based on the results of the study, proposals have been formed to improve intelligent information systems for assessing the technical condition of TTMS (tractors) at agricultural enterprises, which consist in introducing fuzzy expert systems into the structural scheme. This innovation will increase the speed of interpretation by an expert of disparate data, including information on the technical condition of units and assemblies and other information about the operation of the tractor for making and transmitting to the car dealer's service center a decision on making changes to the design of this model.

Keywords: artificial neural networks (ANN), transport and technological machine (TTM), intelligent systems, assessment of technical condition reliability, agro-complex, internal combustion engine (ICE).

Citation. Miroshnichenko Yu. A., Gamayunov P. P., Krovyakov S. V., Fomin S. D. The use of digitalization tools to assess the technical condition of transport and technological machines in the agricultural complex. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 523-532 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-55.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 338.436.33:004

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН В АГРОКОМПЛЕКСЕ

¹Мирошниченко Ю. А., кандидат технических наук, доцент

¹Гамаюнов П. П., доктор технических наук, профессор

¹Кровяков С. В., аспирант

²Фомин С. Д., доктор технических наук, доцент

¹ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет имени Гагарина Ю. А.»

г. Саратов, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрено применение интеллектуальных информационных систем для оценки технического состояния транспортно-технологических машин (ТТМ) на основе искусственных нейронных сетей и экспертно-аналитических систем нечёткого вывода. Данная концепция применения цифрового инструментария предлагается к внедрению на предприятиях агрокомплекса, в частности для оценки технического состояния тракторов. На основе анализа опыта учёных определено место экспертно-аналитической системы нечёткого вывода в структуре интеллектуальной информационной системы оценки технического состояния транспортно-технологической машины (трактора). Данная экспертная система предназначена для оценки сложноформализуемых параметров. Она позволит интеллектуальной информационной системе не только прогнозировать и предотвращать возможный отказ агрегатов и узлов ТТМ, но и сократить время работы эксперта по интерпретации полученных данных. **Объект.** Процесс оценки технического состояния транспортно-технологической машины (трактора).

Актуальность. Эксплуатация ТТМ осложняется при снижении их работоспособности вследствие непредвиденных отказов, а также ухудшения технического состояния. Сохранением рабочего состояния и ремонтом ТТМ занимается инженерно-техническая служба (ИТС) агропредприятия путём внедрения новых подходов, технических операций в контексте комплекса технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Оценка эффективной эксплуатации ТТМ обычно производится на базе фактических данных о надёжности, главными из которых традиционно признаются средняя наработка

между отказами и коэффициент готовности, которых обычно недостаточно для оценки уровня организации эксплуатации ТТМ агропредприятия [1]. В результате анализа показателей надёжности выработываются решения для проведения оценки технического состояния ТТМ на агропредприятии на основе искусственных нейронных сетей. В свете доказанного повышения надёжности транспортных средств при внедрении интеллектуальных информационных систем оценки технического состояния на основе инструментария цифровизации тема исследования представляется актуальной.

Материалы и методы. В статье описывается методика построения интеллектуальных информационных систем оценки технического состояния ТТМ на основе искусственных нейронных сетей и предлагается внедрение в систему нечётких экспертных систем. **Результаты и обсуждение.** По результатам исследования сформированы предложения по совершенствованию интеллектуальных информационных систем оценки технического состояния ТТМ (тракторов) на предприятиях АПК, которые заключаются во внедрении в структурную схему экспертно-аналитических систем нечёткого вывода. Данное нововведение позволит повысить скорость интерпретации экспертом разрозненных данных, включающих информацию о техническом состоянии агрегатов и узлов и прочих сведений о работе трактора для принятия и передачи в сервисный центр автодилера решения о внесении изменений в конструкцию данной модели. Помимо этого, нечёткая экспертная система даёт возможность оценки ТТМ не только лишь с позиции технического состояния, но и таких характеристик, как курсовая устойчивость тракторно-транспортного поезда, состояние тягово-сцепного устройства (расцепка трактора и прицепа в пути грозит утратой и/или повреждением груза) и другие параметры, значение которых может негативно отразиться при перевозке сельскохозяйственных грузов.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети (ИНС), транспортно-технологические машины (ТТМ), интеллектуальные системы, оценка надёжности технического состояния, агрокомплексы, двигатели внутреннего сгорания (ДВС).

Цитирование. Мирошниченко Ю. А., Гамаюнов П. П., Кровяков С. В., Фомин С. Д. Использование инструментария цифровизации для оценки технического состояния транспортно-технологических машин в агрокомплексе. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 523-532. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-55.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В процессе работы ТТМ теряют изначальную производительность, показатели надёжности снижаются. Существенно влияют на их работоспособность внезапные отказы, приводящие к неисправному, совершенно неработоспособному состоянию. Причиной отказов в большинстве случаев являются внезапная смена рабочих режимов и увеличение нагрузки извне. Помимо этого, периодически отказы являются следствием неудовлетворительного состояния машины в техническом плане или сбоем функционирования какой-либо системы.

Потеря работоспособности, то есть наступление отказов, характеризуется абсолютной невозможностью выполнения предписанных задач. Наиболее нежелательно их возникновение в случае невозможности быстрого и низкозатратного восстановления работоспособности.

Сохранением и восстановлением работоспособности занимаются инженерно-технические службы предприятий агрокомплекса, владельцев ТТМ. Общее количество работ заключается в соблюдении требований регламента – плана проведения технического обслуживания и ремонта (ТОиР), проводимых с заданной регулярностью. Выполнение данной работы снижает риск внезапного отказа.

Система ТОиР представляет собой комплекс согласуемых между собой инструментов, нормативной базы ТОиР и специалистов, способных поддерживать и восстанавливать объекты, входящие в неё. В системе также предусматриваются плановые ТО (каждую смену, период или сезон) и ремонта (капитального, среднего и текущего). Выполняется ТОиР в соответствии с данными диагностики ТТМ, и затем строятся прогнозы технического состояния ТТМ и период до достижения ею неработоспособного состояния, делается вывод о её дальнейшем использовании, а также необходимость внеплановых ТОиР. В результате анализа текущей работоспособности ТТМ выполняется внеплановое ТО, а при выявлении неудовлетворительного технического состояния проводится внеплановый ремонт [10].

Обеспечение исправного состояния машины часто имеет более высокую стоимость, чем выполненные ею часы работы, и, как правило, часы за весь жизненный цикл существенно дороже цены новой машины. Снижение затрат в данном случае возможно посредством максимизации результативности работы интеграцией инструментария цифровизации

для диагностики технического состояния, позволяющей замедлить скорость изнашивания элементов и снизить вероятность отказа при работе на линии. Повышение количества специализированных элементов машин и инновационные элементы в конструкции обязывают специалистов разрабатывать новейшие средства диагностирования, в основном – встраиваемые, работающие непосредственно в машинах. Однако их проблемным местом чаще всего выступает оценка технического состояния узлов и агрегатов по отдельности, без учета данных о работе прочих элементов, что снижает степень достоверности полученной информации. Сами по себе встраиваемые диагностические элементы не используют алгоритмы аналитики элементов ТТМ, а лишь записывают отдельные показатели неисправности. Кроме того, встроенные диагностические приборы не содержат систем аналитики неисправности ТТМ по заданным показателям, данная задача закреплена за оператором-экспертом.

Динамично развивается направление, определяющее качество предлагаемых диагностических инструментов, позволяющих составлять прогнозы вероятности отказов ТТМ – использование цифрового интеллектуального инструментария с целью аналитики диагностической информации, среди которых искусственные нейронные сети, повышающие качество отслеживания технической исправности ТТМ, и экспертно-аналитические системы нечёткого вывода, способные имитировать человекоподобный стиль мышления, проводить аналитику посредством построения экспертной базы данных и задания лингвистических переменных и нечётких множеств [10].

Искусственный интеллект бывает 2 направлений:

1. Конвенционный искусственный интеллект (КИИ) – машинное обучение, опирающееся на формальные признаки и статистику:

- экспертные системы;
- рассуждения по основе прецедентов или на основе известных ситуаций (CBR);
- модели (сети) Байеса;
- принципы бихевиоризма.

2. Вычислительный искусственный интеллект (ВИИ), предполагающий обучение и итеративный подход:

- системы, основанные на нечёткой логике;
- нейросети;
- эволюционное моделирование [2].

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – аппаратное и программное исполнение тематической модели, созданное по аналогии с организацией органических нейросетей – совокупности нейронов живых существ, представляющих из себя взаимосвязанную структуру искусственных элементов нейронной сети, являющихся процессорами. Главная задача искусственной нейронной сети – решение задач интеллектуализации, тех, что не содержат исходных алгоритмов работы и прогнозов результатов. Основным отличием нейросетей считается обучаемость. Они обучаются и сами по себе и под руководством экспертов, используя уже полученные знания [1, 2, 7]. В настоящее время для этого используют машинное обучение.

Попытки использования искусственных нейронных сетей для оценки технического состояния машин предпринимались и ранее за рубежом – была разработана методика применения нечётких нейронных сетей для технической диагностики дорожных машин. Подобные наработки с успехом можно использовать при оценке технического состояния тракторов и прочей сельскохозяйственной техники.

Нечёткие нейросети (fuzzy-neural networks) – это системы, принадлежащие к искусственному интеллекту, комбинирующие методики нейросетей и нечёткой логики.

Подобные сети строятся на идеях применения имеющегося набора параметров для отбора параметров характеристических функций множеств. Вывод делается, основываясь на аппарате нечёткой логики, а для определения параметров характеристических функций множеств применяется алгоритм обучения нейросетей.

Типовая нечёткая нейросеть включает четыре слоя:

1. Определяются фазы переменных входа.
2. Агрегируются величины запуска условий.
3. Агрегируются нечёткие правила.
4. Выход.

В элемент входа подаётся значение входной переменной, и далее работают нейроны промежуточного и выходного слоя. Они выдают значения активации. При этом используется взвешенная сумма выходов элементов предыдущего слоя и вычитается из неё пороговое значение. Далее параметры активации модифицируются при помощи функции активации, в результате чего на выходе даётся нейрон.

Среди главных преимуществ нечёткой нейронной сети выделяют быстроту обучаемости, высокий уровень сходимости и интерпретируемости аккумулируемых данных, хорошая визуализация функционирования, легкость определения размера сетей, высокое качество работы с зашумленными и неточными данными и аппроксимация нелинейных функций. Нечеткие нейросети используют уже известные данные, обучаются, приобретают новую информацию. Также они используются для прогнозирования временных рядов и выполнения классификации образов [4].

В программных комплексах для тракторов используются алгоритмы искусственного интеллекта – «Метод случайного леса» Random forest (машинное обучение) и нейронная сеть для анализа технического состояния трактора.

Известно также, что компания UVeye разработала систему, базирующуюся на искусственном интеллекте, сканирующую автомобили и выявляющую неисправности в режиме реального времени. Подобная система использовалась ранее службами безопасности (к примеру, выявляли опасные или запрещенные вещи в автомобилях), но её функционал был расширен, и в настоящее время она помогает населению в решении бытовых задач.

Система функционирует так: элемент Artemis применяет OCR для диагностики автошин, включая анализ бренда, размера и других характеристик, для чёткой оценки текущего состояния покрышки (давления, изношенности и др.). Элемент Helios проводит анализ ходовой части автомобиля, выявляет посредством сканера вероятность неисправностей во время проезда автомобиля через него. Третий элемент – Atlas – применяется ещё при производстве машин и позволяет выявить повреждение и неисправность посредством досконального сканирования в 360 градусов.

Внешний вид сканера Helios для автомобилей представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид сканера ходовой части Helios для автомобиля [6]

Figure 1 – Appearance of the Helios undercarriage scanner for a car [6]

Данный проект имеет огромный потенциал, это значительно бы облегчило диагностику машин любого назначения. Однако когда решения на базе подобной системы поступят на широкий рынок, пока неизвестно [6]. Можно предположить, что в дальнейшем данные системы будут применяться для диагностики ТТМ, и, в частности, тракторов.

Автором [5] рассмотрена методика диагностирования технического состояния механической коробки передач гусеничных машин, применяющая искусственный интеллект и основанная на использовании нечётких нейросетей. Также была представлена структура системы диагностики на основе данной методики, а также приведены примеры выявления неисправности в системе, управляющей механической коробкой передач.

Данный метод содержит четыре этапа:

1. Накопление данных от экспертов о неисправностях и создание экспертной базы данных.
2. Разработка нейронных моделей. Нейронные модели образуются на математической базе концепции нейросетей.
3. Обучение нейронечёткой сети. На её входе подаётся набор парных обучающих выборок, дающих характеристику сочетанию данных диагностики для различных технических состояний механизма электронной системы управления двигателем (ЭСУД).
4. Нейронечёткая идентификация и выдача заключений. На данном этапе заканчивается процесс оценки компонентов ЭСУД (рисунок 2).

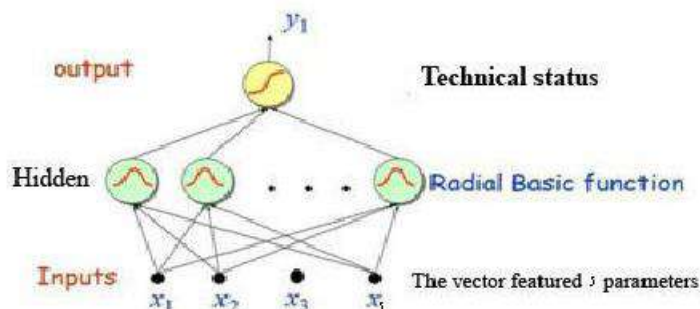


Рисунок 2 – Типовая архитектура ИНС для диагностики ЭСУД [5].

Figure 2 – Typical IMU architecture for ECM diagnostics [5].

С целью сбора данных, необходимых для создания продукционных правил нечёткой логики, строятся функциональные зависимости одних параметров диагностики от других вида

$$d_k = f(d_l); k, l = \overline{1, m}, k \neq l \quad (1)$$

где d_k, d_l – диагностические параметры; m – их количество.

Эти зависимости позволяют выявить влияние одних диагностических параметров на другие.

С целью оценки влияния диагностических параметров на характеристики механизмов и элементов объекта диагностирования получают зависимости вида

$$y_j = f(d_k); j = \overline{1, n}; k = \overline{1, m} \quad (2)$$

где y_j – характеристики объекта; n – количество характеристик.

По результатам производится построение экспертной системы, с целью выявления вида и степени изношенности ЭСУД [5].

Рассмотрим применение искусственных нейронных сетей в диагностике технического состояния ТТМ, а именно – трактора.

Авторы статьи [9] разработали интеллектуальную систему диагностирования параметров технического состояния сельскохозяйственной техники (тракторов) с применением искусственных нейронных сетей. Работа предложенной ими системы базируется на принципе использования искусственных нейронных сетей, которые выполняют аналитику, обрабатывают и передают полученную информацию при диагностике на платформы специальных программных продуктов или приложений для смартфонов.

Для генерации данных об исправности сельхозтехники используются специальные приборы (импульсно-силовые датчики, цифровые и аналоговые датчики), монтируемые на диагностируемых объектах. Когда это необходимо, они оснащаются аналого-цифровыми преобразователями, выдающими информацию в цифровом формате.

Применение искусственных нейронных сетей (рисунок 3) в интеллектуальных системах возможно, так как её в дальнейшем можно обучать при помощи датасет (информационной базы), которая содержит образцы с подтверждёнными данными, позволяющими обучать искусственную нейросеть и оценить качество функционирования системы (рисунок 4).

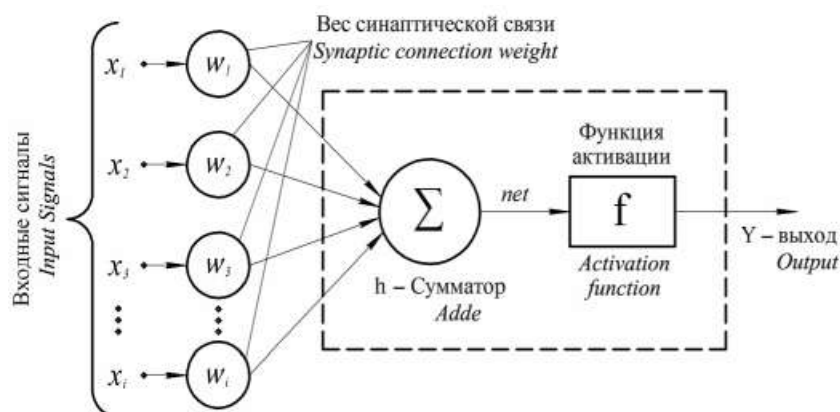


Рисунок 3 – Искусственная нейронная сеть (типичная архитектура) [9]
Figure 3 – Artificial neural network (typical architecture) [9]

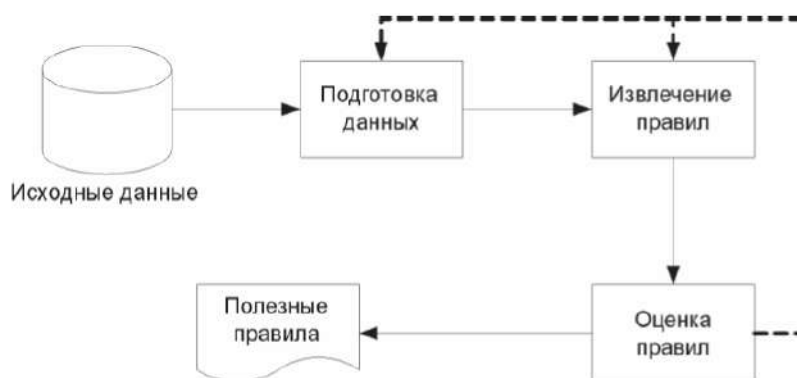


Рисунок 4 – Алгоритм обработки информации на основе нейронной сети [4]
Figure 4 – Information processing algorithm based on a neural network [4]

Главной функцией данной системы является аналитика работы ДВС и его состояния. С целью реализации этих задач в нейросети существует подсистема аналитики входной информации, занимающаяся оценкой величины крутящего момента ДВС и расхода горючего за определённый период, частоты вращения ДВС. Входные данные обрабатываются путём активирования конкретной группы. Отдельный блок входа решает, активен он или не активен. Первоначальная записанная величина с целью запуска каждого из блоков координируется специалистом, в последующих – непосредственно система задаёт самостоятельно, с учётом того, что ряд показателей является доминирующим (к примеру, речь может идти о крутящем моменте), следовательно, значение этих связей выше [9].

Существует программный продукт, в котором используются алгоритмы искусственного интеллекта, – «Метод случайного леса» Random forest (машинное обучение) и нейронная сеть для анализа технического состояния трактора [9]. Также для обучения нейросети могут применяться генетические алгоритмы [8].

Исследование принципов работы данных интеллектуальных систем выявило несколько проблем при адаптации их к работе на предприятиях агрокомплекса с тракторно-транспортными поездами (ТТП). Получаемая информация не затрагивает некоторые элементы, к примеру автоматические тягово-сцепные устройства (ТСУ) ТТП, а также не отслеживаются параметры оценки курсовой устойчивости ТТП. Понятие курсовой устойчивости связано с понятием надёжности, так как она обеспечивает безопасность эксплуатации – помогает удержать машину в заданных оператором границах направления независимо от режима (разгона, торможения, прямолинейного движения, при повороте и т.д.) [3]. Надёжность – свойство машины сохранять работоспособность в заданных условиях, включает в себя свойства безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

Следовательно, при помощи искусственных нейронных сетей или нечётких нейронных сетей, экспертно-аналитических систем нечёткого вывода возможно оценить не только техническое состояние основных агрегатов и узлов транспортно-технологической машины,

в частности трактора, но и прочие параметры работы. В интеллектуальной информационной системе данные мониторинга диагностических параметров трактора передаются экспертам, работу которых может взять на себя нечёткая экспертная система оценки технического состояния. Данный цифровой инструмент имитирует стиль мышления человека путём использования набора нечётких правил «ЕСЛИ-ТО». На рисунке 5 указано место нечёткой экспертной системы в структурированной модели интеллектуальной системы диагностирования трактора.

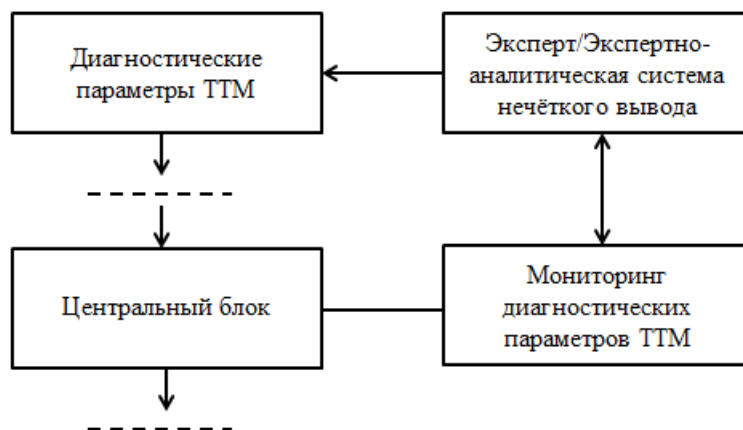


Рисунок 5 – Место экспертно-аналитической системы нечёткого вывода в структурированной модели интеллектуальной системы диагностирования

Figure 5 – The place of the expert-analytical system of fuzzy inference in the structured model of the intelligent diagnostic system

Данное решение обеспечит минимальную скорость проведения анализа полученных в процессе мониторинга данных, сократив время на их интерпретацию экспертом. Подобные системы универсальны, и их с успехом возможно применять не только для диагностики тракторов, но и любых транспортно-технологических машин.

Заключение. Обзор диагностических комплексов мониторинга данных о техническом состоянии машин показал, что одновременно собирать показатели технического состояния всех агрегатов и узлов при помощи мониторинга в онлайн-режиме (а не каждого агрегата или детали в отдельности) является более эффективным при использовании машин для обеспечения высокого уровня её надёжности.

Внедрение на предприятиях агропромышленного комплекса интеллектуальных систем для диагностики технического состояния тракторов и других ТТМ, базирующихся на принципах искусственного интеллекта, даст возможность заблаговременно спрогнозировать возможный отказ, что снизит количество машин, простаивающих по причине технической неисправности, будет способствовать заблаговременному назначению технических осмотров и проведению ремонтных работ.

По информации, предоставленной автоконцернами и станциями техобслуживания, можно говорить о снижении в 1,5 раза трудоёмкости выполняемых работ при внедрении инструментов цифровизации и интеллектуальных информационных систем диагностирования тракторов [9].

Проанализировав возможности и алгоритмы функционирования нечётких нейросетей, можно утверждать, что они при конкретном урегулировании могут успешно применяться во встроенных на борту трактора системах диагностики.

Нейросети применяют с целью идентификации надзорного объекта, распознавания образов и построения прогнозов состояния технической системы. Использование подобных методов позволит проводить диагностику аналогичных систем и конструкций на любых ТТМ, включая трактор с прицепом/прицепами или навесным оборудованием.

Сформированные предложения по совершенствованию интеллектуальных информационных систем оценки технического состояния ТТМ (тракторов) на предприятиях АПК заключаются во внедрении нечётких экспертных систем в структурную схему системы с целью повышения скорости интерпретации экспертом разрозненных данных, включающих информацию не только о техническом состоянии агрегатов и узлов, но и о прочих параметрах тракторно-транспортного поезда.

Conclusions. A review of diagnostic systems for monitoring data on the technical condition of machines has shown that simultaneously collecting indicators of the technical condition of all units and assemblies using online monitoring (rather than each unit or part individually) is more effective when using machines to ensure a high level of reliability.

The introduction of intelligent systems at the enterprises of the agro-industrial complex for diagnosing the technical condition of tractors and other vehicles based on the principles of artificial intelligence will make it possible to predict a possible failure in advance, which will reduce the number of machines idle due to a technical malfunction, and will facilitate the early appointment of technical inspections and repairs.

According to the information provided by car manufacturers and service stations, it is possible to talk about a 1.5-fold reduction in the complexity of the work performed with the introduction of intelligent digitalization tools and intelligent information systems for tractor diagnostics [9].

Having analyzed the capabilities and algorithms of fuzzy neural networks, it can be argued that they can be successfully used in diagnostic systems built on board the tractor.

Neural networks are used to identify a surveillance facility, recognize patterns, and make predictions about the state of a technical system. The use of such methods will make it possible to diagnose similar systems and structures on any TTM, including a tractor with a trailer/trailers or attachments.

The developed proposals for improving intelligent information systems for assessing the technical condition of TTM (tractors) at agricultural enterprises consist of introducing fuzzy expert systems into the structural diagram of the system in order to increase the speed of expert interpretation of disparate data, including information not only on the technical condition of units and components, but also on other parameters of the tractor-transport train.

Библиографический список

1. Галушкин А. И. Нейронные сети. Большая российская энциклопедия. М.: Большая российская энциклопедия, 2004-2017.
2. Барсукова М. А., Пальмов С. В. Методы искусственного интеллекта: краткий обзор. Форум молодых ученых. 2018. № 5-1 (21). <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-iskusstvennogo-intellekta-kratkiy-obzor>
3. Гусейнов Р. В., Алиева К. А., Нажмудинова М. Н. Диагностирование тормозных систем автотранспортных средств в условиях эксплуатации. International Journal of Advanced Studies. 2022. Т. 12. № 1. С. 92-103.
4. Манжула В. Г., Федяшов Д. С. Нейронные сети Кохонена и нечеткие нейронные сети в интеллектуальном анализе данных. Фундаментальные исследования. 2011. № 4. С. 108-114.
5. Нгуен Минь Тиен Нейронная сеть при диагностике механической коробки передач гусеничных машин. Молодой ученый. 2019. № 26 (264). С. 81-85. <https://moluch.ru/archive/264/61126/>
6. АО «ТаймВэб». <https://timeweb.com/ru/community/articles/ii-pomozhet-v-diagnostike-avto-i-zamenit-avtomehanirov>
7. Софронова Е. А. Об использовании аппарата искусственных нейронных сетей для прогнозирования потоков транспорта в сети городских дорог. Вопросы теории безопасности и устойчивости систем. 2020. № 22. С. 109-119.
8. Гайдук Н. В. Методы обучения искусственных нейронных сетей. Точки научного роста: на старте десятилетия науки и технологии: материалы ежегодной научно-практической конференции. Краснодар: Кубанский ГАУ имени И. Т. Трубилина, 2023. С. 547-549.
9. Ерохин М. Н., Дорохов А. С., Катаев Ю. В. Интеллектуальная система диагностирования параметров технического состояния сельскохозяйственной техники. Агроинженерия. 2021. № 2 (102). <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnaya-sistema-diagnostirovaniya-parametrov-tehnicheskogo-sostoyaniya-selskohozyaystvennoy-tehniki>
10. Каргин Р. В., Шемшур Е. А. Техничко-экономическая оценка эффективности эксплуатации транспортно-технологических машин. Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2024. № 1. С. 16-25.
11. Орлов С. П., Сусарев С. В. Система поддержки принятия решений при управлении техническим обслуживанием автономных транспортных средств. Онтология проектирования. 2023. Т. 13. № 3 (49). С. 424-436.
12. Гусев С. А., Славина Ю. А. Интеллектуализация информационных систем управления пассажирского транспорта общего пользования. Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте: материалы I международной научно-практической конференции. Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2018. Т. 1. С. 34-38.

References

1. Galushkin A. I. Neural networks. The Great Russian Encyclopedia. Moscow: Bolshaya Rossiyskaya entsiklopediya, 2004-2017.
2. Barsukova M. A., Palmov S. V. Metody iskusstvennogo intellekt: kratkiy obzor [Methods of artificial intelligence: a brief review]. Forum of Young Scientists. 2018. № 5-1 (21). <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-iskusstvennogo-intellekta-kratkiy-obzor>
3. Huseynov R. V., Alieva K. A., Nazhmudinova M. N. Diagnostics of Brake Systems of Motor Vehicles in Operating Conditions. International Journal of Advanced Studies. 2022. V. 12. № 1. Pp. 92-103.
4. Manzhula V. G., Fedyashov D. S. Kohonen Neural Networks and Fuzzy Neural Networks in Data Mining. Fundamental research. 2011. № 4. Pp. 108-114.
5. Nguyen Minh Tien Neural Network in the Diagnosis of a Manual Transmission of Tracked Vehicles. Young scientist. 2019. № 26 (264). Pp. 81-85. <https://moluch.ru/archive/264/61126/>

6. TimeWeb JSC. <https://timeweb.com/ru/community/articles/ii-pomozhet-v-diagnostike-avto-i-zamenit-avtomehanirov>
7. Sofronova E. A. On the Use of the Apparatus of Artificial Neural Networks for Forecasting Transport Flows in the Urban Road Network. *Issues of the theory of security and stability of systems*. 2020. № 22. Pp. 109-119.
8. Gaiduk N. V. Metody obucheniya iskusstvennykh nerunnykh seti [Methods of teaching artificial neural networks]. *Points of Scientific Growth: At the Start of the Decade of Science and Technology: Materials of the Annual Scientific and Practical Conference*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2023. Pp. 547-549.
9. Erokhin M. N., Dorokhov A. S., Kataev Y. V. Intelligent System for Diagnosing the Parameters of the Technical State of Agricultural Machinery. *Agricultural engineering*. 2021. № 2 (102). <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnaya-sistema-diagnostirovaniya-parametrov-tehnicheskogo-sostoyaniya-selskohozyaystvennoy-tehniki>
10. Kargin R. V., Shemshura E. A. Technical and Economic Assessment of the Efficiency of Operation of Transport and Technological Machines. *Transport. Transport facilities. Ecology*. 2024. № 1. Pp. 16-25.
11. Orlov S. P., Susarev S. V. Decision Support System in Autonomous Vehicle Maintenance Management. *Ontology of design*. 2023. V. 13. № 3 (49). Pp. 424-436.
12. Gusev S. A., Slavina Y. A. Intellectualization of Information Management Systems of Public Passenger Transport. *Infocommunication and Intelligent Technologies in Transport: Materials of the I International Scientific and Practical Conference*. Lipetsk: Lipetsk State Technical University, 2018. V. 1. Pp. 34-38.

Информация об авторах

Мирошниченко Юлия Андреевна, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.» (Российская Федерация, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77), e-mail: juliaaslioness@mail.ru

Гамаюнов Павел Петрович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.» (Российская Федерация, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77), e-mail: gamaunovv@yandex.ru

Кровяков Сергей Владимирович, аспирант, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.» (Российская Федерация, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77), e-mail: sergey.krovyacov.75@mail.ru

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, проспект Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

Authors' Information

Miroshnichenko Yulia Andreevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (SSTU) (Russian Federation, 410054, Saratov, Politechnicheskaya str., 77), e-mail: juliaaslioness@mail.ru

Gamayunov Pavel Petrovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (SSTU) (Russian Federation, 410054, Saratov, Politechnicheskaya str., 77), e-mail: gamaunovv@yandex.ru

Krovyakov Sergey Vladimirovich, PhD student, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (SSTU) (Russian Federation, 410054, Saratov, Politechnicheskaya str., 77), e-mail: sergey.krovyacov.75@mail.ru

Fomin Sergey Denisovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-56

DIGITAL TECHNOLOGY FOR MANAGING WATER USE IN IRRIGATION SYSTEMS
IN EXTREME CONDITIONS

Rogachev D. A.

*Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov
Moscow, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: Rogachev.soft@gmail.com

Received 14.04.2025

Submitted 09.06.2025

Summary

The purpose of the study is to develop effective tools for managing water use in an inter-farm irrigation system, guaranteeing successful decision-making in extreme natural and climatic conditions. The methods of creation and the results of testing of automated technology of water use management in inter-farm irrigation systems in extreme natural and economic conditions are characterized. The results of testing of the ACS software demonstrate an increase in the efficiency of water use and the reliability of irrigation systems due to the development of information and technological support for management decisions of water management organization.

Abstract

Introduction. Efficient distribution of water resources is a key task for the operation of modern irrigation systems, especially in the context of increasing limitations in water availability. The objective of the study is to develop an effective tool for managing water use in an inter-farm irrigation system that ensures successful decision-making in extreme natural and climatic conditions. **Materials and methods.** The methodological basis of the research is mathematical, stochastic modeling and forecasting; mathematical and genetic programming and optimization; artificial intelligence and neural network modeling; digital twins; machine learning and big data processing. **Results and conclusions.** The paper describes the methods of creating

and the results of testing an automated control technology designed to optimize water use in inter-farm irrigation systems and, first of all, rational water distribution and water supply to agricultural producers in the event of a shortage of irrigation water. The solution integrates geoinformation technologies, predictive modeling and methods of economic and mathematical optimization. The following basic subsystems are formed in the structure of the automated control system: water distribution, technical operation, GIS integration, forecasting, digital twin, normative and reference, administration. Automated planning of water distribution in low-water conditions is performed on the basis of economic and mathematical modeling using a multi-criteria function and a genetic optimization algorithm, which allows achieving a balanced distribution of water resources with consistent improvement of solutions. To optimize the planning procedures for technical operation activities, a discrete mathematical model is used, which is a special case of a more general transport problem of mathematical optimization. The results of testing the automated control system software demonstrate an increase in the efficiency of water use and the reliability of irrigation systems due to the development of information and technological support for management decisions of water management organizations.

Keywords: water use, water use management, digitalization of land reclamation, irrigation systems, technical operation of irrigation systems.

Citation. Rogachev D. A. Digital technology for managing water use in irrigation systems in extreme conditions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 532-544 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-56.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631

ЦИФРОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Рогачев Д. А., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова
Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова
г. Москва, Российская Федерация

Актуальность. Эффективное распределение водных ресурсов является ключевой задачей для службы эксплуатации современных оросительных систем, особенно в условиях возрастающих ограничений доступности воды. Цель исследования разработка действенного инструментария управления водопользованием межхозяйственной оросительной системы, гарантирующего успешность принятия решений в экстремальных природно-климатических условиях. **Объект.** Объектом исследований является технология управления водопользованием оросительных систем, **Материалы и методы.** Методической основой исследований являются математическое, стохастическое моделирование и прогнозирование; математическое и генетическое программирование и оптимизация; искусственный интеллект и нейросетевое моделирование; цифровые двойники; машинное обучение и обработка больших данных. **Результаты и выводы.** В работе характеризуются способы создания и результаты тестирования автоматизированной технологии управления, предназначенной для оптимизации водопользования на межхозяйственных оросительных системах, и в первую очередь, рационального водораспределения и водоподачи сельскохозяйственным товаропроизводителям при дефиците поливной воды. Решение интегрирует геоинформационные технологии, прогнозное моделирование и методы экономико-математической оптимизации. В структуре АСУ сформированы следующие базовые подсистемы: водораспределение, техническая эксплуатация, ГИС интеграция, прогнозирование, цифровой двойник, нормативно-справочная, администрирование. Автоматизированное планирование водораспределения в условиях маловодья выполняется на основе экономико-математического моделирования с использованием многокритериальной функции, и генетического алгоритма оптимизации, что позволяет достигать сбалансированное распределение водных ресурсов при последовательном улучшении решений. Для оптимизации процедур планирования мероприятий технической эксплуатации используется дискретная математическая модель, представляющая частный случай более общей транспортной задачи математической оптимизации. Результаты апробации программного обеспечения АСУ демонстрируют повышение эффективности использования воды и надёжности оросительных систем за счет развития информационной и технологической поддержки управленческих решений водохозяйственных организаций.

Ключевые слова: водопользование, управление водопользованием, цифровизация мелиорации, оросительные системы, техническая эксплуатация оросительных систем.

Цитирование. Рогачев Д. А. Цифровая технология управления водопользованием оросительных систем в экстремальных условиях. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 532-544. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-56.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе результатов данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Орошаемое земледелие играет главенствующую роль в обеспечении продовольственной безопасности, но его устойчивость всё чаще подвергается угрозе из-за нехватки воды, усугубляющейся изменением климата, которое активизируется в последнее время. Существующая нормативно-методическая документация и практика водохозяйственных организаций Минсельхоза Российской Федерации не имеют действенных решений управления водопользованием на оросительных системах в экстремальных метеорологических условиях.

В ответ на эти вызовы специалистами ФНЦ ВНИИГиМ была создана автоматизированная система управления (АСУ «Водопользование ОС»), которая объединяет современные геоинформационные технологии, генетические алгоритмы и модели цифровых двойников процесса водопользования для оптимизации распределения воды и повышения эффективности технической эксплуатации оросительной системы при ограниченных ресурсах: поливной воды и/или финансирования [1-4].

Основная задача автоматизированной системы управления (АСУ) «Водопользование ОС» заключается в повышении эффективности управления следующими приоритетными технологическими процессами водоподачи:

- планирование годового и суточного водораспределения на межхозяйственных оросительных системах, что имеет критическое значение в условиях ограниченности водных ресурсов, аварийных ситуаций или иных катаклизмов;
- контроль технического состояния гидротехнических сооружений (ГТС) и организация мероприятий по их восстановлению и ремонту, обуславливающих стабильности водоснабжения сельскохозяйственных товаропроизводителей;
- управление финансово-экономической деятельностью водохозяйственных предприятий, что способствует сохранению их конкурентоспособности и укреплению позиций в агропромышленном секторе, где усиливается борьба за лидерство.

Материалы и методы. Ключевыми компонентами методического обеспечения АСУ являются математическое, стохастическое моделирование и прогнозирование; математическое и генетическое программирование и оптимизация; искусственный интеллект и нейросетевое моделирование; цифровые двойники; машинное обучение и обработка больших данных.

Водораспределение на межхозяйственных оросительных системах осуществляется по одной из двух схем: «управление по требованию», применимое в случаях, когда объём доступной воды превышает максимальную суммарную потребность, учитывающую спрос и потери, «управление по плану», актуальное при дефиците водных ресурсов.

Процесс автоматизированного планирования водоподачи в условиях водного дефицита базируется на экономико-математическом подходе. Оптимизация многокритериальной функции методом генетического алгоритма, который воспроизводит процессы эволюционного отбора для последовательного улучшения решений, позволяет достичь рационального распределения водных ресурсов.

Максимизируемая многокритериальная целевая функция $Z_{\max}$ имеет вид (1) с рассмотренными ниже организационно-технологическими ограничениями.

$$Z_{\max} = f(F_{\text{вх}}, S(x_{ij}), F_{\text{сх}}) \Rightarrow \max \quad (1)$$

где $F_{\text{вх}}$ и $F_{\text{сх}}$ – финансовые показатели подачи оросительной воды и возделывания сельскохозяйственных культур, тыс. руб; x_{ij} – площадь орошения i культуры j водопользователя, га; $j = 1, 2, \dots, m$ – индекс хозяйства водопользователя; $S(x_{ij})$ – суммарная площадь орошения на системе, га.

Суммарный доход водохозяйственной организации от подачи оросительной воды, определяется по разности значений выручки и затрат (2).

$$F_{\text{вх}} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (c_j - r_j) w_{ij} \quad (2)$$

$$w_{ij} = M_{ij}x_{ij}; \quad \sum_{j=1}^m x_{ij} \geq S_i;$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n w_{ij} = W;$$

где c_j – удельная стоимость водоподачи для j -водопользователя, руб./тыс. м³; r_j – удельные затраты на водоподачу j -водопользователю, руб./тыс. м³; w_{ij} – объем водоподачи на полив i -ой культуры j водопользователю, тыс. м³; M_{ij} – оросительная норма i -ой культуры j водопользователя, тыс. м³/га; W – общий объем водоподачи на ОС, тыс. м³; S_i – площадь орошения i -ой культуры на системе.

Валовой объем производства продукции растениеводства в денежном выражении F_{cx} со всей площади орошаемых земель определяется зависимостью (3):

$$F_{cx} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n Z_i x_{ij} y_{ij} \quad (3)$$

где Z_i – закупочная цена i орошаемой культуры, руб./т; y_{ij} – урожайность i культуры j – водопользователя, т/га.

Целевая функция Z_{max} , экономико-математической модели, максимизирующей финансовые результаты подачи воды [6], объемы производства сельскохозяйственной продукции и суммарную площадь орошаемых земель, с учетом нормирования имеет вид (1) при ограничениях (2).

$$Z_{max} = a_1 * (\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (c_j - r_j) * w_{ij}) / D_z + a_2 * (\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n Z_i x_{ij} y_{ij}) / B_z + a_3 * (\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij}) / S_z = \max \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m x_{ij} &\geq S_i; \\ \sum_{i=1}^n w_{ij} &= W_j; \\ \sum_{i=1}^n M_{ij} x_{ij} &= W_j; \\ \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n w_{ij} &= W; \end{aligned} \quad (5)$$

где D_z, B_z, S_z – соответственно доход водохозяйственной организации, стоимость продукции растениеводства с поливаемых земель и площадь полива при заявленной водоподаче; W_i, W_j – объем водоподачи на полив i культуры всех водопользователей, j водопользователю для полива всех культур, тыс. м³; a_1, a_2, a_3 – весовые коэффициенты значимости показателей целевой функции, определяемые экспертным методом.

Необходимость учета эколого-экономических требований агропроизводства к структуре орошаемых земель по типу возделываемых культур можно обеспечить с помощью соответствующего выбора ограничений (5), назначая нижние границы для S_i -площади орошения i культуры на системе, в качестве которой могут быть, например, сидераты или многолетние кормовые культуры.

При формировании функции цели оптимизации водораспределения на орошении (4) особое внимание уделено интеграции показателей рентабельности использования воды с его экологическими аспектами. Оценка эффективности водоподачи с учетом не только результата у сельхозтоваропроизводителей (валовой объем производства продукции растениеводства в денежном выражении) но и затрат водохозяйственной организации определяют тенденцию экологизации водопользования в части сокращения потерь воды [7, 8].

При анализе экономической целесообразности водопользования учитываются интересы каждого из участников процесса водопользования. Экономические параметры, такие как доходы сельскохозяйственных производителей и эксплуатационные расходы водохозяйственных организаций, рассматриваются параллельно с экологическими аспектами водосбережения. Интеграция полученных результатов с геоинформационными системами (ГИС) обеспечивает [5] картографическую визуализацию данных (Решетникова М. Геоинформационные системы: что это за технология и как работает [электронный ресурс https://trends.rbc.ru/trends/industry61f8fb399a7947618807cc_41#p1 (дата обращения 14.03.25)]).

Алгоритм автоматизированного планирования системного водораспределения в водохозяйственной мелиоративной организации (управлении оросительной системы) представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Алгоритм автоматизированного планирования системного водораспределения
Figure 1 – Algorithm of automated planning of system water distribution

Для оптимизации процедур планирования мероприятий технической эксплуатации, обеспечивающих реализацию водораспределения, используется дискретная математическая модель (6) с ограничениями (7) и (8), которая представляет частный случай более общей транспортной модели математической оптимизации.

$$Z = \sum_{i=1}^m c_i x_i \rightarrow \max \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^m k_i x_i \leq K;$$

$$x_i \in \{0; 1\}, i = \overline{1, \dots, m} \quad (7)$$

где Z – показатель качества распределения ресурсов для искомого плана технической эксплуатации; k_i – затраты на проведение ремонтно-восстановительных работ i объекта технической эксплуатации; M – количество объектов технической эксплуатации; c_i – функция «ценности» i объекта технической эксплуатации (ОТЭ i).

$$c_i = S_i/S + (1 - V_i/N) + D_i/D \quad (8)$$

где S_i – площадь орошения покомандная ОТЭ, га; S – общая площадь орошения покомандная ОТЭ, га; V_i – снижение потерь воды на системе при реализации i объекта технической эксплуатации, тыс. м³; V – снижение потерь воды при реализации мероприятий технической эксплуатации для всех ОТЭ, тыс. м³.

$$V = \sum_{i=1}^m V_i \quad (9)$$

D_i – финансовый результат водохозяйственной организации при реализации i объекта технической эксплуатации, тыс. руб.; D – финансовый результат водохозяйственной организации при реализации мероприятий технической эксплуатации для всех ОТЭ, тыс. руб.;

$$D = \sum_{i=1}^m D_i \quad (10)$$

K – суммарный объем финансирования мероприятий ОТЭ.

Программное обеспечение АСУ обеспечивает также учет технического состояния объектов ОС, данных о водопотребителях и др. информации, позволяя визуализировать пространственно-ориентированные данные на карте.

Модели оптимизации водопользования протестированы на двух крупных оросительных системах: Городищенской (Волгоградская область, Годовой технический отчет за 2017 г. Городищенского филиала ФГБУ «Управление «Волгоградмелиоводхоз») [6] и Красногвардейской (Республика Крым, Годовой отчет по технической эксплуатации за 2022 год Красногвардейского филиала. Раздел II. Водопользование и гидрометрия. Государственного бюджетного учреждения Республики Крым «Крымское управление водного хозяйства и мелиорации») [7], что позволило проанализировать эффективность разработанных решений.

Результаты и обсуждение. В соответствии с функциональными возможностями созданного инструментария и технологической потребностью в его реализации в структуре АСУ сформированы следующие базовые подсистемы: водораспределение, техническая эксплуатация, ГИС интеграция, прогнозирование, цифровой двойник, нормативно-справочная, администрирование (рисунок 2).

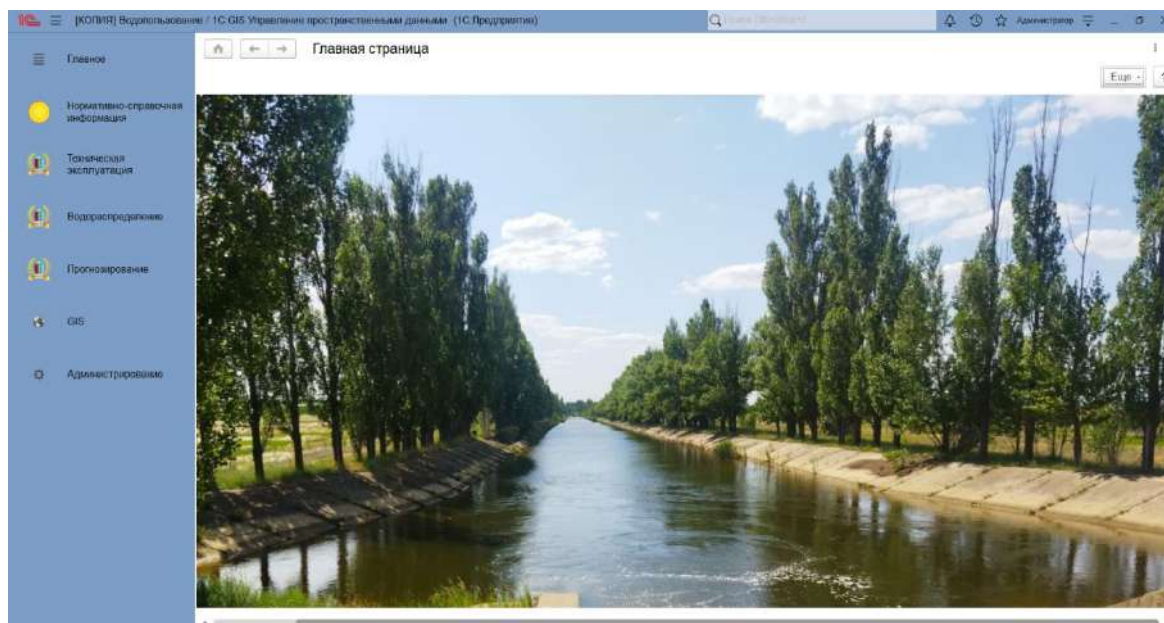


Рисунок 2 – Главное меню АСУ «Водопользование ОС»
Figure 2 – The main menu of ACS "Water use of OS"

Подсистема "Водораспределение" [Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024681320 Подсистема «Водораспределение» автоматизированной системы управления «Водопользование оросительной системы» с использованием методов искусственного интеллекта] реализует комплексный подход к управлению процессами подачи воды. Её функции включают: расчеты тактического (годового, сезонного) и оперативного (декадного и суточного) планов водоподачи с использованием алгоритмов

эволюционно-генетического программирования. Расчеты выполняются с учетом заявок на воду сельскохозяйственных товаропроизводителей, особенности водопотребления культур, метеорологических условий вегетационного периода и доступности водных ресурсов [9].

Функциональная структура подсистемы «Водораспределение» объединяет разделы «Справочники», «Документы» и «Отчеты» (рисунок 3). Раздел «Справочники» включает подразделы: «Водовыделы», «Период планирования водоподдачи», «Потребители», «Сельскохозяйственные культуры», которые обеспечивают сбор, хранение обработку и подготовку к использованию данных для планирования водораспределения.

Формирование планов водораспределения осуществляется в разделе «Документы». Модулем «Планирование подачи воды» обеспечивается консолидация заявок потребителей в разрезе водовыделов, анализ возможности исполнения всех заявок и/или необходимости их корректировки с учетом дефицита водообеспеченности системы и других природно-хозяйственных условий.

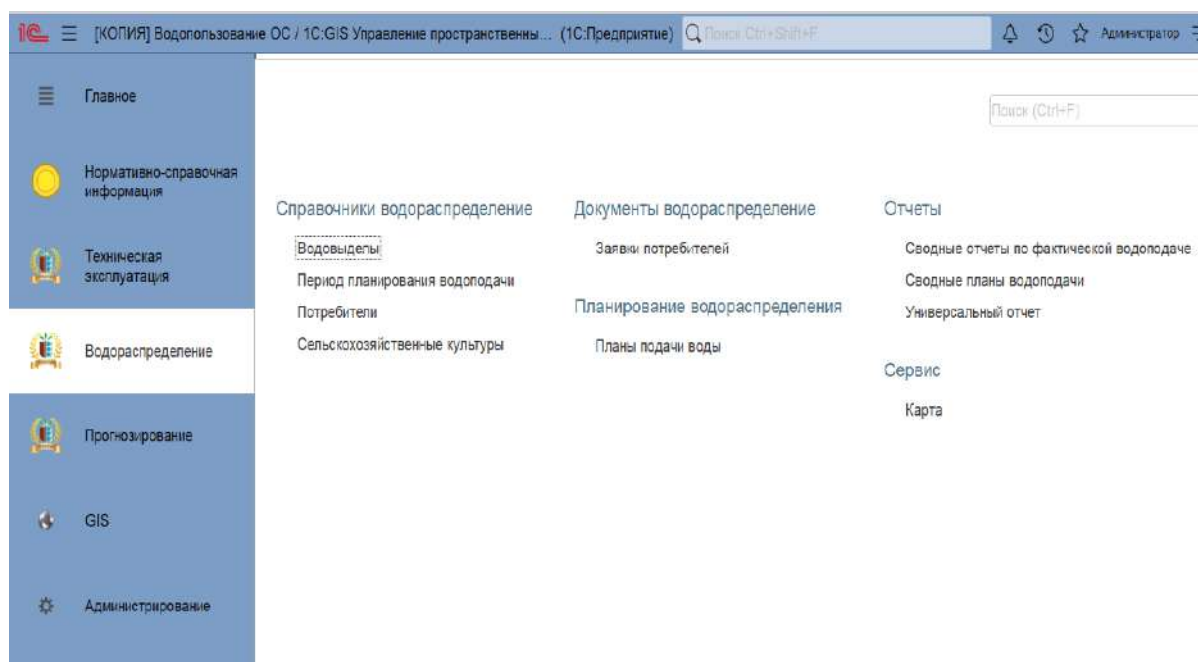


Рисунок 3 – Меню подсистемы «Водораспределение»
Figure 3 – Menu of the subsystem "Water distribution"

При отсутствии дефицита данные заявок переносятся в модуль «Водоподдача план» для разработки выходного документа. В случае дефицита водообеспеченности используется модуль «Оптимизировать в условиях дефицита», который запускает подпрограмму оптимизации нелинейной многокритериальной целевой функции с использованием методов эволюционно-генетического программирования [Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 202411825 «Оптимизация распределения оросительной воды в условиях дефицита методом эволюционно-генетических вычислений с нелинейной многокритериальной целевой функцией»].

Формирование выходных документов планирования водораспределения с учетом различных критериев отборов и группировок данных осуществляется в разделе «Сводный план водоподдачи» в табличной, графической и картографической формах, необходимых для подготовки оперативной и/или статистической отчетности.

Настройка параметров выходных отчетов в подсистеме выполняется с использованием специализированных форм. Пример формы для настройки параметров оптимизации (ограничения, целевая функция, метод решения, параметры генетического алгоритма) представлен на рисунке 4. Наличие встроенной ГИС-подсистемы позволяет получить различные (гибко настраиваемые на уровне пользователей) визуализации параметров потребителей (рисунок 5).

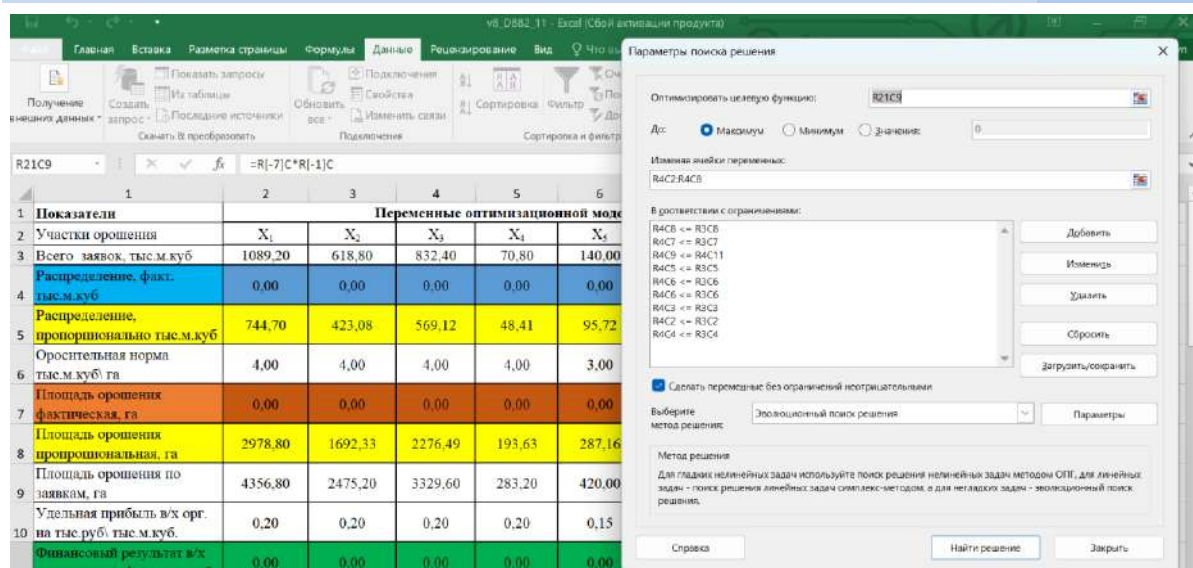


Рисунок 4 – Параметры запуска оптимизации многокритериальной целевой функции с использованием методов эволюционно-генетического программирования
 Figure 4 – Parameters for running optimization of multicriteria target function using

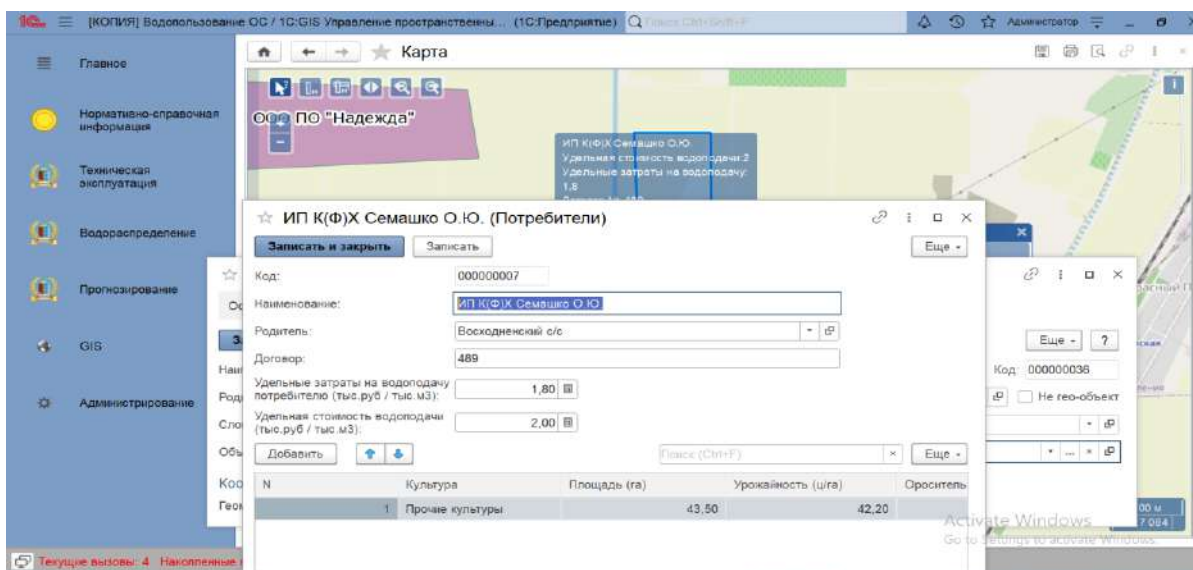


Рисунок 5 – Доступ к атрибутивным данным потребителей с использованием географической карты
 Figure 5 – Accessing consumer attribute data using a geographic map

Подсистема технической эксплуатации [Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024667866 «Подсистема технической эксплуатации АСУ Водопользования оросительной системы с использованием экономико-математического моделирования и методов искусственного интеллекта»] предназначена для управления состоянием инфраструктуры оросительных систем. Основные задачи:

- мониторинг технического состояния: учет характеристик объектов (насосные станции, трубопроводы, каналы), включая геометрические параметры, балансовую стоимость, состояние износа и даты последнего ремонта;

- планирование ремонтных работ: оптимизация распределения ограниченных ресурсов на ремонтно-восстановительные мероприятия с использованием многокритериальных моделей [Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024623168 Параметры для оптимизации распределения оросительной воды и денежных средств на ремонтно-восстановительные работы в условиях дефицита водных ресурсов и ограничений финансирования с использованием генетического алгоритма и визуализации с помощью ГИС];

- картографическая визуализация: отображение объектов инфраструктуры на карте, включая данные о потребителях и запланированных мероприятиях.

Подсистема позволяет вести учет иерархической структуры объектов технической эксплуатации (раздел «Объекты ОС») и хозяйств водопотребителей (раздел «Потребители»), устанавливать связи между данными элементами, что необходимо для решения задачи выбора объектов технической эксплуатации, а также осуществлять привязку объектов к географическим координатам (для более наглядной визуализации).

Рисунок 6 демонстрирует пример формы выходной информации задачи планирования ремонтно-восстановительных работ.

Наименование объекта	Финансирование ремонта	Площадь, гектаров	Средств на потерю воды	Финансирование результатов
НС-1901	2 025,00	652,80	783,36	522,34
НС-1902	6 983,00	1 306,60	1 340,74	223,46
НС-1903	756,50	151,30	90,78	906,20
НС-1904	775,00	155,00	124,00	62,00
НС-1905	1 750,00	350,00	182,00	980,00
НС-1906	175,00	35,00	20,40	21,00
НС-1907	217,50	43,50	24,36	34,80

А)

№	Наименование объекта	Оптимизация	Координаты	Параметры оптимизации	Результаты оптимизации
1	НС-1901	Оптимизация	55°54'	55°40'	55°54'
2	НС-1902	Оптимизация	55°54'	55°40'	55°54'
3	НС-1903	Оптимизация	55°54'	55°40'	55°54'
4	НС-1904	Оптимизация	55°54'	55°40'	55°54'
5	НС-1905	Оптимизация	55°54'	55°40'	55°54'
6	НС-1906	Оптимизация	55°54'	55°40'	55°54'
7	НС-1907	Оптимизация	55°54'	55°40'	55°54'

Б)

Рисунок 6 – Форма «Планирование ремонтно-восстановительных» работ

А) Параметры задачи оптимизации средств на ремонтные работы

Б) Результат оптимизации с использованием генетического алгоритма

Figure 6 – "Planning of repair and restoration" form

А) Parameters of the problem of optimization of funds for repair works

Б) The result of optimization using genetic algorithm

ГИС-интеграция. В составе АСУ «Водопользование» ГИС подсистема используется: для визуализации технико-экономических показателей в связи с картографическими данными (состояния объектов, потери воды, количества отказов оборудования, дебиторская задолженность потребителей, удельная стоимость подачи воды, прибыль водохозяйственной организации;

анализа технического состояния объектов с помощью методов искусственного интеллекта (ИИ);

мониторинга несанкционированных подключений;

оценки мелиоративного состояния участков;

прогнозирования урожайности с использованием спутниковых снимков высокого разрешения на основе методов ИИ.

В рамках подсистемы реализована возможность получения кадастровых данных о земельных участках, а также других данных электронных сервисов Росреестра [Росреестр РФ. Электронные услуги и сервисы [электронный ресурс] <https://rosreestr.gov.ru/eservices/> (дата обращения 15.06.24)]. В качестве примера формата выходного документа на рисунке 7 приведена форма для оперативного получения данных кадастрового деления Росреестра с привязкой к картографической информации, необходимой для планирования мероприятий технической эксплуатации.

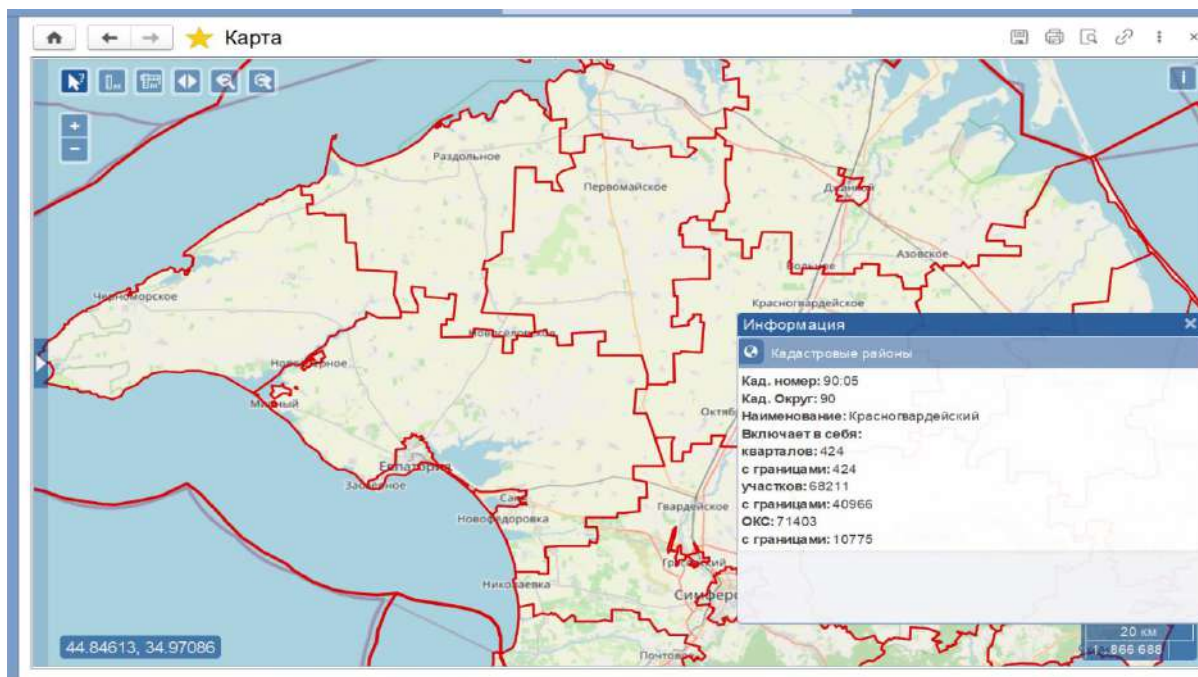


Рисунок 7 – Пример использования данных Росреестра в АСУ «Водопользование ОС на Красногвардейской оросительной системе (Республика Крым)

Figure 7 – Example of using Rosreestr data in ACS "Water use of the irrigation system at Krasnogvardeyskaya irrigation system (Republic of Crimea)

Подсистема прогнозирования [Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024624450 Временные ряды данных для тренд-сезонного и нейросетевого прогнозирования урожайности зерновых культур с использованием многолетних гидрометеорологических данных в почвенно-климатических условиях Юга России] разработана для точного прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур, результативность которой во многом обуславливает продуктивность использующейся оросительной воды. Возможности подсистемы включают моделирование временных рядов и прогнозирование урожайности на основе анализа ретроспективных данных с использованием нейронных сетей.

Интерфейс результатов обработки модуля «Тренд-сезонное прогнозирование урожайности» приведен на рисунке 8.

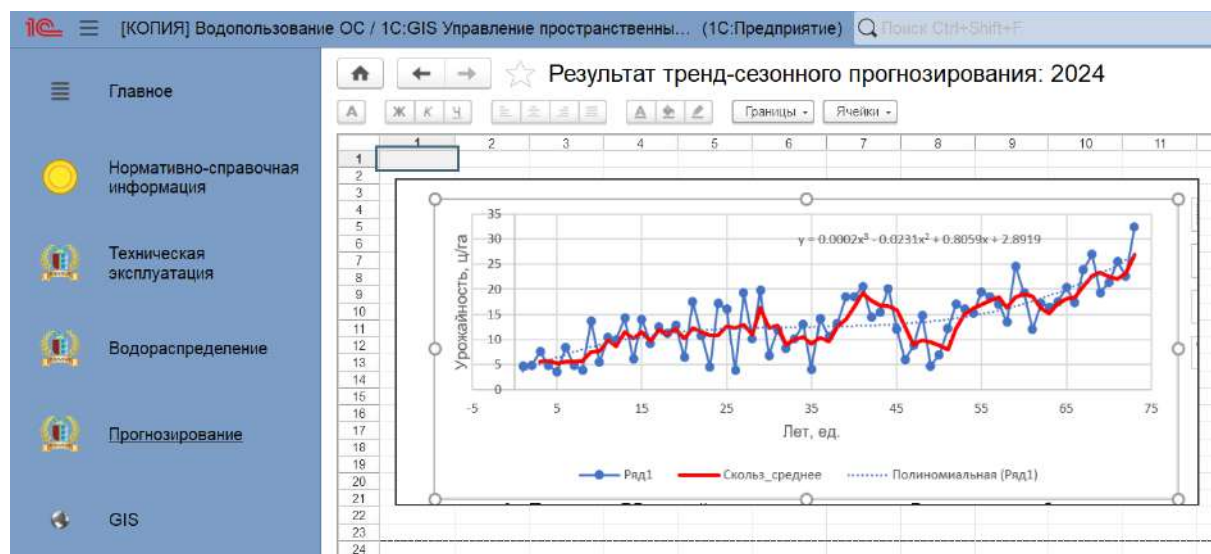


Рисунок 8 – Интерфейс результатов прогнозирования урожайности
Figure 8 – Interface of yield forecast results

Подсистема цифровой двойник «АСУ «Водопользование ОС» (рисунок 9) служит для постоянного сбора данных и сохранения «истории» процессов водопользования, а также построения прогноза на основе этих данных. Её задачи:

- имитация управленческих сценариев: оценка различных стратегий планирования водораспределения и мероприятий технической эксплуатации;
- формирование управленческой отчетности: автоматизация документооборота для оценки эффективности управления;
- интеграция данных: использование данных о состоянии производственных процессов и финансовых потоков для анализа производительности.

Программный комплекс цифрового двойника водохозяйственной организации базируется на типовых программных продуктах 1С-Предприятие: 1С-ERP, 1С-Документооборот (с возможностями ИИ), 1С-ЗУП (зарплата и управления персоналом) (Обзор системы «1С:Предприятие» [электронный ресурс] <https://v8.1c.ru/tekhnologii/overview/> (режим доступа 14.03.25); 1С:Предприятие 8. GIS Управление пространственными данными. <https://solutions.1c.ru/catalog/gis/features> (дата обращения 14.03.25)].

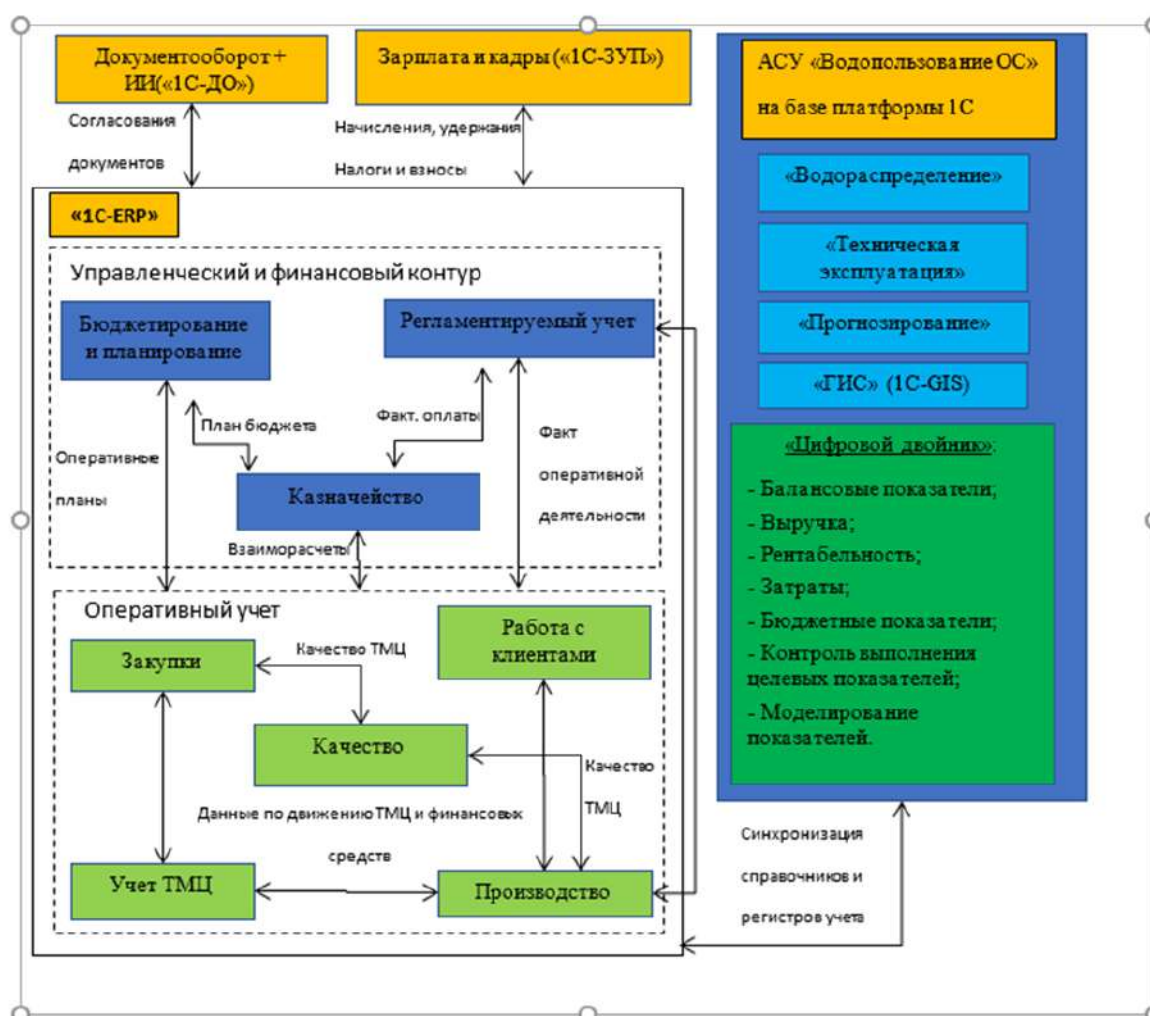


Рисунок 9 – Структурно-функциональная схема подсистемы «Цифровой двойник» на базе функционала 1С-ERP

Figure 9 – Structural and functional scheme of the subsystem "Digital twin" based on 1C-ERP functionality

Подсистема «Администрирование» является сервисной подсистемой, обеспечивающей авторизацию, управление доступом, регламентные работы по обслуживанию СУБД и т. п. функции. На рисунке 10 демонстрируется пример интерфейса формирования универсального отчета, позволяющего пользователю в режиме конструктора настроить произвольный вывод данных.

В составе исследований выполнено тестирование подсистемы «Водораспределение ОС» на материалах Городищенской оросительной системы Волгоградской области, которое показало очевидное преимущество предлагаемых подходов по сравнению с традиционными методами планирования водоподдачи. Эффективность использования воды выросла на 15 %, снижение потерь воды на 20 %, точность прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур повысилась до 95 %.

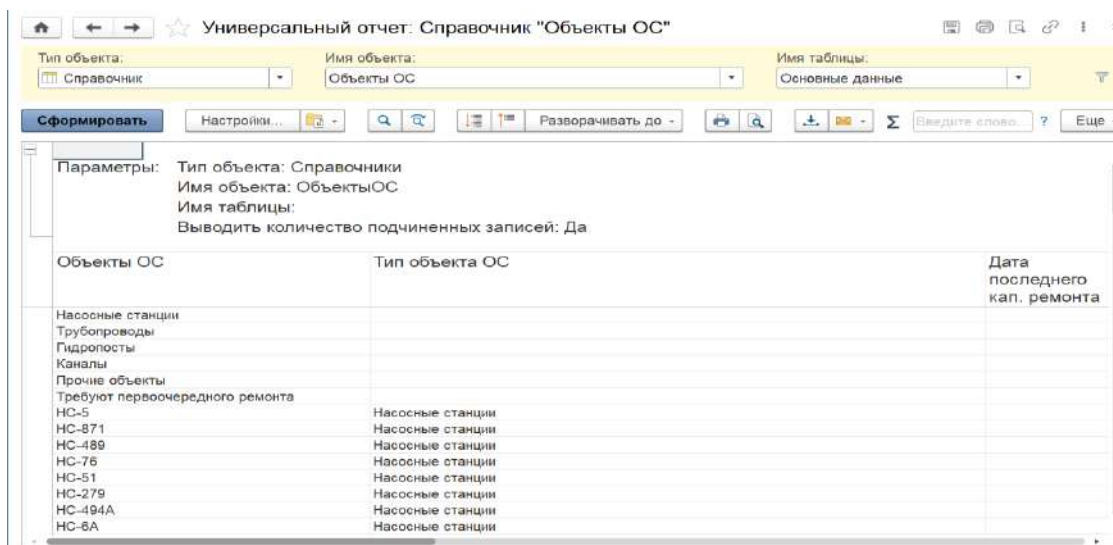


Рисунок 10 – Универсальный отчет (позволяет пользователю в режиме конструктора настроить произвольный вывод данных)

Figure 10 – Universal report (allows the user to customize pro-arbitrary data output in the Designer mode)

При апробации АСУ «Техническая эксплуатация» по материалам Красновардейской оросительной системы Республики Крым также установлено повышение эффективности распределения ограниченных ресурсов на мероприятия технической эксплуатации до 10 %. Использование экономико-математического моделирования и искусственного интеллекта [10] в задачах выбора первоочередных объектов ремонтно-восстановительных работ на оросительной системе предотвращает возможный ущерб от потери поливной воды, снижения доходности водохозяйственной организации и площади орошаемых земель [11, 12, 13].

Заключение. Таким образом, применение многокритериальных моделей, эволюционных алгоритмов оптимизации и технологий цифровых двойников процесса водопользования представляет собой значительный шаг вперед в управлении межхозяйственными оросительными систем. Интеграция многокритериальной оптимизации и прогнозного анализа обеспечивают практические рекомендации, которые улучшают процесс принятия решений. Важным аспектом совершенствования управленческих решений по эксплуатации оросительных систем является использование ГИС технологий.

Conclusions. Thus, the use of multi-criteria models, evolutionary optimization algorithms and digital twin technologies of the water use process represents a significant step forward in the management of inter-farm irrigation systems. The integration of multi-criteria optimization and predictive analysis provides practical recommendations that improve the decision-making process. An important aspect of improving management decisions on the operation of irrigation systems is use of GIS technologies.

Библиографический список

1. Кирейчева Л. В. и др. Оптимизация распределения ограниченных водных ресурсов методами эволюционно-генетического программирования. Международный сельскохозяйственный журнал. 2024. № 2 (398). С. 233-238.
2. Рогачев Д. А., Юрченко И. Ф. Моделирование и оптимизация системного водораспределения в условиях дефицита водных ресурсов. International Agricultural Journal. 2022. Т. 65. № 5.
3. Рогачев Д. А. и др. Технология управления системным водопользованием с применением методов искусственного интеллекта и моделей - двойников организации. Международный сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (400). С. 404-410.
4. Шевченко В. А. и др. Научные подходы обоснованию мелиорации, эффективного водораспределения и водопользования на землях сельскохозяйственного назначения республики Крым. Москва: ФГБУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2024. 504 с.

5. Rogachev A., Melikhova E. SCADA and GIS systems for monitoring and managing digital objects of agro-industrial production. Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 130 LNCE. Pp. 555-562.
6. Куприянова С. В., Мелихова Е. В. Обоснование и перспектива структуры посевных площадей на орошаемых землях юга России. Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11. № 3. С. 109-122.
7. Мелихова Е. В. Математическое моделирование оптимального управления инвестиционными стратегиями предприятий АПК с учетом неопределенности. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 292-300.
8. Мелихова Е. В. Математическое моделирование солевого режима при фертигации в почвогрунтах фрактальной структуры. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2 (46). С. 249-255.
9. Рыжова Т. А., Мелихова Е. В., Рогачев А. Ф. Компьютерное моделирование и определение основной гидрофизической характеристики на примере светло-каштановых почв Нижнего Поволжья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 397-406.
10. Tereliansky P. V., Rogachev A. F., Melikhova E. V. Learning of Convolutional Neural Networks in the Tasks of Land Use Digitization Based on CUDA Technologies. Socio-economic Systems: Paradigms for the Future. Springer International Publishing, 2021. Vol. 314. Pp. 931-938.
11. Olgarenko V. I., Khashirova T. Yu., Kozhenko N. V. Assessment of the damage impact to particular water structures on their performance. Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development (CATPID-2020). Nalchik: Institute of Physics Publishing, 2020. V. 913. 022054.
12. Bandurin M. A., Volosukhin V. A., Prikhodko I. A., Rudenko A. A. Analysis of the stability of the Kuban River landslide slope involving the materials of landslide hazard monitoring. Construction and Geotechnics. 2023. V. 14. No. 4. Pp. 62-74.
13. Yurchenko I. F., Bandurin M. A., Bandurina I. P. Digital Platforms in the Sphere of Land Reclamation in Russia. International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020): Proceedings of the International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020). Atlantis Press, 2020. V. 147. Pp. 414-419.

References

1. Kireycheva L. V., et al. Optimization of the Distribution of Limited Water Resources by Methods of Evolutionary and Genetic Programming. International Agricultural Journal. 2024. № 2 (398). Pp. 233-238.
2. Rogachev D. A., Yurchenko I. F. Modeling and optimization of system water distribution in conditions of water scarcity. International Agricultural Journal. 2022. V. 65. № 5.
3. Rogachev D. A., et al. Technology of System Water Use Management with the Use of Artificial Intelligence Methods and Models - Twins of the Organization. International Agricultural Journal. 2024. № 4 (400). Pp. 404-410.
4. Shevchenko V. A., et al. Scientific approaches to the substantiation of land reclamation, effective water distribution and water use on agricultural lands of the Republic of Crimea. Moscow: Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center VNIIGiM named after A. N. Kostyakov", 2024. 504 p.
5. Rogachev A., Melikhova E. SCADA and GIS systems for monitoring and managing digital objects of agro-industrial production. Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. V. 130 LNCE. Pp. 555-562.
6. Kupriyanaova S. V., Melikhova E. V. Substantiation and Perspective of the Structure of Cultivated Areas on Irrigated Lands of the South of Russia. Land reclamation and hydraulic engineering. 2021. V. 11. № 3. Pp. 109-122.
7. Melikhova E. V. Mathematical Modeling of Optimal Management of Investment Strategies of Agricultural Enterprises Taking into Account Uncertainty. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2017. № 1 (45). Pp. 292-300.
8. Melikhova E. V. Mathematical Modeling of the Salt Regime during Fertigation in Fractal Soils. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2017. № 2 (46). Pp. 249-255.
9. Ryzhova T. A., Melikhova E. V., Rogachev A. F. Computer Modeling and Determination of the Main Hydrophysical Characteristics on the Example of Light Chestnut Soils of the Lower Volga Region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2019. № 3 (55). Pp. 397-406.
10. Tereliansky P. V., Rogachev A. F., Melikhova E. V. Learning of Convolutional Neural Networks in the Tasks of Land Use Digitization Based on CUDA Technologies. Socio-economic Systems: Paradigms for the Future. Springer International Publishing, 2021. Vol. 314. Pp. 931-938.
11. Olgarenko V. I., Khashirova T. Yu., Kozhenko N. V. Assessment of the damage impact to particular water structures on their performance. Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development (CATPID-2020). Nalchik: Institute of Physics Publishing, 2020. V. 913. 022054.
12. Bandurin M. A., Volosukhin V. A., Prikhodko I. A., Rudenko A. A. Analysis of the stability of the Kuban River landslide slope involving the materials of landslide hazard monitoring. Construction and Geotechnics. 2023. V. 14. No. 4. Pp. 62-74.
13. Yurchenko I. F., Bandurin M. A., Bandurina I. P. Digital Platforms in the Sphere of Land Reclamation in Russia. International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020): Proceedings of the International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020). Atlantis Press, 2020. V. 147. Pp. 414-419.

Информация об авторе

Рогачев Дмитрий Алексеевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», (Российская Федерация, 127550, г. Москва, ул. Большая Академическая, 44/2), ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-4014-4770>, e-mail: Rogachev.soft@gmail.com

Authors' Information

Рогачев Дмитрий Алексеевич, Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher, Kostyakov Federal State Budgetary Scientific Research Center VNIIGiM, (Russian Federation, 127550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya str., 44/2), ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-4014-4770>, e-mail: Rogachev.soft@gmail.com

THE NEW GENERATION OF THE SUBSOIL-DRIP IRRIGATION OF THE BEET SEEDS

Kremensky V. I., Dzhaparova A. M.

Research Institute of Agriculture of Crimea
Simferopol, Russian Federation

Corresponding author E-mail: kvi19497@rambler.ru

Received 28.03.2025

Submitted 30.05.2025

Summary

Non-planting cultivation of beet seeds with resource-saving, promising irrigation methods that allow rational use of irrigation water. With subsurface irrigation, water is supplied directly to the roots of plants. Moistening the optimal root zone makes it possible to irrigate with a lower irrigation rate, while providing normal conditions for plant development and obtaining high and stable yields.

Abstract

Introduction. The Crimea peninsula, due to its natural and climatic conditions, is quite suitable for growing beet seeds without planting. From the point of view of agrometeorological indicators, the most favorable conditions for growing seeds without planting are in the foothill zone of Crimea, although in recent years a good harvest of sugar beet seeds has been steadily obtained in the steppe part of the peninsula. The success of non-planting seed cultivation mainly depends on the timely receipt of shoots, which in the conditions of Crimea is possible only with irrigation. **Objects.** The object of the research is the technological basis of subsurface drip irrigation, elements of irrigation technology and irrigation regimes for sugar beet seedlings. **Materials and methods.** Using an XFS subsurface drip tube with compensated droppers, COPPER SHIHLD technology with protection against root germination, subsurface water outlets ensure uniform flow of irrigation water along the entire length of the drip line in the range from 0.6 to 4.2 bar. Tube diameter is 16 mm. Water outlet flow rate is 2.3 l/hour. Field studies were conducted in accordance with the sugar beet research methodology, guidelines for determining the efficiency of cultivation methods, assessing the quality of sugar beet seed raw materials developed by the A. L. Mazlumov. **Results and conclusions.** Studies were conducted on growing sugar beet hybrid RMS-120 seeds in the conditions of the Republic of Crimea, which is characterized by lack of water resources. For irrigation, a resource-saving subsurface irrigation method was used with a depth of 15 and 20 cm for laying humidifiers. Studies were conducted on non-planting cultivation of sugar beet seeds with different areas of plant nutrition. Irrigation rates and elements of subsurface irrigation technology were determined. The water consumption of sugar beet seed plants was determined over two-year vegetation period by plant development phases. The fractional composition and sowing qualities of the sugar beet seeds obtained in the experiment were determined.

Keywords: beet seeds, non-transplanting method of growing seeds, subsoil irrigation, moisture contours, water consumption of beets, seed fractions, productivity of beet seeds.

Citation. Kremensky V. I., Dzhaparova A. M. The new generation of the subsoil-drip irrigation of the beet seeds. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 545-555 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-57.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.63:631.67

ВНУТРИПОЧВЕННО-КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ
СЕМЕННИКОВ СВЕКЛЫКременской В. И., научный сотрудник
Джапарова А. М., младший научный сотрудникФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»
г. Симферополь, Российская Федерация

Актуальность. Крымский полуостров по своим природно-климатическим условиям вполне пригоден для выращивания семян свеклы безвысадочным способом. С точки зрения агрометеорологических показателей наиболее благоприятные условия для выращивания семян безвысадочным способом складываются в предгорной зоне Крыма, хотя в последние годы стали устойчиво получать хороший урожай семян сахарной свеклы и в степной части полуострова. Успех безвысадочного выращивания семян в основном зависит от своевременного получения всходов, что в условиях Крыма возможно лишь при орошении. **Объект.** Объектом исследований являются технологические основы внутрипочвенно-капельного орошения, элементы техники полива и режимы орошения семенников сахарной свеклы. **Материалы и методы.** Используя внутрипочвенную капельную трубку XFS с компенсированными капельницами, технологией COPPER SHIHLD с защитой от прорастания корней.

Внутрипочвенные водовыпуски обеспечивают равномерный расход поливной воды по всей длине капельной ленты в диапазоне от 0,6 до 4,2 бар. Диаметр трубки – 16 мм. Расход водовыпусков – 2,3 л/час. Исследования выполнялись в соответствии с методикой исследований по сахарной свекле, выращиваемой на орошении, и методическими указаниями по определению эффективности приемов выращивания и оценке качества сырья семян сахарной свеклы, разработанными ФГБНУ «ВНИИСС» им. А. Л. Мазлумова. **Результаты и выводы.** Проведены исследования по выращиванию семян сахарной свеклы гибрид РМС–120 в условиях Республики Крым. Для орошения был заложен ресурсосберегающий внутрипочвенный способ полива с глубиной укладки увлажнителей на 15 и 20 см. Проведены исследования по безвысадочному выращиванию семян сахарной свеклы с разной площадью питания растений. Определены оросительные нормы и элементы техники внутрипочвенного полива. Установлено водопотребление семенников сахарной свеклы за двухлетний период вегетации по фазам развития растений. Определены фракционный состав и посевные качества полученных в опыте семян сахарной свеклы.

Ключевые слова: семена свеклы, безвысадочный способ выращивания семян, внутрипочвенное орошение, контуры увлажнения, водопотребление свеклы, фракции семян, продуктивность семенников свеклы.

Цитирование. Кременской В. И., Джапарова А. М. Внутрипочвенно-капельное орошение нового поколения семенников свеклы. *Известия НВ АУК.* 2025. 4(82). 545-555. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-57.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Введение. Природно-климатические условия Крымского полуострова, главным образом из-за мягкости зимы, вполне пригодны для выращивания семян сахарной свеклы безвысадочным способом. Применение внутрипочвенно-капельного орошения позволяет рационально расходовать поливную воду, получать высокий урожай семян сахарной свеклы с высокими посевными характеристиками.

Крымский полуостров в условиях дефицита водных ресурсов рассматривается как перспективный регион для выращивания семян сахарной свеклы на микроорошении. Поэтому опыт по возделыванию семян сахарной свеклы при водосберегающих способах полива безвысадочным способом является актуальным и одним из направлений социально-экономического развития региона. Исследованиям безвысадочного способа выращивания семян сахарной свеклы посвящены работы О. Н. Кухарева, А. В. Корниенко и др. ученых [1, 2].

Микроорошение (капельное, внутрипочвенное, микрождевание) в семеноводстве сахарной свеклы массово стало применяться сравнительно недавно [3, 4]. Считалось, что поливы приводят к существенному удорожанию выращивания свеклосемян. Однако в настоящее время проведение поливов является неотъемлемой частью эффективного семеноводства, позволяющего получать высокий и устойчивый урожай семян сахарной свеклы, это позволяет получать не только прибавку к урожаю семян, нивелирующую понесенные дополнительные затраты на орошение, но и конкурентоспособные семена отечественных гибридов.

В Российской Федерации и за рубежом в орошении семенников сахарной свеклы получили распространение традиционные способы полива: полив по бороздам, дождевание, капельный полив, и разрабатывается внутрипочвенно-капельный [5-7].

Научные исследования по выращиванию семян сахарной свеклы при внутрипочвенно-капельном поливе безвысадочным способом проводились в отделении селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» в с. Укромное Симферопольского района. Почвы черноземные, мицеллярно-карбонатные, тяжелосуглинистые, характерные для зоны предгорной степи. Мощность гумусового горизонта достигает 0,50-0,60 м. Плотность сложения почвы – 1,17 г/см³, плотность твердой фазы – 2,67 г/см³, пористость общая – 56,15 %, наименьшая влагоемкость (НВ) – 27,20 % в слое почвы 0-60 см.

Капельный и внутрипочвенный способы поливов являются современными и перспективными способами, которые широко внедряются в семеноводстве сахарной свеклы. Эти способы полива позволяют рационально использовать поливную воду, обеспечивая оптимальный ее расход. При микро-орошении можно с поливной водой вносить растворимые удобрения в соответствии с потребностями растений на основе создания благоприятного водного и питательного режимов почвы. Капельное и внутрипочвенное орошение обеспечивают высокий уровень механизации и автоматизации проведения поливов и технологических процессов [8, 9].

Важным условием внутрипочвенного орошения (ВПО) является внутрипочвенная укладка увлажнителей, что обеспечивает непосредственную подачу поливной воды к корням растений и защищает эмиттер от поломок, воздействия солнца и разворовывания. Сам принцип внутрипочвенного полива является перспективным, однако широкого развития этот способ не получил. Недостатком системы ВПО является высокая стоимость и сложность системы [10].

При внутрипочвенном орошении вода подается непосредственно к корням растений. Эффект взаимодействия почвы и корневой системы растений достигается, если активная часть корневой системы входит в зону оптимального и постоянного увлажнения почвы. Увлажнение оптимальной корнеобитаемой зоны даёт возможность проводить поливы меньшей поливной нормой, при этом обеспечивая нормальные условия для развития растений и получения высоких и устойчивых урожаев.

Верхний слой почвы 5-10 см (в зависимости от глубины укладки) не увлажняется, что уменьшает количество сорной растительности. Потери воды на испарение с поверхности почвы незначительные, так как верхний горизонт находится в подсушенном состоянии. Отсутствие корки на поверхности почвы способствует повышению водо- и воздухопроницаемости.

Наибольшее распространение из ВПО получили трубчатые системы. Они основаны на использовании внутрипочвенных увлажнителей различных конструкций для подачи воды в почву. Такие системы получили наиболее широкое распространение как в нашей стране, так и за рубежом. Регулирование давления в системе происходит за счет установления распределительных колодцев на трубопроводе с гидроавтоматами поддержания постоянного уровня воды 100 ± 10 см. Увлажнители выполняются из гончарных трубок (применяемых для укладки дрен) и полиэтиленовых перфорированных трубок. Для увеличения контура увлажнения и уменьшения удельного впитывания из увлажнителя используют экран из полиэтиленовой пленки, уложенной сверху и снизу трубки.

Внутрипочвенно-капельные системы работают при давлении 0,05-0,15 МПа. В качестве увлажнителей используются: ленточные трубопроводы, микропористые шланги, поливные трубопроводы капельного полива и трубопроводы с XFS для подпочвенного полива. Укладку увлажнителей производят бестраншейным способом с навесным укладчиком [11].

Целью исследований является безвысадочное выращивание семян сахарной свеклы с разной площадью питания растений. Установление оросительных норм и элементов техники внутрипочвенно-капельного полива. Определение фракционного состава и посевных качеств полученных в опыте семян сахарной свеклы.

В задачи проведенных нами исследований входили:

- биометрические измерения семенных растений сахарной свеклы;
- определение поливных норм и элементов техники полива;
- расчет водопотребления за вегетационный период;
- анализ солевого состава поливной воды и оценка пригодности для внутрипочвенного орошения;
- установление урожайности в зависимости от площади питания растений;
- определение фракционного состава и посевных качеств семян сахарной свеклы.

Материалы и методы. Полевые эксперименты проводили на опытном участке, расположенном в долине реки Салгир на ровной пойменной террасе в с. Укромное Симферопольского района. Почвы черноземные предгорные, мицеллярно-карбонатные, тяжело-суглинистые. Мощность гумусового горизонта 0,5-0,6 м. Участок внутрипочвенного орошения был создан в августе 2018 г. площадью 170 м². Использовались поливные трубки компании Rain Bird (США) $\varnothing$ 16 мм с водовыпусками через 0,33 м, уложенные на глубину 0,15 и 0,20 м. Известный в мировой практике как subsurface drip irrigation (SDI), т.е. внутрипочвенно-капельное орошение – это новый тренд в отечественной ирригации [12, 13].

Внутрипочвенная капельная трубка XFS с компенсированными капельницами. Патентованная технология COPPER SHIELD использует в качестве защиты от прорастания корней внутрь медные пластины, которые установлены в каждой капельнице. Химическая реакция от взаимодействия грунта и меди не дает живым корням развиваться, это качественная защита внутрипочвенных увлажнителей от зарастания.

В производстве использован фирменный двухкомпонентный материал, верхний защитный медно-красный слой закрывает черную полимерную основу трубки. Внутрипочвенные водовыпуски (капельницы) обеспечивают равномерный расход поливной воды по всей

длине капельной ленты в диапазоне от 0,6 до 4,2 бар. Водовыпуски с фирменной конструкцией, благодаря широкому проточному каналу с функцией самоочистки, не подвержены засорению. Для полива необходима очистка поливной воды до 125 микрон.

Тип водовыпуска (капельницы): самокомпенсирующий эмиттер с предфильтром, двойной контур с защитной медной пластиной. Характеристики: диаметр 16 мм; толщина стенки 1,2 мм; давление от 0,6 до 4,2 бар; интервал между водовыпусками 33 см; проектный расход воды 2,3 л/час.

В весенний период, после перезимовки, опытный участок с корнеплодами сахарной свеклы был разбит на делянки по вариантам опыта, на которых была сформирована разная густота стояния растений в соответствии с глубиной закладки увлажнителей для внутрипочвенного орошения. Площадь питания растений свеклы составляла: 0,07; 0,14; 0,21 м² при схеме посадки 70х10 см; 70х20 см; 70х30 см с укладкой увлажнителя на глубину 15 и 20 см.

Варианты опытов и повторности размещены в рандомизированном порядке методом случайных блоков по Доспехову. Полевые исследования проводились в соответствии с методикой исследований по сахарной свекле и методическими указаниями по определению эффективности приемов выращивания, оценке качества сырья семян сахарной свеклы, разработанными ФГБУН «ВНИИСС им. А. Л. Мазлумова».

Результаты и обсуждения. Опытные исследования проводились на сахарной свекле – гибрид РМС–120 российской селекции. Посев семян компонентов гибрида был проведен 28.08.2018 г. Сразу после посева проведены всходовывывающие поливы нормой 100 м³/га. В осенний период выпало 108,9 мм эффективных осадков. В связи с этим проводили внутрипочвенные поливы при предполивной влажности почвы 80 % от НВ на глубину увлажнения 0,35 м, за осенний период было проведено пять поливов нормой 100 м³/га. Забор поливной воды осуществлялся из шахтного колодца. Перед уходом растений на зимний период были проведены биометрические замеры: 14 ноября 2018 г. диаметр корнеплодов составил 1,05÷2,10 см, длина – 11,0÷18,0 см, количество листьев – 8÷10 шт., вес листьев – 20,4÷50,0 г, площадь листовой поверхности – 485÷1189 см². За осенний период водопотребление семенников сахарной свеклы составило 1589 м³/га.

Зима была малоснежной и теплой. Среднедекадная температура в зимний период колебалась в пределах от –1 до 5,3 °С (рисунок 1).

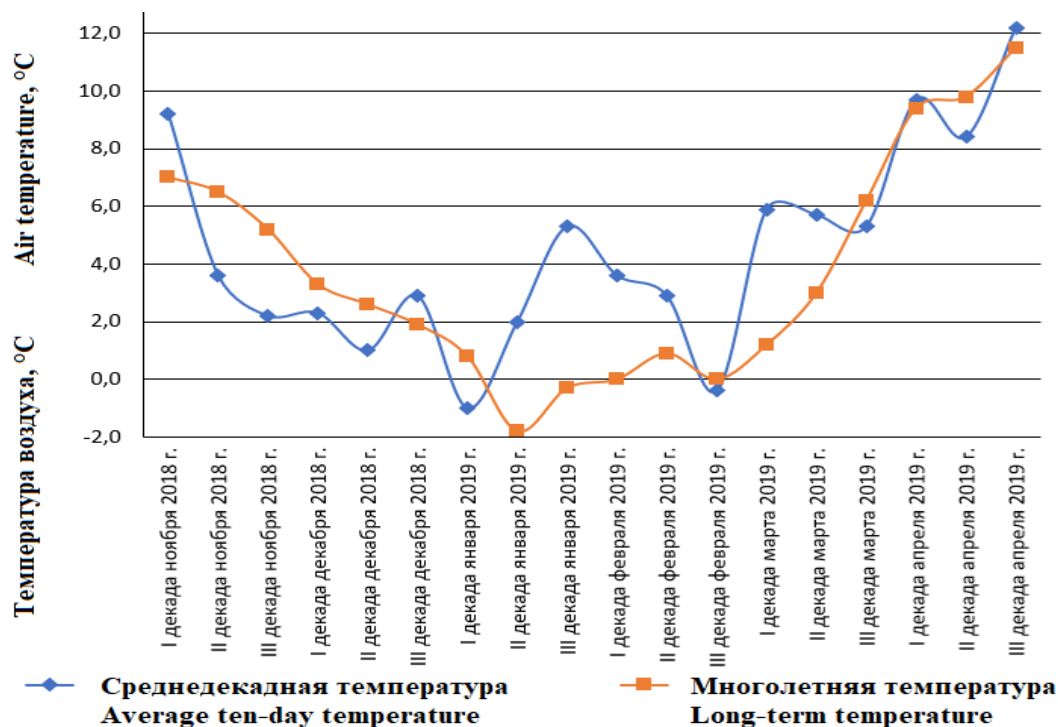


Рисунок 1 – Среднедекадная и среднемноголетняя температуры воздуха (зимний период 2018-2019 гг.)
Figure 1 – Average ten-day and average long-term air temperatures (Winter 2018-2019)

Из рисунка 1 можно констатировать, что условия перезимовки растений в сезон 2018-2019 гг. были благоприятными. Растения хорошо перезимовали, вымерзших корнеплодов не наблюдалось. За зимний период с ноября по апрель текущего года почвенные запасы пополнились на 1867 м³/га.

В весенний период, 23-25 апреля участок посевов сахарной свеклы был разбит на делянки, на которых была сформирована различная густота растений в соответствии с глубиной закладки внутрипочвенных увлажнителей для орошения. Весной первый полив был проведен 26 апреля. За апрель – май выпало очень мало осадков – 22 мм, поэтому за данный период было проведено 4 полива нормой 100 м³/га и 2 полива нормой 210 м³/га при предполивной влажности 70 % от НВ на глубину 60 см. У растений свеклы 6-8 мая было начало выброса стержня. У семенников с 17 мая повсеместно выброс стержня цветоноса, проведена первая чеканка растений с обрезкой на 10-15 см, 26.05.2019 г. – вторая, там, где не была сделана первая.

В июне выпало 61,0 мм эффективных осадков и было осуществлено 2 полива нормой 210 м³/га. В июле выпало 15,0 мм эффективных осадков и проведено 4 полива по 210 м³/га. Растения были в хорошем состоянии, и весь вегетационный период не проводилось опрыскивание от вредителей и болезней. В 2019 г. было осуществлено 12 поливов оросительной нормой 2080 м³/га. За весь период выращивания 2018-2019 гг. проведено 17 поливов, подано 2580 м³/га воды.

Динамика температурного и гидрологического режимов в течение вегетации свеклы показана на рисунке 2. Как видно из климатограммы, недостаток влаги наблюдался с апреля по июнь, в этот период из-за засухливости и недостатка влаги количество поливов увеличилось.

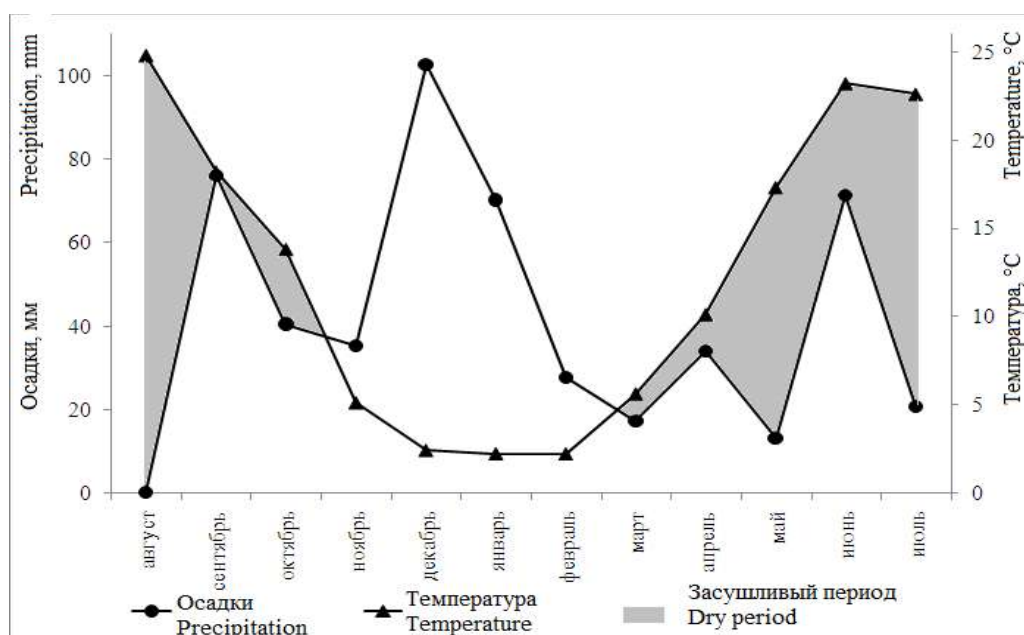


Рисунок 2 – Климатограмма за вегетационный период с. Укромное Симферопольского района
Figure 2 – Climatogram for the growing season. v. Ukromnoye, Simferopol district

На рисунке 3 представлен режим внутрипочвенного орошения семенников сахарной свеклы при безвысадочном способе выращивания в течение двух лет, который длился с 28 августа по 10 октября 2018 г. и с 26 апреля по 24 июля 2019 г.

На рисунке 4 показано водопотребление растений сахарной свеклы на семена. Водопотребление (полив + осадки, запасы почвенной влаги незначительные) за осенний период составило 1589 м³/га, в зимний – за счет осадков 1867 м³/га. В весенне-летний период 2019 г. максимальное водопотребление наблюдалось в июне – 1030 м³/га в период бутонизации и цветения семенников сахарной свеклы. За весь период выращивания семенников сахарной свеклы 2018 и 2019 гг. потребление воды составило 6516 м³/га, доля оросительной воды в водном балансе составила 40 %.

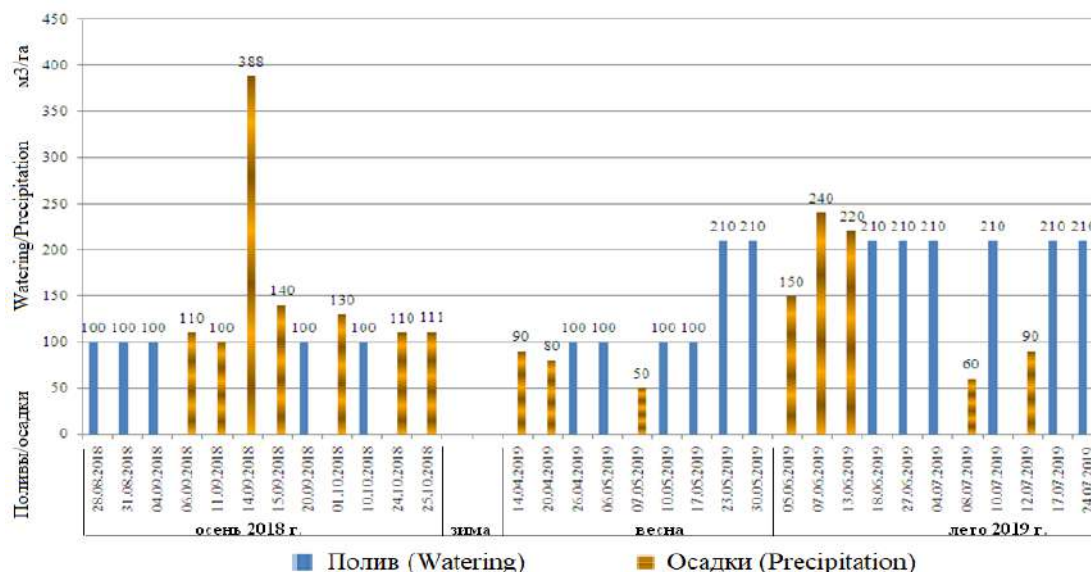


Рисунок 3 – Режим орошения при выращивании свеклы в с. Укомное Симферопольского района в 2018-2019 годах

Figure 3 – Irrigation regime for growing beets in the village Ukomnoye, Simferopol district in 2018-2019

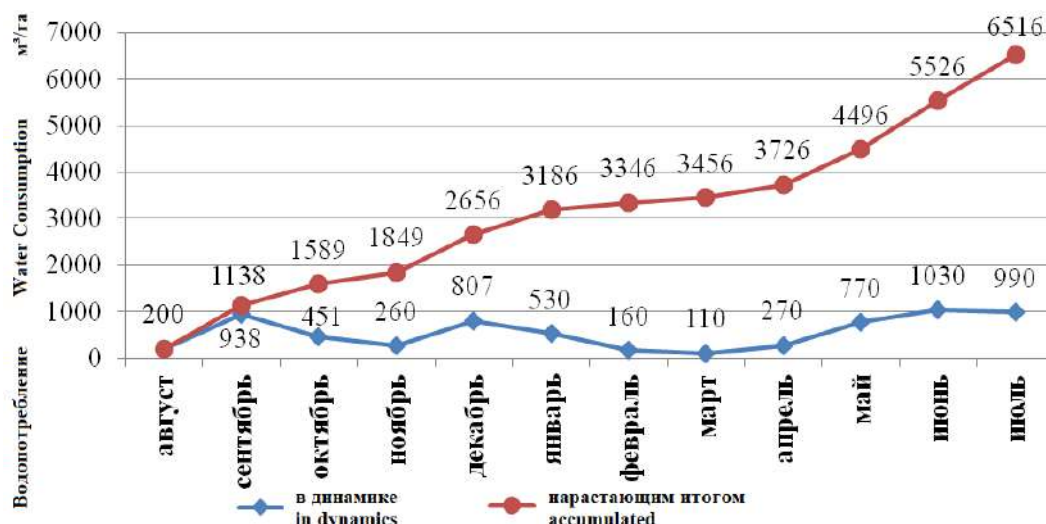


Рисунок 4 – Водопотребление в динамике и нарастающим итогом при внутрипочвенном орошении семенников сахарной свеклы при выращивании безвысадочным способом

Figure 4 – Water consumption in dynamics and on cumulative total during subsoil irrigation of sugar beet seeds when grown without planting

31 июля и 01 августа проведены биометрические замеры, осуществлена уборка урожая, обрезка растений, просушка и проветривание под навесом в течение 14 дней. Обмолот семенников проводился молотилкой – самодельной дробильной установкой отдела селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма». При проведении обмолота имелись незначительные потери семян.

Технологическую основу внутрипочвенно-капельного орошения составляют элементы техники полива и режимы орошения сельскохозяйственных культур. Основными элементами техники внутрипочвенно-капельного полива являются: удельный расход увлажнителя, контур, глубина и ширина контура увлажнения, единичная поливная норма. Исследования по определению элементов техники полива проводили на участке орошения семенников сахарной свеклы внутрипочвенно-капельным способом, при укладке увлажнителей на глубину 15 и 20 см. Поливная норма 210 м³/га. Средний расход на 1 водовыпуск составлял 1,31 л/час, расход увлажнителя на 1 пм – 3,93 л/час.

Полевыми исследованиями определяли ширину полосы увлажнения, распределение влаги вверх, вниз и по горизонтали исследования проводили по методике, разработанной М. С. Григоровым и А. Д. Ахметовым.

$D_B = a_1 + a_2$ – вертикальный диаметр увлажнения;

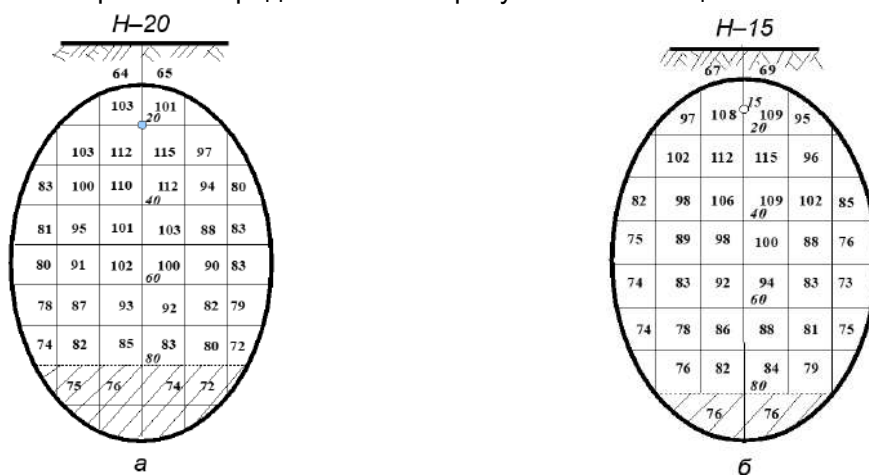
D_r – горизонтальный диаметр увлажнения;

$K'_B = \frac{a_1}{a_2}$ – коэффициент вертикального распределения влаги;

$K_\phi = \frac{D_B}{D_r}$ – коэффициент формы контура увлажнения.

Предварительно были определены водно-физические свойства почв-грунтов опытного участка. Контур увлажнения внутрипочвенно-капельного орошения имеет эллипсоидную форму.

Результаты полевых исследований по элементам техники капельно-внутрипочвенного орошения представлены на рисунке 5 и таблице 1.



Поливной трубопровод (ПТ Rain Bird $\varnothing$ 16 мм, водовыпуск q – 2,3 л/час, интервал 0,33 м, m – 210 м³/га, увлажнитель уложен на глубину: а) 20 см; б) 15 см.

Рисунок 5 – Контуры увлажнения и распределения влаги в нем при внутрипочвенно-капельном орошении
Figure 5 – Contours of moistening and distribution of moisture in it during drip-subsurface irrigation

Таблица 1 – Элементы техники внутрипочвенно-капельного полива семенников сахарной свеклы
Table 1 – Elements of the technique of drip-subsoil irrigation of sugar beet seeds

№ п/п	Показатели / Indicators	Единицы измерения / Units	Увлажнитель уложен на глубину / Humidifier laid at depth	
			15 см / cm	20 см / cm
1	Неувлажняемый слой почвы / Non-wet soil layer	см / cm	7	11
2	Распределение влаги по горизонтали / Horizontal moisture distribution	см / cm	58	56
3	Распределение влаги по вертикали / Vertical moisture distribution			
	а) вверх, над увлажнителем / a) up, above the humidifier	см / cm	8	9
	б) вниз, под увлажнителем / b) down, under the humidifier	см / cm	75	78
	в) сумма по вертикали / c) vertical sum	см / cm	83	87
4	Глубина увлажнения / Moisture depth	см / cm	90	98
5	Площадь контура увлажнения / Area of the moisture circuit	м ² / m ²	0,378	0,383
6	Объем увлажнения / Moisture Volume	м ³ / m ³	0,209	0,222
7	Коэффициент формы увлажнения / Wetting Form Coefficient	–	1,43	1,55
8	Коэффициент по вертикали / Vertical coefficient	–	0,11	0,12

При укладке поливного трубопровода на глубину 15 см и 20 см с расстоянием между водовыпусками 33 см верхний горизонт 7 см и 11 см не увлажнялся (влажность почвы составляла 65-70%). Максимальный диаметр распределения влаги по горизонтам составил 58 и 56 см соответственно. Подъем влаги над увлажнителем достигал 8 и 9 см. Внизу, под внутривпочвенным увлажнителем образовывался очаг переувлажнения с влажностью 110-115 % НВ, при укладке на 15 см вода проникла вниз от увлажнителя на 75 см, а при укладке на 20 см проникла на 78 см. Глубина увлажнения составила, соответственно, 90 и 98 см.

Площадь контура увлажнения при укладке на 15 см была равна 0,378 м², а при глубине укладки увлажнителя 20 см – 0,383 м². Объем увлажнения соответственно составил – 0,209 м³ и 0,222 м³. Коэффициент формы увлажнения 1,43 и 1,55, коэффициент по вертикали соответственно равен 0,11 и 0,12. Оба контура не имеют существенных отличий. Возможно укладывать увлажнители на обе глубины и допустимо увеличить укладку поливной трубы до 35 см. Экономия поливной воды по сравнению с капельным способом полива составила до 15 %. Верхний горизонт находился в подсушенном состоянии.

Водопотребление за осенний период составило 1589 м³/га, в зимний – за счет осадков 1867 м³/га. В весенне-летний период 2019 г. максимальное водопотребление наблюдалось в июне – 1030 м³/га в период бутонизации и цветения семенников сахарной свеклы. За весь период выращивания семенников сахарной свеклы 2018 и 2019 гг. потребление воды составило 6516 м³/га (поливы – 40 %, осадки – 60 %). При безвысачочным способе выращивания семян сахарной свеклы происходит рациональное и эффективное использование атмосферных осадков.

31 июля и 01 августа проведены уборка урожая, биометрические замеры, обрезка растений. Проветривание и сушка под навесом происходили в течение двух недель (таблица 2).

Таблица 2 – Биометрические показатели и продуктивность семенников сахарной свеклы
Table 2 – Biometric indicators and productivity of sugar beet seeds

Показатели / Indicators	НСП ₀₅	Площадь питания растений и глубина укладки увлажнителей / Area of plant nutrition and depth of humidifiers					
		70×10 см / cm		70×20 см / cm		70×30 см / cm	
		15 см / cm	20 см / cm	15 см / cm	20 см / cm	15 см / cm	20 см / cm
Высота растений перед уборкой, см / Plant height before harvesting, cm	4,8	161,2	155,4	154,7	148,3	152,0	146,1
Диаметр штамба центрального стебля, мм / Diameter of the trunk of the central stem, mm	2,1	17,8	14,9	19,4	19,7	18,2	21,2
Вес вегетативной части растений, г / Weight of the vegetative part of plants, g	9,6	278,2	316,4	342,6	354,1	402,0	416,2
Урожай семян с одного растения, г / Seed yield from one plant, g	5,1	22,4	37,5	43,5	48,4	55,4	51,4

В результате проведенных биометрических измерений высота растений изменялась от 146,1 см на варианте 1 с площадью питания растений 70х30 см и глубиной укладки увлажнителя на 20 см до 161,2 см с площадью питания растений 70х10 см и глубиной закладки увлажнителя на 15 см. Диаметр штамба центрального стебля минимальный 14,9 см (на варианте 2) максимальный 21,2 см (на варианте с площадью питания растений 70х30 см и глубиной укладки увлажнителя на 20 см). Вес вегетационной части растений варьировал от 278,2 г (на варианте 1) до 416,2 г (на варианте с площадью питания растений 70х30 см и глубиной закладки увлажнителя 20 см).

Минимальный урожай семян с одного растения наблюдался 22,4 г (на варианте с площадью питания растений 70х10 см и глубиной закладки на 15 см) а максимальный 55,4 г (на варианте с площадью питания растений 70х30 см и глубиной закладки увлажнителя на 15 см). Наибольшие показатели по диаметру центрального стебля, весу вегетативной части растений, урожайности семян с одного растения наблюдались при площади питания растений 70х30 см. По глубине закладки увлажнителей существенных отличий нет.

Семеноводство сахарной свеклы направлено на импортозамещение и получение максимальных показателей продуктивности гибридов, таких как урожайность, сахаристость и сбор сахара. Это предъявляет определенные требования к заготовительному сырью семян: всхожесть не менее 70 %, доброкачественность – не менее 88 %, односемянность – не менее 85 %, общее содержание семян непосевных фракций (<3,5 мм и >5,5 мм) – не более 25 %. На стадии получения сырья необходим анализ фракционного состава семян, определяющий качество будущего посевного материала. Фракции семян 3,5-5,5 мм являются наиболее предпочтительными для посадки. Основными показателями оценки, сырья свеклосемян являются доброкачественность, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, которые представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Посевные качества семян сахарной свеклы (2019 г.)
Table 3 – Sowing qualities of sugar beet seeds (2019)

Показатели / Indicators	Фракции, мм / Fractions, mm	70×10 см / cm		70×20 см / cm		70×30 см / cm	
		15 см / cm	20 см / cm	15 см / cm	20 см / cm	15 см / cm	20 см / cm
Энергия прорастания, % / Germination energy, %	4,5-5,5	78,3	79,3	70,3	75,3	74,3	72,3
	3,5-4,5	75,7	73,7	72,3	71,4	71,7	71,4
	3,0-3,5	64,0	68,3	69,7	69,3	64,3	67,8
Лабораторная всхожесть, % / Laboratory germination, %	4,5-5,5	80,7	81,3	75,6	77,3	76,3	78,1
	3,5-4,5	78,7	76,3	75,6	76,7	75,2	77,0
	3,0-3,5	65,8	70,3	72,9	71,4	74,8	71,5
Доброкачественность, % / Доброкачественность, %	4,5-5,5	91,0	94,5	92,0	90,4	92,5	92,3
	3,5-4,5	94,0	96,0	95,4	93,5	94,8	95,0
	3,0-3,5	86,0	88,1	89,3	87,0	89,4	87,2

По основным показателям оценки качества сырья, полученного при выращивании сахарной свеклы на семена, высокие показатели получены по всем вариантам, однако на варианте с площадью питания растений 70х30 см немного выше.

Отбор проб воды осуществлялся один раз. Солевой состав определялся для поливной воды из шахтного колодца с. Укромное Симферопольского района (земли Отдела селекции, семеноводства, овощных и бахчевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма»).

Таблица 4 – Солевой состав поливной воды, используемой для орошения в опыте
Table 4 – Salt composition of irrigation water used for irrigation in the experiment

Дата отбора пробы / Date of sampling	pH	Растворенные элементы, мг/дм ³ / Dissolved elements, mg/dm ³										Минерализация, г/дм ³ / Mineralization, g/dm ³
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	
29.07.19	7,2	384,3	67,5	161,0	9,4	сл.	160,0	16,8	39,0	7,3	0,2	0,85

Состав солей в отобранном образце по формуле Курлова можно классифицировать как гидрокарбонатносульфатный-кальциевый:

$$\text{NO}_3^- \ 9,4 \ M \ 0,85 \frac{\text{HCO}_3^- \ 55 \ \text{SO}_4^{-2} \ 29 \ \text{Cl}^- \ 16}{\text{Ca}^{+2} \ 71 \ (\text{Na}^+ + \text{K}^+) \ 17 \ \text{Mg}^{+2} \ 12},$$

Вода пресная, так как содержание солей меньше 1 г/дм³, имеет слабощелочную реакцию (pH=7,2).

Оценка пригодности отобранных проб для целей орошения определялась на основании ирригационного коэффициента, коэффициента ионного обмена, натриевого адсорбционного отношения и почвенно-мелиоративной классификации оросительной воды. Расчеты приведены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Оценка пригодности отобранных образцов воды по используемым в России методикам
Table 5 – Assessment of the suitability of selected water samples using methods used in Russia

Дата отбора пробы / Date of sampling	Ирригационный коэффициент / Irrigation coefficient	Коэффициент ионного обмена / Ion Exchange Coefficient	Натриевое адсорбционное отношение (SAR) / Sodium adsorption ratio (SAR)
29.07.2019	30,25	4,94	0,11

Из анализа таблицы 5 наглядно видно, что по всем показателям данную воду можно классифицировать как пригодную для орошения: ирригационный коэффициент больше 18, коэффициент ионного обмена больше 1, а натриевое адсорбционное отношение меньше 8. По результатам анализа таблицы 6 поливная вода относится к первому классу, то есть не оказывает негативного воздействия на плодородие почв, урожайность сельскохозяйственных культур, экологическую и мелиоративную обстановку.

Таблица 6 – Оценка пригодности отобранных образцов воды по почвенно-мелиоративной классификации
Table 6 – Assessment of the suitability of selected water samples according to soil reclamation classification

Дата отбора пробы / Date of sampling	Степень опасности развития процессов / Degree of danger of the development of processes					класс воды / Water Class
	общего засоления / total salinity	хлоридного засоления / chloride salinity	натриевого осолонования / sodium salinization	магниевого осолонования / magnesium salinization	содообразования / soda formation	
29.07.19	I	I	I	I	I	I

Заключение. Зимний период 2018-2019 гг. был малоснежным и теплым, среднедекадная температура изменялась в пределах от –1,0 до +5,3 С. Всего за вегетационный период понижение среднесуточной температуры ниже 0 С составило 26 дней, условия перезимовки растений были благоприятными. При безвысадочном способе выращивания семян сахарной свеклы происходит эффективное использование атмосферных осадков, которые могут достигать 60 % от водопотребления культуры.

В весенне-летний период 2019 г. максимальное водопотребление наблюдалось в июне – 1030 м³/га в период бутонизации и цветения семенников сахарной свеклы, за весь период выращивания потребление воды составило 6516 м³/га, а оросительная норма 2580 м³/га, проведено 17 поливов.

При внутрипочвенно-капельном орошении контур увлажнения имеет эллипсовидную форму, при расстоянии между водовыпусками 33 см с расходом 1,31 л/час образуется сплошная полоса увлажнения. Верхний слой почвы 7-11 см не увлажнялся, оставался сухим, улучшая ее водо- и воздухопроницаемость.

Наибольшая продуктивность семенников сахарной свеклы наблюдалась при плотности посадки 70х30 см, по глубине укладки увлажнителей существенных отличий нет. Можно расположить поливную трубку на глубину до 35 см (глубина вспашки +10 см).

Conclusions. The winter period of 2018-2019 was warm and low on snow, the average ten-day temperature varied from –1.0 to +5.3 °C. In total, during the growing season, the average daily temperature dropped below 0 °C for 26 days, the overwintering conditions for plants were favorable. With the non-planting method of growing sugar beet, seeds there is an effective use of atmospheric precipitation, which can reach 60 % of the crop's water consumption. In the spring-summer period of 2019 the maximum water consumption was observed in June – 1030 m³/ha during the budding and flowering of sugar beet seed plants, for the entire growing period water consumption was 6516 m³/ha, and the irrigation rate was 2580 m³/ha, 17 irrigations were carried out. With subsurface drip irrigation, the moistening contour has an elliptical shape, with a distance between water outlets of 33 cm and a flow rate of 1.31 l/hour, a continuous moistening strip is formed. The upper soil layer of 7-11 cm was not moistened; it remained dry, improving its water and air permeability. The highest productivity of sugar beet seedlings was observed with a planting density of 70x30 cm, there are no significant differences in the depth of laying the humidifiers. It is possible to place the irrigation pipe at a depth of up to 35 cm (plowing depth +10 cm).

Библиографический список

1. Кухарев О. Н., Семов И. Н., Старостин И. А. К вопросу технико-технологического обеспечения селекции и семеноводства сахарной свеклы. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 4-2 (56). С. 25-30.

2. Корниенко А. В., Скачков С. И., Семенихина Л. В., Мельников Ю. Н. Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства свеклы сахарной в РФ. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 94. С. 94-107.
3. Сайфетдинова П. В. Факторы эффективности развития отечественного свеклосахарного подкомплекса. Экономика сельского хозяйства России. 2024. № 7. С. 86-94.
4. Косенко Н. П., Бондаренко Е. А. Выращивание семян свеклы столовой безвысадочным способом при капельном орошении в условиях юга Украины. Земледелие и селекция в Беларуси. 2019. № 55. С. 385-391.
5. Боровой Е. П., Ходяков Е. А., Кременской В. И., Джапарова А. М. Получение семян сахарной свёклы из штеклингов с использованием очищенных сточных вод в Крыму. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 42-50.
6. Радченко Л. А., Кременской В. И., Джапарова А. М., Бартенев И. И., Гаврин Д. С. Опыт выращивания семян сахарной свеклы безвысадочным способом с использованием внутрипочвенного орошения. Сахарная свекла. 2021. № 1. С. 10-15.
7. Алматар А., Кузнецов Е. В., Хаджиди А. Е. Сравнение продуктивности сои при капельном и внутрипочвенном орошении на рисовых почвах. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 315-323.
8. Alaa I. H., Ahmed F. S. The effect of three depths of subsurface drip irrigation levels with two types of soil on the percentage of soil moisture content. Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering). 2022. № 84:4. Pp. 149-157.
9. Mallikarjun R., et al. Growth of watermelon under surface and subsurface drip irrigation system in semi-arid region. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2020. № 9 (3). Pp. 1300-1304.
10. Zhuraev F. U., Karimov G. Kh. Equipment and technology for subsurface drip irrigation of intensive gardens in the Bukhara region of the Republic of Uzbekistan. Agricultural Machinery and Technologies. 2021. V. 15. № 2. Pp. 4-8.
11. Храбров М. Ю., Колесова Н. Г., Кудрявцева Л. В. Технические решения по системам внутрипочвенного орошения. Гидротехническое строительство. 2023. № 5. С. 24-28.
12. Hiba G., Boutheina M. D., Basma L., Mguidich B. A., Ghazouani I., Abdelhamid B. Effect of dripline depth on the agronomic parameter of eggplant *Solanum melongena* L. (Solanaceae). Brazilian Journal of Biological Sciences. 2019. V. 6. № 12. Pp. 243-250.
13. Noguchi K., Saito H., Saefuddin R., Šimunek J. Evaluation of Subsurface Drip Irrigation Designs in a Soil Profile with a Capillary Barrier. Water. 2021. № 13. P. 1300.

References

1. Kukharev O. N., Semov I. N., Starostin I. A. On the issue of technical and technological support for the selection and seed production of sugar beets. Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2019. Vol. 14. No. 4-2 (56). Pp. 25-30.
2. Kornienko A. V., Skachkov S. I., Semenikhina L. V., Melnikov Yu. N. Current state and prospects for the development of selection and seed production of sugar beets in the Russian Federation. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2022. No. 94. Pp. 94-107.
3. Saifetdinova P. V. Factors of the development efficiency of the domestic sugar beet subcomplex. Agricultural Economics of Russia. 2024. No. 7. Pp. 86-94.
4. Kosenko N. P., Bondarenko E. A. Growing table beet seeds without planting under drip irrigation in the south of Ukraine. Agriculture and Breeding in Belarus. 2019. No. 55. Pp. 385-391.
5. Borovoy E. P., Khodyakov E. A., Kremenskoy V. I., Dzhaparova A. M. Obtaining sugar beet seeds from stecklings using treated wastewater in Crimea. News of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2019. No. 3 (55). Pp. 42-50.
6. Radchenko L. A., Kremenskoy V. I., Dzhaparova A. M., Bartenev I. I., Gavrin D. S. Experience of growing sugar beet seeds without planting using subsurface irrigation. Sugar beet. 2021. No. 1. Pp. 10-15.
7. Almatar A., Kuznetsov E. V., Khadzidi A. E. Comparison of soybean productivity with drip and subsurface irrigation on rice soils. News of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. No. 2 (70). Pp. 315-323.
8. Alaa I. H., Ahmed F. S. The effect of three depths of subsurface drip irrigation levels with two types of soil on the percentage of soil moisture content. Journal Technology (Sciences & Engineering). 2022. No. 84:4. Pp.149-157.
9. Mallikarjun R., et al. Growth of watermelon under surface and subsurface drip irrigation system in semi-arid region. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2020. No. 9 (3). Pp. 1300-1304.
10. Zhuraev F. U., Karimov G. Kh. Equipment and technology for subsurface drip irrigation of intensive gardens in the Bukhara region of the republic of Uzbekistan. Agricultural Machinery and Technologies. 2021. V. 15. No. 2. Pp. 4-8.
11. Khrabrov M. Yu., Kolesova N. G., Kudryavtseva L. V. Technical solutions for subsurface irrigation systems. Hydrotechnical construction. 2023. No. 5. Pp. 24-28.
12. Hiba G., Boutheina M. D., Basma L., Mguidich B. A., Ghazouani I., Abdelhamid B. Effect of dripline depth on the agronomic parameter of eggplant *Solanum melongena* L. (Solanaceae). Brazilian Journal of Biological Sciences. 2019. V. 6. No. 12. Pp. 243-250.
13. Noguchi K., Saito H., Saefuddin R., Šimunek J. Evaluation of Subsurface Drip Irrigation Designs in a Soil Profile with a Capillary Barrier. Water. 2021. No. 13. P. 1300.

Информация об авторах

Кременской Владимир Иванович, научный сотрудник, ФГБУН Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Российская Федерация, 295453, г. Симферополь, ул. Киевская, 150), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7427-4747>, e-mail: kvi19497@rambler.ru

Джапарова Айше Музафаровна, младший научный сотрудник, ФГБУН Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Российская Федерация, 295453, г. Симферополь, ул. Киевская, 150), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2671-7021>, e-mail: dja-ajj@rambler.ru

Authors' Information

Kremenskoy Vladimir Ivanovich, Researcher, Research Institute of Agriculture of Crimea (Russian Federation, 295453, Simferopol, Kievskaya Str., 150), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7427-4747>, e-mail: kvi19497@rambler.ru

Dzhaparova Ayshe Muzafarovna, Junior Researcher, Research Institute of Agriculture of Crimea (Russian Federation, 295453, Simferopol, Kievskaya str., 150), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2671-7021>, e-mail: dja-ajj@rambler.ru

**THE MAIN CRITERIA FOR QUALITY CONTROL OF DESIGN AND SURVEY
DOCUMENTATION OF THE RECLAMATION COMPLEX OF RUSSIA****Matsiy V. S., Kuznetsov E. V.***Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin
Krasnodar, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vmatsiys@gmail.com

Received 10.01.2025

Submitted 10.05.2025

Summary

The article presents the results of fodder and technological evaluation of grain samples of winter triticale. The results of the studies showed that all studied variety samples differed in the degree of severity of qualitative traits. The released samples have a complex of economically valuable properties and can be recommended for use as a starting material for the selection of winter triticale of feed and food (bakery) directions.

Abstract

Introduction. The production of any stage of construction is accompanied by the preparation of appropriate documentation in order to ensure the reliability of buildings and structures under construction, their study and design is strictly standardized and requires mandatory quality control. However, a large number of existing regulatory and technical and regulatory documentation in the field requires structuring of the quality management system for design and survey documentation. **Object.** The subject of research is the regulatory framework for the preparation of design and survey documentation. **Materials and methods.** The current regulatory legal acts in construction and land reclamation were used, as well as program articles on the regulatory framework of the reclamation complex of Russia. **Results and conclusions.** The concept of the quality control system for design and survey documentation has been developed. Control criteria are defined. Recommendations for the implementation of the management system have been developed. Non-conformities of design and survey documentation were identified and classified. Quality management systems do not provide for the requirement to assess the degree of impact of design product errors on the process of construction and operation of facilities, which can subsequently become the basis for decision-making for the design process. The classification of nonconformities of design and survey documentation with regulatory documents and safety requirements obtained by the faceted method, due to its great flexibility, makes it possible to form classification groups, include new and exclude old facets, as well as its suitability for machine processing.

Keywords: design and survey documentation, quality control of documentation, classification of non-conformities, facet method.

Citation. Matsiy V. S., Kuznetsov E. V. The main criteria for quality control of design and survey documentation of the reclamation complex of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 556-568 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-58.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.6.006.036

**ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКОЙ
ДОКУМЕНТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ****Маций В. С., аспирант****Кузнецов Е. В., доктор технических наук, профессор***ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»
г. Краснодар, Российская Федерация*

Актуальность. Производство любого этапа строительства сопровождается подготовкой соответствующей документации, с целью обеспечения надежности возводимых зданий и сооружений, их изучение и проектирование строго нормировано и требует обязательного контроля качества. Однако большое количество действующей нормативно-технической и нормативно-правовой документации в области требует структуризации системы менеджмента качества проектно-изыскательской документации. **Объект.** Объектом исследований является нормативно-правовая база по подготовке проектно-изыскательской документации. **Материалы и методы.** Использовались действующие нормативно-правовые акты в строительстве и мелиорации, а также программные статьи по нормативной базе мелиоративного комплекса России. **Результаты и выводы.** Разработан концепт системы контроля качества проектно-изыскательской документации. Определены критерии контроля. Разработаны рекомендации по внедрению системы менеджмента. Выявлены и классифицированы несоответствия проектной и изыскательской документации. В системах менеджмента качества не преду-

смотрено требование к оценке степени влияния ошибок проектной продукции на процесс строительства и эксплуатации объектов, что впоследствии для процесса проектирования может стать основой для принятия решений. Классификация несоответствий проектно-изыскательской документации нормативно-правовым документам и требованиям безопасности, полученная фасетным методом, ввиду его большой гибкости позволяет образовывать классификационные группировки, включать новые и исключать старые фасеты, а также его приспособленности к машинной обработке.

Ключевые слова: проектно-изыскательская документация, контроль качества документации, классификация несоответствий, фасетный метод.

Цитирование. Маций В. С., Кузнецов Е. В. Основные критерии контроля качества проектно-изыскательской документации мелиоративного комплекса России. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 556-568. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-58.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Система менеджмента качества проектно-изыскательской документации для строительства сооружений инженерной защиты мелиоративных объектов – комплекс методов проверки соответствия данных отчета по инженерным изысканиям, а также проектных решений исходных данных и требований действующих нормативных документов. Системы мелиорации земель принято делить на: исходные системы мелиорации, простую мелиоративную систему (МС), сложную МС, большую надсистему мелиорации [1]. К числу мелиоративных объектов относятся: каналы, коллекторы, трубопроводы, плотины, дамбы и др. Для защиты земель от воздействия водной эрозии, оползневых и селевых явлений прибегают к разработке мелиоративных систем, с включением агролесомелиоративных методов [2]. Агролесомелиорация содействует борьбе с засухой, эрозией (водной и ветровой), а также служит инструментом предотвращения гравитационных процессов за счет укрепления склонов корневой системой [3] (Высоцкий, 1950).

Внедрение технологий по типу ГИС, разработка типовой проектной документации, формирование баз данных и др. позволят не только систематизировать массив данных, но и упростить процесс подготовки проектных решений. Таким образом, геоинформационные системы возможно использовать с целью мониторинга текущего состояния, где исходные данные могут быть получены при помощи картографического материала, данных дистанционного зондирования, литературных данных и др. [4]. В свою очередь разработка типовой проектной документации предполагает включение организационно-управленческой функций, методов финансовой поддержки, а также научно-производственной деятельности и технологического трансфера [5]. Инженерная защита территорий должна обеспечивать – безопасность эксплуатации защищаемых объектов и возможность мониторинга за текущим состоянием сооружений [6]. Оптимальное размещение объектов инженерной защиты зависит от конфигурации и площади защищаемых объектов: так, на небольших по площади объектах рекомендуется располагать объекты инженерной защиты по границе участка, на больших – внутри объекта, на линейных – вдоль объекта [7].

Структуризация системы менеджмента качества проектно-изыскательской документации. Посредством проведенного анализа проектно-изыскательских работ как комплекса различных профильных мероприятий нами разработан концепт системы контроля качества (рисунок 1).

Современная технически совершенная мелиоративная система при разработке должна включать инженерно-мелиоративное, энерго- и ресурсосберегающее, нормативно-правовое обеспечения, а также некоторые другие виды [8].

Менеджмент качества проектно-изыскательской документации осуществляется с помощью управленческого (административного) контроля, а также процессов согласований отдельных разделов отчета по изысканиям и проектной документации со смежниками и заказчиком. В цели входного контроля исходных данных входят изучение архивных материалов инженерных изысканий (ИИ), а также проверка актуальности нормативно-технических документов, приведенных в техническом задании на выполнение проектно-изыскательских работ. Все это является отправной точкой в части контроля качества проектно-изыскательской документации, потому что при своевременном выявлении несоответствия требованиям технического задания возможно провести его корректировку и назначить действительно необходимые профильные критерии.



Рисунок 1 – Структура системы контроля качества проектно-изыскательской документации
Figure 1 – Quality System Structure design and survey documentation

Согласование отдельных разделов со смежными разработчиками или владельцами прилегающей к объекту инфраструктуры должно предусматривать дополнительную проверку на предмет наличия несоответствий или ошибок. Согласовательная деятельность направлена на проверку местоположения прилегающей к объекту инфраструктуры (сетей, заповедников, кладбищ, линий связи, водопроводов, газопроводов и т.д.) и непосредственно объекта инженерной защиты от опасных геологических процессов.

Ввиду уникальной специфики проектно-изыскательских работ проверка при согласовании не обеспечивает качество всего сооружения инженерной защиты. При согласовании каких-либо разделов отчета по изысканиям или проектной документации с заказчиком последний осуществляет проверку согласно требованиям, установленным им же в техническом задании – такая проверка не обеспечивает качества конечной продукции (проектно-изыскательской документации).

ГОСТ Р 21.1002 «Система проектной документации для строительства. Нормоконтроль проектной и рабочей документации»⁷ является единственным нормативно-техническим документом, положениями которого устанавливаются требования к проведению проверки проектно-изыскательской документации на предмет соответствия требованиям нормативных документов. Нормоконтроль проводят с целью обеспечения однозначности применения проектной и рабочей документации.

При производстве проектно-изыскательских работ должен быть сформирован структурный контроль внутри организации для проверки качества на различных административных уровнях (рисунок 2).

⁷ ГОСТ Р 21.1002-2014. Система проектной документации для строительства. Нормоконтроль проектной и рабочей документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : Техэксперт.

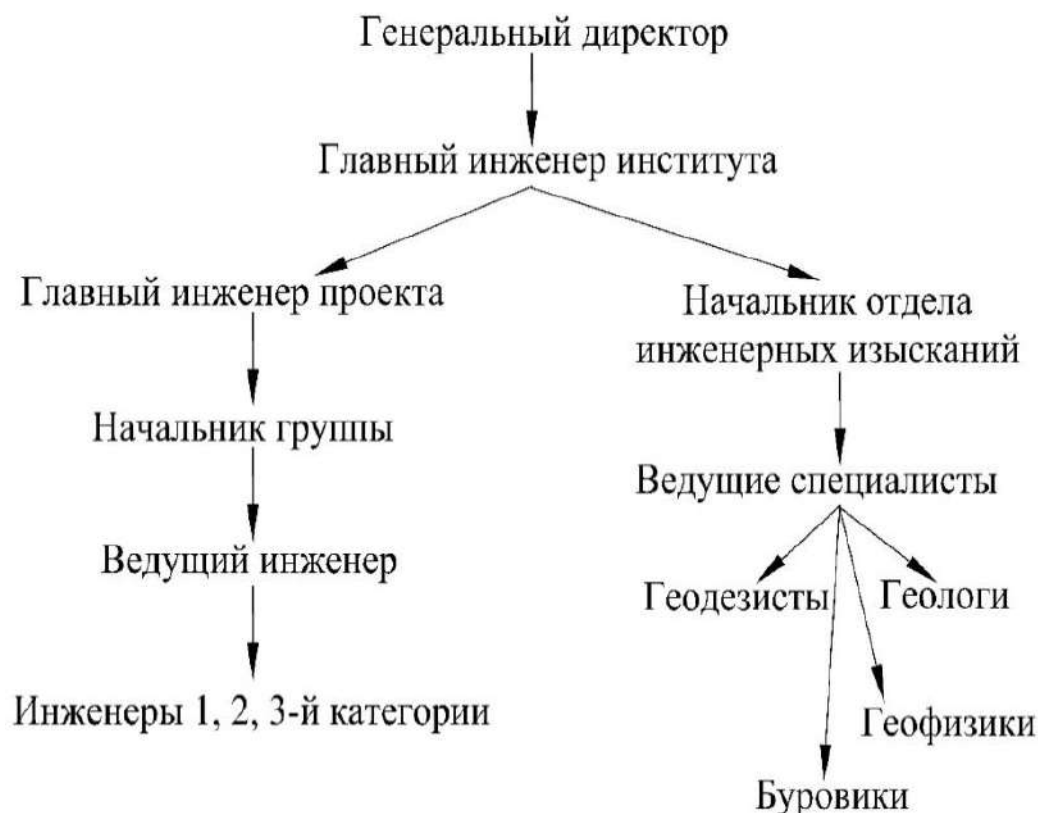


Рисунок 2 – Административная структура контроля качества проектно-изыскательских работ
Figure 2 – Quality Control Administrative Structure design and survey works

Следует отметить, что экономическая и техническая эффективность в рамках нормоконтроля не предусмотрены, в связи с чем наиболее целесообразным управленческим решением является назначение ответственного специалиста в группе, который будет осуществлять необходимые проверки в рамках менеджмента качества проектно-изыскательской документации.

Критерий контроля качества проектно-изыскательской документации (таблица 1) – это регулирующий нормативно-правовой или нормативно-технический акт, на основании которого определяется степень качества разработанного отчета по результатам инженерных изысканий и в последующем принятых технических и технологических решений. Необходимо включить следующие виды контроля качества:

- входной контроль исходных данных, предоставляемых заказчиком;
- административный контроль на различных уровнях принятия решений;
- согласование проведения ИИ и принимаемых проектных решений с владельцем пересекаемых коммуникаций;

- нормоконтроль проектно-изыскательской документации;
- государственная экспертиза проектно-изыскательской документации;
- утверждение проектно-изыскательской документации заказчиком.

Управление качеством возможно по средством использования следующих инструментов [9]:

- на уровне планирования: сбор и анализ данных;
- на уровне управления качеством: техническое задание, чек-листы этапов проектно-изыскательской деятельности, отчеты по отклонениям (промежуточные отчеты), видеоконференцсвязь, электронные протоколы и др.;
- на уровне контроля качества: обоснование основных объемов и решений, совещания с Главгосэкспертизой, технический совет Управления, отчеты по результатам производства проектно-изыскательской деятельности.

Таблица 1 – Критерии контроля качества проектно-изыскательской документации
Table 1 – Quality control criteria for design and survey documentation

№ п/п	Вид контроля / Type of control	Цели контроля качества / Objectives of quality control	Критерии контроля качества / Quality Control Criteria	Ответственный за проведение контроля / Responsible for the control	Контент контроля / Content Control
1	2	3	4	5	6
1	Входной контроль исходных данных, предоставляемых заказчиком: - задание на проектно-изыскательские работы; - требования к материально-техническому обеспечению; - технические требования на проектно-изыскательские работы; - результаты архивных инженерных изысканий; - информация из прошлых аналогичных объектов / Input control of the initial data provided by the customer: - assignment for design and survey work; - requirements for material and technical support; - technical requirements for design and survey work; - the results of archival engineering surveys; - information from past similar objects	Полнота исходных данных / Completeness of initial data	«Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 190-03; Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»; Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» / "Urban Planning Code of the Russian Federation" dated 29.12.2004 No 190-03; Federal Law of 30.12.2009 No 384-FL "Technical Regulations on the Safety of Buildings and Structures"; Decree of the Government of the Russian Federation dated February 16, 2008 No. 87 "On the Composition of Sections of Design Documentation and Requirements for Their Content"	Главный инженер проектной организации / Chief Engineer of the Specialized Organization	Контроль полноты представленных сведений для выполнения работ, проверки актуальности нормативных документов, указанных в техническом задании / Control of the completeness of the information provided for the performance of work, verification of the relevance of regulatory documents specified in the terms of reference
2	Административный контроль на различных уровнях принятия решений / Administrative control at different levels of decision-making	Соответствие принятых технических и технологических решений требованиям нормативной документации / Compliance of the adopted technical and technological solutions with the requirements of regulatory documentation	Требования технических регламентов, стандартов, сводов правил, прочих нормативных документов, определенных в качестве исходных данных / Requirements of technical regulations, standards, codes of practice, other regulatory documents defined as initial data	Главный инженер проекта (ГИП); Начальник отдела изысканий; специалисты / Chief Project Engineer; Head of the Survey Department; Specialists	Расчеты, проверка применяемых методик расчетов, сравнение технологических и технических решений с нормативными требованиями, проверка полноты данных, комплектности документации / Calculations, verification of the applied calculation methods, comparison of technological and technical solutions with regulatory requirements, verification of the completeness of data, completeness of documentation
3	Согласование проведения инженерных изысканий и принятых проектных решений с владельцами пересекаемых коммуникаций / Coordination of engineering surveys and design solutions with the owners of crossed communications	Соответствие требованиям ведения работ в охранных зонах / Compliance with the requirements of work in protected zones	«Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 190-03 / "Urban Planning Code of the Russian Federation" dated 29.12.2004 No 190-03	Главный инженер проекта (ГИП); начальник отдела изысканий / Chief Project Engineer; Head of Survey Department	Контроль посвоимых работ по правилам производства работ в охранных зонах / Control of the work carried out in accordance with the rules for the performance of work in protected zones

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
4	Нормоконтроль проектно-изыскательской документации / Regulatory control of design and survey documentation	Соблюдение требований и правил технических регламентов, стандартов СПДС, других документов по стандартизации, указанных в документации; обеспечение комплектности, достижение единообразия оформления, учета, хранения и внесения изменений в проектную и изыскательскую документацию / Compliance with the requirements and rules of technical regulations, SPDS standards, other standardization documents specified in the documentation; ensuring completeness, achieving uniformity of execution, accounting, storage and making changes to design and survey documentation	Требования технических регламентов, стандартов, сводов правил, прочих нормативных документов, определенных в качестве исходных данных / Requirements of technical regulations, standards, codes of practice, other regulatory documents defined as initial data	Главный инженер проекта (ГИП); начальник отдела изысканий; нормоконтроллер (при наличии) / Chief Project Engineer; Head of the Survey Department; Controller (if equipped)	Контроль качества в соответствии с ГОСТ Р 21.1002 «СПДС. Нормоконтроль проектной и рабочей документации» и иными нормативными документами / Quality control in accordance with GOST R 21.1002 "SPDS. Regulatory control of design and working documentation" and other regulatory documents
5	Государственная экспертиза проектно-изыскательской документации / State Expertise of Design and Survey Documentation	Предотвращение создания объектов, которые нарушают права физических и юридических лиц, интересы государства или не отвечают требованиям утвержденных стандартов (норм и правил), для оценки эффективности осуществляемых капитальных вложений / Prevention of the creation of facilities that violate the rights of individuals and legal entities, the interests of the state or do not meet the requirements of approved standards (norms and rules), to assess the effectiveness of capital investments	Технические регламенты, нормативная документация, сметные нормы / Technical regulations, regulatory documentation, estimate standards	ФАУ «Главгос экспертиза России» / FAI "Glavgos Expertise of Russia"	В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 05 марта 2007 г. № 145 «Положение об организации и проведении государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий» / In accordance with the Decree of the Government of the Russian Federation dated March 05, 2007 No. 145 "Regulations on the organization and conduct of the state examination of design documentation and the results of engineering surveys"
6	Утверждение проектно-изыскательской документации заказчиком / Approval of design and survey documentation by the customer	Наличие разрешительных и согласующих документов, сметные нормы / Availability of permits and approval documents, estimate standards	Технические регламенты, нормативная документация, сметные нормы / Technical regulations, regulatory documentation, estimate standards	Главный инженер проектной организации / Chief Engineer of the Specialized Organization	Приемка проектно-изыскательских работ заказчиком, подготовка актов о приемке выполненных работ и справки о стоимости выполненных работ и затрат / Acceptance of design and survey work by the customer, preparation of acceptance certificates for the work performed and certificates of the cost of work performed and costs

При возникновении вопросов по внесению изменений в проектную документацию требуется время на исправление замечаний. Исходя из этого нами предложена обновленная структура проведения экспертизы, где заказчиком проектно-изыскательской документации вносятся исключительно предложения по корректировке, а также содействию профильной организации в прохождении экспертизы посредством дополнительного контроля качества конечной продукции (рисунок 3).

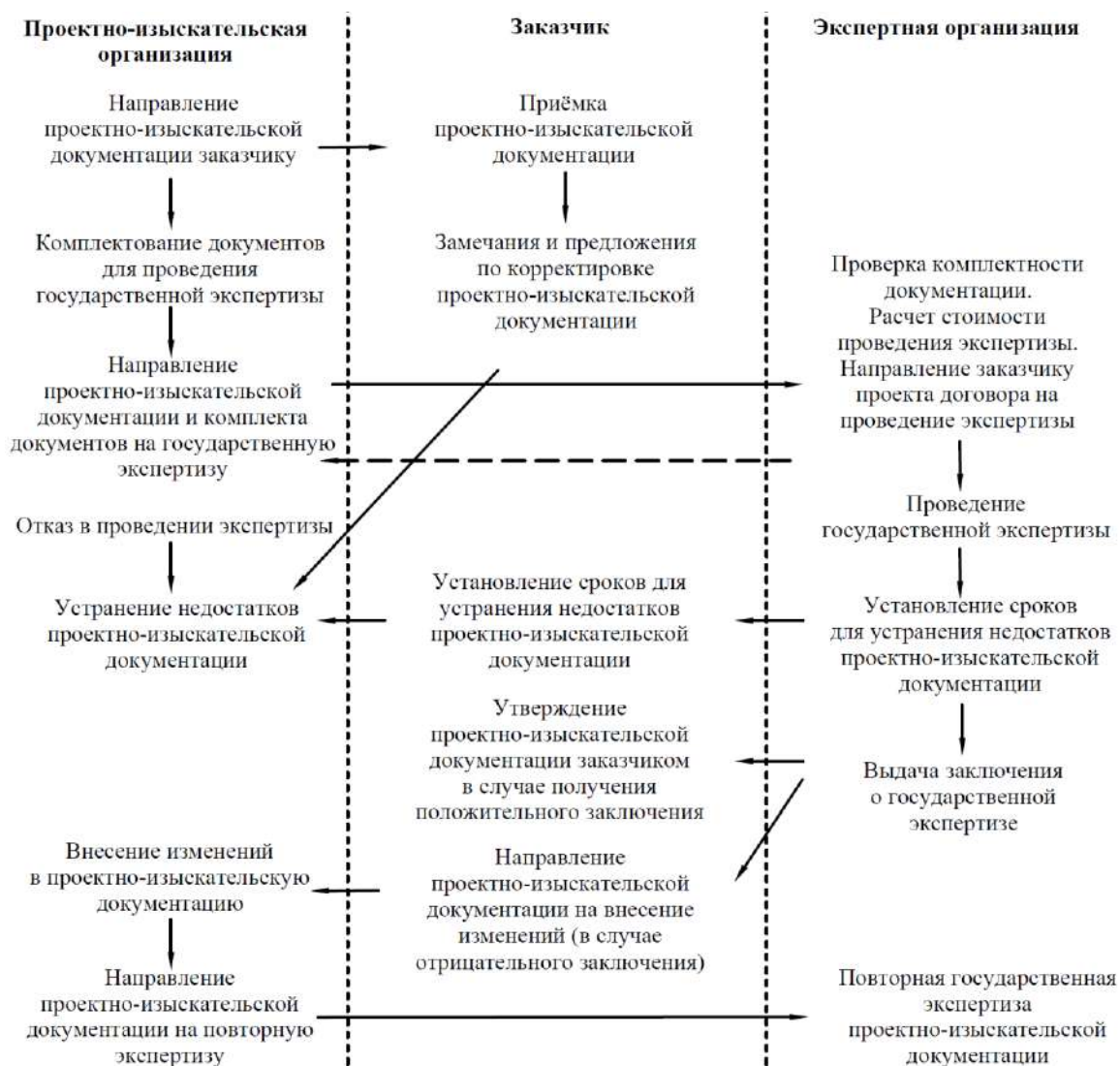


Рисунок 3 – Процесс проведения экспертизы проектно-изыскательской документации
Figure 3 – Process of examination of design and survey documentation

Экономия временного ресурса обусловлена, когда профильный институт и экспертный уполномоченный орган взаимодействуют напрямую. Это положительно скажется на накоплении информации в профильном проектно-изыскательском институте о причинах возникновения тех или иных характерных замечаний со стороны ФАУ «Главгосэкспертиза России».

Как правило, при проведении проектно-изыскательских работ на основании контрактов, заключенных по 44-ФЗ, направление проектно-изыскательской документации в ФАУ «Главгосэкспертиза России» осуществляется заказчиком. Ответственность за качество проектно-изыскательской документации как для строительства сооружений инженерной защиты, так и для иных отраслей строительного производства ФАУ «Главгосэкспертиза России» не несет. ФАУ «Главгосэкспертиза России» и иным экспертным органам необходимо нести ответственность, аналогично подрядчику, за несоответствие заявленному уровню качества работ.

Рекомендации по внедрению системы менеджмента качества проектно-изыскательской документации. Целью внедрения системы менеджмента качества (СМК), разрабатываемой в рамках исполнения требований стандартов ISO серии 90008, является стимулирование наиболее рационального подхода к организации проектно-изыскательских работ для соответствия конкретным требованиям нормативно-правовых документов. Система менеджмента качества профильного института должна функционировать по ряду направлений. Для обеспечения разработки качественной проектно-изыскательской документации ключевыми направлениями являются выработка действенных мер для устранения несоответствий и своевременной проверки актуальной нормативно-технической базы.

Основным заказчиком проектно-изыскательских работ по объектам инженерной защиты является государство, чьи требования изложены в нормативных правовых актах и договорах. В связи с этим обеспечение качества проектно-изыскательской документации должно достигаться путем внедрения систем качества внутри профильных организаций.

Производство проектно-изыскательских работ подразумевает в конечном счете обеспечение заказчика проектом для производства строительно-монтажных работ в рамках возведения сооружений инженерной защиты. Процессный подход, освещенный разделом 8 ГОСТ ISO 9001⁹, позволяет профильному проектно-изыскательскому институту планировать свои процессы и их взаимодействие. Требованиями раздела описан полный цикл проведения проектных работ.

Общеизвестно, что основой для принятия наиболее эффективных решений является оценка влияния разнородных факторов на изучаемый параметр. Этот факт является ключевым условием эффективного риск-менеджмента и менеджмента качества, но требованиями, приведенными межгосударственным стандартом, не определены критерии к оценке влияния тех или иных ошибок, допускаемых при проектировании. Особое внимание в рамках реализации проектно-изыскательских работ уделено отсутствию требований к проведению изысканий как категории. Упущение вызвано отсутствием отраслевой принадлежности ГОСТ Р ИСО 9001¹⁰.

В ходе проведенного анализа требований ГОСТ Р ИСО 90013 при разработке как внутренних стандартов организации по менеджменту качества, так и концептуализации эффективной системы нормативных документов для строительства сооружений инженерной защиты сделан вывод о необходимости учета ряда аспектов: следует расширить в частях соответствия отраслевым стандартам; сертификации персонала по СМК; стандартизации методов и иных критериев принятия технологических и технических решений; приемки работ ответственными лицами. Дополнительные требования должны учитывать специфику геотехнической отрасли, которая возникла на стыке строительных и транспортных наук. В конечном итоге это ведет к исполнению целей стандарта и повышению качества проектно-изыскательской документации.

Выявление несоответствий изыскательской и проектной документации. Анализ несоответствий проектно-изыскательской документации является определяющим для последующей разработки нормотворческих превентивных действий по снижению количества ошибок, а также элиминации ключевых причин их появления.

Для реализации поставленной цели определены задачи:

- установление источников по получению информации о несоответствиях;
- формулировка основных и вспомогательных правил классификации несоответствий проектно-изыскательской документации;
- дальнейшая систематизация полученной информации о несоответствиях по классификационным правилам и ее непосредственное использование в процессах оценки и менеджмента рисков.

⁸ ГОСТ ISO 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь [Электронный ресурс]. – Режим доступа Техэксперт.

⁹ ГОСТ ISO 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Техэксперт.

¹⁰ Информационный указатель (классификатор) межгосударственных стандартов, документов национальной системы стандартизации и отраслевых дорожных методических документов (Одобрено протоколом заседания секции НТС № 4 от 17.12.2019 № ЕН-4НТС-5) – Режим доступа : <https://rosavtodor.gov.ru/eye/page/3891/303321>

По данным отчетов ФАУ «Главгосэкспертиза России», подавляющую часть выявленных при проведении государственной экспертизы ошибок и недостатков составляют нарушения требований федеральных законов, нормативных правовых и нормативных технических документов в области проектирования.

Наиболее часто встречающиеся недостатки проектной и изыскательской документации, выявленные в ходе государственной экспертизы:

- недостаточная обоснованность конструктивных решений;
- неполнота проведенных инженерных изысканий;
- неверное назначение инженерно-геологических скважин, не обеспечивающих достоверную геологическую картину объекта;
- отсутствие оконтуривания проявления опасных геологических процессов при проведении инженерно-геодезических изысканий;
- недостаточная проработка раздела инженерно-технического обеспечения и инженерного оборудования;
- нерациональность технологических решений;
- несоответствие экологическим и санитарно-гигиеническим требованиям;
- нарушение нормативных требований пожарной безопасности и предупреждающих чрезвычайные ситуации;
- несоблюдение требований промышленной безопасности;
- нерациональность решений по организации строительства.

Следствием получения отрицательного заключения или возврата проектной документации на доработку являются затраты человеческих, временных и финансовых ресурсов на исправление несоответствий, допущенных при разработке проектно-изыскательской документации.

Наиболее характерными замечаниями, выявленными в ходе проведения экспертиз проектной документации, являются:

- недостаточное обеспечение прочности, устойчивости, конструктивной надежности и безопасности эксплуатации объекта;
- размещение сооружений инженерной защиты без достаточного учета инженерно-геологических и гидрогеологических условий района проектирования;
- размещение сооружений инженерной защиты без надлежащего учета экологических и дендрологических условий района проектирования;
- не в полном объеме представляется графическая часть по инженерному обеспечению объектов, а зачастую отсутствуют принципиальные схемы технологических процессов; технологические планировки с привязкой размещения оборудования на площадках; принципиальные схемы по обеспечению объекта инженерными сетями;
- недостаточность мероприятий по обеспечению безопасности при бурении инженерно-геологических скважин;
- не приведены технические решения при пересечении существующих коммуникаций, линий связи, автомобильных, железных дорог, водных преград;
- не приведены технические решения по монтажу, по антикоррозионной защите, водоотводных мероприятиях, этапам испытаний;
- проектные решения выполнены без учета сейсмических условий объекта;
- не представлены материалы обследования технического состояния существующих сооружений инженерной защиты;
- не выполнены технологические расчеты при разработке проектной и рабочей документации;
- не выполнены расчеты устойчивости склонов при разработке отчета по инженерным изысканиям;
- не выполнены расчеты устойчивости склонов при вариативном проектировании сооружений инженерной защиты.

Такие недостатки могут привести к катастрофическим последствиям или авариям с гибелью людей. Важной задачей профильного проектно-изыскательского института является предупреждение несоответствий на стадии разработки изыскательской и проектной документации для строительства сооружений инженерной защиты мелиоративных объектов.

Классификация несоответствий проектно-изыскательской документации. Решение классификационных задач способствует устранению несоответствий проектно-изыскательской документации требованиям нормативно-правовой базы Российской Федерации. В первую очередь к ним относятся:

- анализ причин возникновения;
- компетентный анализ классификационных признаков;
- возможность поиска и обмена информацией между специалистами, разрабатывающими проектно-изыскательскую документацию внутри профильного института, а также потребителями конечной продукции (проектно-изыскательской документации);
- возможность взаимного обмена с внешними информационными системами информацией;
- анализ массивов данных по несоответствиям.

Классификация – это отдельный методический подход, применяемый в рамках стандартизации, который состоит из следующих компонент:

- определение конкретного вида продукции, для которого следует проводить классификацию несоответствий;
- детерминация основных классификационных признаков;
- выбор классификационной методологии;
- сегрегация массива несоответствий на отдельно взятые кластеры по определенным признакам.

Интерпретацию полученных результатов классификационного процесса надлежит применять для когнитивного восприятия несоответствий с целью выбора наиболее эффективных управленческих решений на разных уровнях хозяйственной иерархии (рисунок 3) при:

- менеджменте качества конечной продукции (отчета по инженерным изысканиям и проектной документации);
- качественном и количественном влиянии различных факторов на качество конечного продукта (проектно-изыскательской документации);
- анализе статистической информации о причинах возникновения несоответствий, а также при проработке методологии по их устранению;
- менеджменте качества проектно-изыскательских работ;
- формировании информационных баз данных по менеджменту качества геотехнических объектов.

Для классификации несоответствий проектно-изыскательской документации необходимо определить источники информации об обнаруженных ранее несоответствиях. Максимальная детализация признаков такой классификации может быть достигнута путем объединения информации по несоответствиям всех участников проектно-изыскательских работ (профильные институты, органы экспертизы) и потребителей конечной продукции (заказчики, строительные организации, эксплуатационные организации). Ввиду того факта, что в настоящее время кумулятивная информационная система еще не существует, основными источниками информации о наиболее часто встречающихся ошибках проектно-изыскательской документации были выбраны аналитические отчеты ФАУ «Главгосэкспертиза России».

Аналитические отчеты составлены по итогам ежегодного анализа заключений государственной экспертизы проектно-изыскательской документации. В них отражены общие данные по качеству проектно-изыскательской документации, выпущенной на территории России, а также содержится детализация данных по направлениям строительства. Аналитические отчеты ФАУ «Главгосэкспертиза России» являются основным легитимным источником получения статистики.

Несоответствия проектно-изыскательской документации можно классифицировать по следующим признакам:

- следствия наличия несоответствий в проектно-изыскательской документации (отрицательное заключение экспертизы, исправление несоответствия);
- методы поиска несоответствия (методы контроля процессов разработки проектно-изыскательской документации);
- причины возникновения несоответствий (материально-техническое обеспечение, квалификация разработчика);
- виды несоответствий;
- методология устранения несоответствия.

При разработке классификации несоответствий проектно-изыскательской документации целесообразно применять иерархический и фасетный методы классификации.

Классифицируемая информация в случае использования иерархического метода разбивается по некоторому признаку на группировки (классы, подклассы, группы, подгруппы), постепенно ее конкретизирующие. Фасетный метод классификации обеспечивает образование соответствующих классификационных группировок путем комбинации значений, взятых из определенных фасетов. Набор фасетов при этом представляет группу признаков, по которым многократно и независимо делится классифицируемая информация. Фасетный метод используют для классификации полной информации о несоответствиях, а в качестве фасетов рассматривается набор признаков.

Фасетный метод классификации может быть рекомендован в качестве основного для получения информации о несоответствиях. Он обладает большой гибкостью, позволяя образовывать новые классификационные группировки, включать новые и исключать старые фасеты, хорошо приспособлен к машинной обработке (Красиков, 2009).

На рисунке 4 предложена классификация несоответствий проектной документации по признакам. С технической точки зрения качество работ и услуг должно выражаться через определенные параметры, характеристики, коэффициенты, которые в совокупности позволяют сделать прогноз, будет ли удовлетворен работами и услугами заказчик. Одним из факторов, влияющих на качество проектных работ на всех этапах их проведения, является качество задания на проектирование результатов инженерных изысканий. От полноты задания и достоверности исходных данных во многом зависит качество проектной документации.



Рисунок 4 – Классификация несоответствий проектно-изыскательской документации требованиям неотрывных актов

Figure 4 – Classification of non-conformities of design and survey documentation to the requirements of non-stop certificates

Другим фактором, от которого зависит качество проектных работ, является соблюдение сроков разработки проектной документации. Здесь важную роль играют не только объективные (техническая сторона вопроса), но и субъективные условия (способности и опыт специалистов). Также сказывается сжатость сроков разработки проектной документации (Красиков, 2009).

Как следует из анализа исходных данных, в частности задания на проектирование, установленные в нем требования зачастую сформулированы некорректно, неточно. Требования и технические задания крайне разнятся, а зачастую исходные данные по объекту, представленные в техническом задании на выполнение проектно-исследовательских работ по договору с коммерческим заказчиком, содержат только архивные сведения.

Заключение. В системах менеджмента качества не предусмотрено требование к оценке степени влияния ошибок проектной продукции на процесс строительства и эксплуатации объектов, что впоследствии для процесса проектирования может стать основой для принятия решений. Классификация несоответствий проектно-исследовательской документации нормативно-правовым документам и требованиям безопасности, полученная фасетным методом, ввиду его большой гибкости позволяет образовывать классификационные группировки, включать новые и исключать старые фасеты, а также его приспособленности к машинной обработке.

Conclusions. Quality management systems do not provide for the requirement to assess the degree of impact of design product errors on the process of construction and operation of facilities, which can subsequently become the basis for decision-making for the design process. The classification of nonconformities of design and survey documentation with regulatory documents and safety requirements obtained by the faceted method, due to its great flexibility, makes it possible to form classification groups, include new and exclude old facets, as well as its suitability for machine processing.

Библиографический список

1. Ивонин В. М. Мелиоративные системы: основы общей теории. Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12. № 1. С. 119-140.
2. Кузнецов Е. В., Маций В. С., Сидаравичуте У. Р. Диагностика эрозийной устойчивости селеопасных участков на территории Республики Крым. Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 4. С. 182-201.
3. Ивонин В. М. Мелиорация земель как научная дисциплина. Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11. № 3. С. 140-162.
4. Швейцарова С. И., Прокопец Р. В. Мониторинг мелиоративных объектов с применением ГИС-технологий. Геоинформационные технологии в сельском хозяйстве, природообустройстве и защите окружающей среды: материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Саратов: Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова, 2017. С. 145-148.
5. Слабунов В. В., Кириленко А. А., Воеводин О. В. Функциональные взаимосвязи инновационных механизмов развития с системой типовой проектной документации мелиоративных объектов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 475-482.
6. Волосухин В. А., Бандурин М. А., Приходько И. А. Теоретическое обоснование снижения рисков эксплуатации гидротехнических сооружений и использование гибких дамб для инженерной защиты территории от подтопления. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 407-418.
7. Ивонин В. М. Теоретические основы противозерозионных инженерно-биологических систем. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 4 (12). С. 15-29.
8. Щедрин В. Н., Коржов В. И., Белоусов А. А. Подходы к формированию принципов создания современных мелиоративных систем и объектов. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 3(39). С. 170-188.
9. Малышев В. Н. Система контроля качества разработки проектно-сметной документации на основе методов проектного управления. Экономический вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. 2021. № 1 (11). С. 52-68.

References

1. Ivonin V. M. Meliorative Systems: Fundamentals of General Theory. Land reclamation and hydraulic engineering. 2022. V. 12. № 1. Pp. 119-140.
2. Kuznetsov E. V., Matsii V. S., Sidaravichute U. R. Diagnostics of Erosion Stability of Mudflow Hazardous Sites in the Territory of the Republic of Crimea. Land reclamation and hydraulic engineering. 2023. V. 13. № 4. Pp. 182-201.
3. Ivonin V. M. Land reclamation as a scientific discipline. Land reclamation and hydraulic engineering. 2021. V. 11. № 3. Pp. 140-162.
4. Shveytsarova S. I., Prokopets R. V. Monitoring of Land Reclamation Objects with the Use of GIS Technologies. Geoinformation Technologies in Agriculture, Nature Engineering and Environmental Protection: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists. Saratov: Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, 2017. Pp. 145-148.
5. Slabunov V. V., Kirilenko A. A., Voevodin O. V. Functional Relationships of Innovative Development Mechanisms with the System of Standard Design Documentation of Reclamation Objects. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. № 2 (62). Pp. 475-482.
6. Volosukhin V. A., Bandurin M. A., Prikhodko I. A. Theoretical Substantiation of Reducing the Risks of Operation of Hydraulic Structures and the Use of Flexible Dams for Engineering Protection of the Territory from Flooding. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 4 (68). Pp. 407-418.

7. Ivonin V. M. Theoretical foundations of anti-erosion engineering and biological systems. Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2013. № 4 (12). Pp. 15-29.
8. Shchedrin V. N., Korzhov V. I., Belousov A. A. Approaches to the Formation of the Principles of Creating Modern Reclamation Systems and Objects. Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2020. № 3 (39). Pp. 170-188.
9. Malyshev V. N. Quality Control System for the Development of Design and Estimate Documentation Based on Project Management Methods. Economic Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management. 2021. № 1 (11). Pp. 52-68.

Информация об авторах

Маций Владимир Сергеевич, аспирант, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), e-mail: vmatsiys@gmail.com
Кузнецов Евгений Владимирович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), e-mail: dtn-kuz@rambler.ru

Authors' Information

Matsiy Vladimir Sergeevich, graduate student, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin St., 13), e-mail: vmatsiys@gmail.com
Kuznetsov Evgeny Vladimirovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin St., 13), e-mail: dtn-kuz@rambler.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-59

THE KINEMATICS OF THE HYBRID MANIPULATOR WITH AN ADDITIONAL LINK¹Nelyubova A. V., ¹Zhoga V. V., ²Nesmiyanov I. A.¹Volgograd State Technical University²Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: mqdschen@yandex.ru

Received 29.04.2025

Submitted 05.06.2025

The reported study was funded by VSTU (from the funds of the development program «Priority 2030» under the agreement № 075-15-2025-063) according to the research project № 25/639-24.

Summary

The article presents the results of fodder and technological evaluation of grain samples of winter triticale. The results of the studies showed that all studied variety samples differed in the degree of severity of qualitative traits. The released samples have a complex of economically valuable properties and can be recommended for use as a starting material for the selection of winter triticale of feed and food (bakery) directions.

Abstract

Introduction. The widespread use of parallel structure manipulators in the field of mechanical engineering, automotive, food production and agriculture is due to their significant advantages in the form of high load capacity, high speed, minimal errors in the positioning of the working body and structural rigidity under static and dynamic loads. Such manipulators are able to provide a given accuracy of positioning of the working body and realize rapid movement of objects of large mass, but only in a relatively small workspace. To increase the service area and expand the technological capabilities of parallel structure manipulators, new types of mechanisms are being developed that combine open and closed kinematic circuits. Hybrid structure manipulators retain the advantages of mechanisms with a closed kinematic contour, but also expand the service area of the manipulator due to sequentially connected actuators. The article discusses a hybrid manipulator based on a tripod. Its main difference from existing analogues is the presence of an additional passive link, which compensates for bending moments in linear actuators when moving large objects by the working body. The increased rigidity of the manipulator design makes it possible to work with heavy loads. Also, due to the presence of an additional passive link, the functionality of the manipulator is expanded in comparison with existing analogues. For example, through an additional link, a working mixture or liquid can be supplied to the working body, energy can be supplied during metalworking of workpieces, objects can be captured or parts can be assembled. A telescopic tube can also be installed as an additional link, which will further increase the working area and expand the technological capabilities of the manipulator. The tasks of managing hybrid manipulators are reduced to the implementation of specified technological operations. In this regard, it is necessary to develop an adequate mathematical model that takes into account the kinematic and dynamic characteristics of the mechanism, which is the relevance of this work. The implementation of the coordinated drive control system of the manipulator consists in ensuring the movement of the output link of the manipulator from a given starting point to the end point. Hybrid manipulators are not as widely studied as classical or parallel manipulators, therefore, methods for solving the main problems of kinematics and

dynamics for a hybrid manipulator require taking into account the features of technological operations and the design of the manipulator mechanism. Due to the variety of combinations of parallel-sequential mechanisms, the tasks of controlling such manipulators require careful study, since they do not have a standard software solution and universal algorithms for composing mathematical models. **Object.** The object of the study is the geometric and kinematic characteristics of a hybrid manipulator based on a tripod with an additional passive link. The passive link is implemented as a hollow metal tube. The introduction of an additional link does not change the number of degrees of freedom of the tripod manipulator. The additional link expands the functional capabilities of the manipulator compared to existing solutions. **Materials and methods.** The construction of the mathematical model of the hybrid structure manipulator is based on the methods of the theory of mechanisms and theoretical mechanics. When solving the direct and inverse problems of kinematics, a geometric approach is used, design constraints in ball joints and conditions of intersection of design elements are taken into account. The links of the manipulator are considered as solid bodies. **Results and conclusion.** The article presents an analysis of existing design solutions for hybrid manipulators intended for agricultural purposes. A new design solution for a hybrid manipulator based on a tripod with the introduction of an additional link is proposed. The advantages of the new kinematic scheme of the manipulator with an additional passive link are an increase in the rigidity of the structure and an increase in functional capabilities compared to existing solutions. Solutions are given to direct and inverse problems of kinematics, determining the working area, and a solution to the problem of positioning the gripper at a given point in the working area.

Keywords: tripod manipulators, hybrid manipulators, robotization of agriculture, manipulator kinematics.

Citation. Nelyubova A. V., Zhoga V. V., Nesmiyanov I. A. The kinematics of the hybrid manipulator with an additional link. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 568-580 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-59.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 621.865.8

КИНЕМАТИКА ГИБРИДНОГО МАНИПУЛЯТОРА С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ЗВЕНОМ

¹Нелюбова А. В., аспирант

¹Жога В. В., доктор физико-математических наук, профессор

²Несмиянов И. А., доктор технических наук, профессор

¹ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Исследование выполнено при финансовой поддержке ВолгГТУ (из средств программы развития «Приоритет 2030» по соглашению № 075-15-2025-063) в рамках научного проекта №25/639-24.

Аннотация. Широкое применение манипуляторов параллельной структуры в сфере машиностроения, автомобилестроения, пищевого производства и сельского хозяйства обусловлено их значительными преимуществами в виде высокой грузоподъемности, быстродействия, минимальных ошибок позиционирования рабочего органа и жесткости конструкции при статических и динамических нагрузках. Такие манипуляторы способны обеспечить заданную точность позиционирования рабочего органа и реализовать быстрые перемещения объектов большой массы, но только в сравнительно небольшом рабочем пространстве. Для увеличения зоны обслуживания и расширения технологических возможностей манипуляторов параллельной структуры разрабатываются новые типы механизмов, которые объединяют разомкнутую и замкнутую кинематические цепи. Манипуляторы гибридной структуры сохраняют достоинства механизмов с замкнутым кинематическим контуром, но расширяют зону обслуживания манипулятора за счет последовательно соединенных исполнительных звеньев. В статье рассматривается гибридный манипулятор на основе трипода, его главным отличием от существующих аналогов является наличие дополнительного пассивного звена, за счет которого компенсируются изгибающие моменты в линейных приводах при перемещении рабочим органом объектов большой массы. Повышенная жесткость конструкции манипулятора позволяет работать с большими нагрузками. Также благодаря наличию дополнительного пассивного звена расширяются функциональные возможности манипулятора по сравнению с существующими аналогами. Например, через дополнительное звено можно осуществить подачу рабочей смеси или жидкости к рабочему органу, подвести энергию при металлообработке заготовок, осуществить захват объектов или сборку деталей. Также в качестве дополнительного звена может быть установлена телескопическая труба, что еще больше увеличит рабочую зону и расширит технологические возможности манипулятора.

Задачи управления гибридными манипуляторами сводятся к реализации заданных технологических операций. В связи с этим необходима разработка адекватной математической модели, учитывающей кинематические и динамические характеристики механизма, что определяет актуальность данной работы. Реализация системы согласованного управления приводами манипулятора заключается в обеспечении перемещения выходного звена манипулятора из заданной начальной точки в конечную. Манипуляторы гибридной структуры не так широко изучены, как классические или параллельные, поэтому методы решения основных задач кинематики и динамики для гибридного манипулятора требуют учета особенностей конструкции механизма манипулятора при выполнении технологических операций. Ввиду многообразия кинематических схем параллельно-последовательных механизмов манипуляторов, задачи управления такими манипуляторами требуют тщательного изучения, так как не имеют стандартного программного решения и универсальных алгоритмов составления математических моделей. **Объект.** Объектом исследования являются геометрические и кинематические характеристики гибридного манипулятора на основе трипода с дополнительным пассивным звеном. Пассивное звено реализовано в виде полой металлической трубы. Введение дополнительного звена не изменяет число степеней свободы манипулятора-трипода. Дополнительное звено расширяет функциональные возможности манипулятора по сравнению с существующими решениями. **Материалы и методы.** В основе построения математической модели манипулятора гибридной структуры лежат методы теории механизмов и теоретической механики. При решении прямой и обратной задач кинематики используется геометрический подход, учитываются конструктивные ограничения в шаровых шарнирах и условия пересечения элементов конструкции. Звенья манипулятора рассматриваются как твердые тела. **Результаты и выводы.** В работе приведен анализ существующих конструктивных решений гибридных манипуляторов, предназначенных для задач сельского хозяйства. Предложено новое конструктивное решение гибридного манипулятора на основе трипода с введением дополнительного звена. Преимущества новой кинематической схемы манипулятора с дополнительным пассивным звеном заключаются в увеличении жесткости конструкции и повышении функциональных возможностей по сравнению с существующими решениями. Приводятся решения прямой и обратной задач кинематики, определения рабочей области и решение задачи позиционирования захвата в заданной точке рабочей зоны.

Ключевые слова: манипуляторы-триподы, гибридные манипуляторы, роботизация сельского хозяйства, кинематика манипулятора.

Цитирование. Нелюбова А. В., Жора В. В., Несмиянов И. А. Кинематика гибридного манипулятора с дополнительным звеном. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 568-580. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-59.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Интенсивное развитие технологий сельского хозяйства требует разработки модернизированных мобильных и манипуляционных систем, способных к автономной работе при реализации сельскохозяйственных операций на больших участках. К основным операциям сельского хозяйства, требующим роботизации, относят обработку почвы, посев и посадку культур, уход за посевами, уборку урожая и другие. Выполнение монотонных процессов с помощью манипуляторов позволяет освободить человека от рутинной работы. Для данных задач используются манипуляторы параллельной или последовательной структуры, установленные на мобильной платформе. Повышенная жесткость конструкции, высокая точность позиционирования рабочего органа, большие скорости перемещения приводов и высокая грузоподъемность являются преимуществами манипуляторов параллельной структуры. Манипуляторы последовательной структуры, звенья которых образуют разомкнутую кинематическую цепь, способны обеспечить большую рабочую зону, которая позволяет работать с крупногабаритными деталями и увеличить область функционирования манипулятора. Широко используются манипуляторы с последовательными и параллельными механизмами, так называемые гибридные. Под гибридным манипулятором понимают механизм, состоящий из совокупности механизмов параллельно-последовательных соединенных сегментов, перемещающихся вращательно или поступательно друг относительно друга. В особенности характеристик этих манипуляторов включают увеличенное рабочее пространство и дополнительные технологические возможности. В сельском хозяйстве применение гибридных манипуляторов достаточно обширное. Среди существующих решений рассматривается гибридный манипулятор-трипод на поворотном основании [1], предназначенный для проведения погрузочно-разгрузочных работ. Манипу-

лятор-трипод промышленного назначения с грузозахватным устройством на неподвижном основании [2] используется для задач сортировки овощей и фруктов на конвейерной ленте. Параллельная структура такого манипулятора сильно ограничивает его рабочее пространство, что является недостатком данной системы. Существует ряд роботизированных комплексов, установленных на рамы шасси трактора, с встроенным модулем для полосового опрыскивания при обработке овощных культур или модулем для дискретной прецизионной прополки сорняков в рядах [3]. Такие роботизированные комплексы обеспечивают мобильность и автономность при выполнении сельскохозяйственных операций. Усовершенствованный манипулятор параллельно-последовательной структуры с трехступенным захватным устройством представлен в работе [4]. Этот манипулятор способный выполнять может собирать плоды или проводить обрезку виноградных кустов. Недостатком данной конструкции является значительная поперечная нагрузка на линейные приводы (актуаторы) трипода из-за последовательно закрепленного захватного устройства, что может привести к поломке актуаторов манипулятора. Примером гибридного механизма является пятиподвижный манипулятор параллельно-последовательной структуры [5], который реализован в виде механизма трипода с параллельной кинематикой, а последовательная кинематическая цепь выполнена в виде двух кареток, перемещающихся в перпендикулярных направлениях. Предлагаемый манипулятор позволяет реализовать пять независимых движений: три перемещения и два вращения. В сфере медицины также распространены гибридные манипуляторы. Широко известен робот-ассистированная хирургическая система «*da Vinci*» [6] и альтернативный механизм [7], представляющий манипулятор параллельно-последовательной структуры для проведения хирургических операций. Еще одним примером применения гибридных манипуляторов является мультироботизированная система на основе Delta манипулятора [8] для аликвотирования биологической жидкости, который обеспечивает точные движения и высокое быстродействие. Среди зарубежных устройств [9,10] следует выделить параллельный станок *Tricept* [11] фирмы *NeoRobotics*, предназначенный для задач металлообработки в сфере машиностроения и автомобилестроения. В его конструкцию включено пассивное звено, обеспечивающее жесткость конструкции и высокую точность позиционирования рабочего органа. Известен гибридный робот *Trimule* [12], в состав которого входит манипулятор с тремя параллельно соединенными звеньями, установленный на поворотной платформе и пассивным звеном, который применяют для высокоточной обработки крупногабаритных изделий, используемых в авиастроении, автомобилестроении и судостроении. Требования по обеспечению высокой точности обработки и гибкости технологического процесса создают необходимость в использовании гибридных манипуляторов.

Таким образом, целью исследований является изучение кинематических и динамических характеристик гибридного манипулятора с дополнительным пассивным звеном для реализации технологических операций в сфере сельского хозяйства.

Материалы и методы. В качестве предмета исследования рассматривается гибридный манипулятор с дополнительным пассивным звеном (п. м. 218886 Манипулятор-трипод В. В. Жога, А. В. Нелюбова, Н. Г. Шаронов, В. В. Чернышев) (рисунок 1). Манипулятор содержит трипод с тремя исполнительными звеньями переменной длины $l_1(t)$, $l_2(t)$, $l_3(t)$, закрепленными одними концами с помощью двухступенных шарниров на основании ABC , а другими концами прикрепленных посредством трехступенных шарниров к выходному звену 6 в точках M_1 , M_2 , M_3 . Четвертое исполнительное звено переменной длины 4 крепится одним концом к вершине основания ABC , а другим концом узлу 7 дополнительного пассивного звена 5. За счет изменения длины четвертого исполнительного звена $l_4(t)$ поворотное основание ABC может поворачиваться на угол φ , тем самым увеличивая зону обслуживания манипулятора. Особенностью новой кинематической схемы манипулятора по сравнению аналогами является наличие дополнительного пассивного звена 5, представленного в виде полый металлической трубы, которая скользит вдоль направляющих и поворачивается в пространстве. Пассивное звено 5 компенсирует изгибы в исполнительных звеньях, позволяя им работать только на растяжение и сжатие. На рисунке 2 приведена фотография экспериментального образца, исследуемого манипулятора.

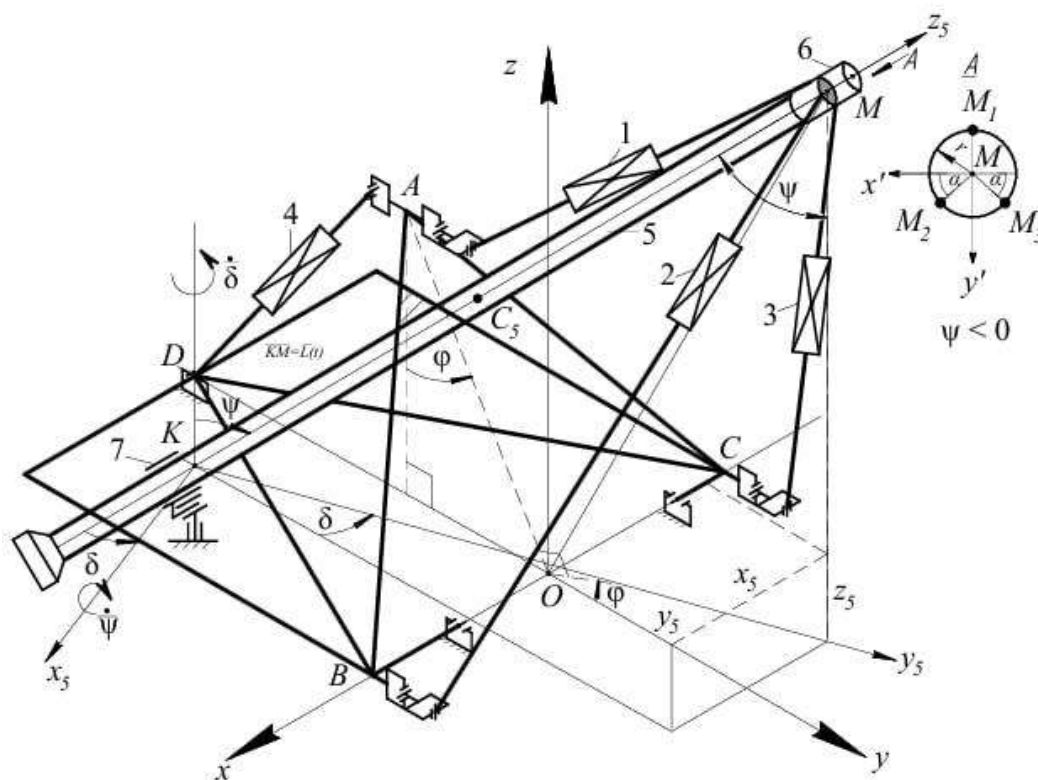


Рисунок 1 – Кинематическая схема гибридного манипулятора
Figure 1 – Kinematic scheme of the hybrid manipulator

В качестве исполнительных звеньев переменной длины применяются линейные актуаторы LA-T6 с рабочим ходом 400 мм, скоростью 50 мм/с и допустимой нагрузкой 300 Н.



Рисунок 2 – Фотография манипулятора гибридной структуры с дополнительным звеном
Figure 2 – Photo a hybrid structure manipulator with an additional link

Технические характеристики, исследуемого гибридного манипулятора приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики стенда для испытаний манипулятора
Table 1 – Technical characteristics of the manipulator test bench

Ограничения изменения угла поворота поворотного основания / Limitations of changing the rotation angle of the rotary base	$-32^{\circ} \leq \varphi \leq 80^{\circ}$
Номинальная грузоподъемность, кг / Rated payload, kg	30
Максимальная грузоподъемность, кг / Maximum load capacity, kg	60
Стабильность повторяемости позиций, мм / Stability of repeatability of positions, mm	± 5
Количество осей / Axles	4
Площадь установки, м ² / Installation area, m ²	3,8
Вес, кг / Weight, kg	47

В сфере сельского хозяйства гибридный манипулятор может использоваться для выполнения различных технологических операций (таблица 2), например, задачи по обработке и опрыскиванию плодовых деревьев водными растворами, сбору и сортировке яблок и других плодов (рисунок 3). Благодаря высокой жесткости и грузоподъемности, манипулятор также может осуществлять погрузку/разгрузку и перемещение крупногабаритных грузов. Для данных задач манипулятор может быть установлен на мобильную платформу [14].

Таблица 2 – Технологические операции, выполняемые манипулятором
Table 2 – Technological operations performed by the manipulator

Технологическая операция / Process operation	Вид рабочего органа / Type of screed	Описание / Description	Требуемая точность / Required accuracy
Обработка и опрыскивание плодовых деревьев и виноградников водными растворами / Treatment and spraying of fruit trees and vineyards with water solutions	Распылительный наконечник / Spray tip	Манипулятор опрыскивает и опыляет плодовые деревья и виноградники. Труба имеет телескопический механизм выдвижения для расширения зоны обслуживания / The manipulator sprays and pollinates fruit trees and vineyards. The pipe has a telescopic extension mechanism to expand the service area	± 10 мм
Сбор и сортировка плодов с деревьев / Harvesting and sorting fruits from trees	Захватное устройство / Grab	Манипулятор распознает спелые плоды, срывает их специальным захватным устройством и сортирует. Устройство оснащено машинным зрением / The manipulator recognizes ripe fruits, plucks them with a special gripper and sorts them. The device is equipped with machine vision	± 5 мм
Погрузка-разгрузка, перемещение крупногабаритных грузов / Loading and unloading, movement of bulky cargo	Грузозахватные приспособления (грузовые крюки) / Load gripping devices (load hooks)	Перемещение грузов весом до 30 кг манипулятором с использованием крюка / Handling loads up to 30 kg with a crane using a hook	± 5 мм

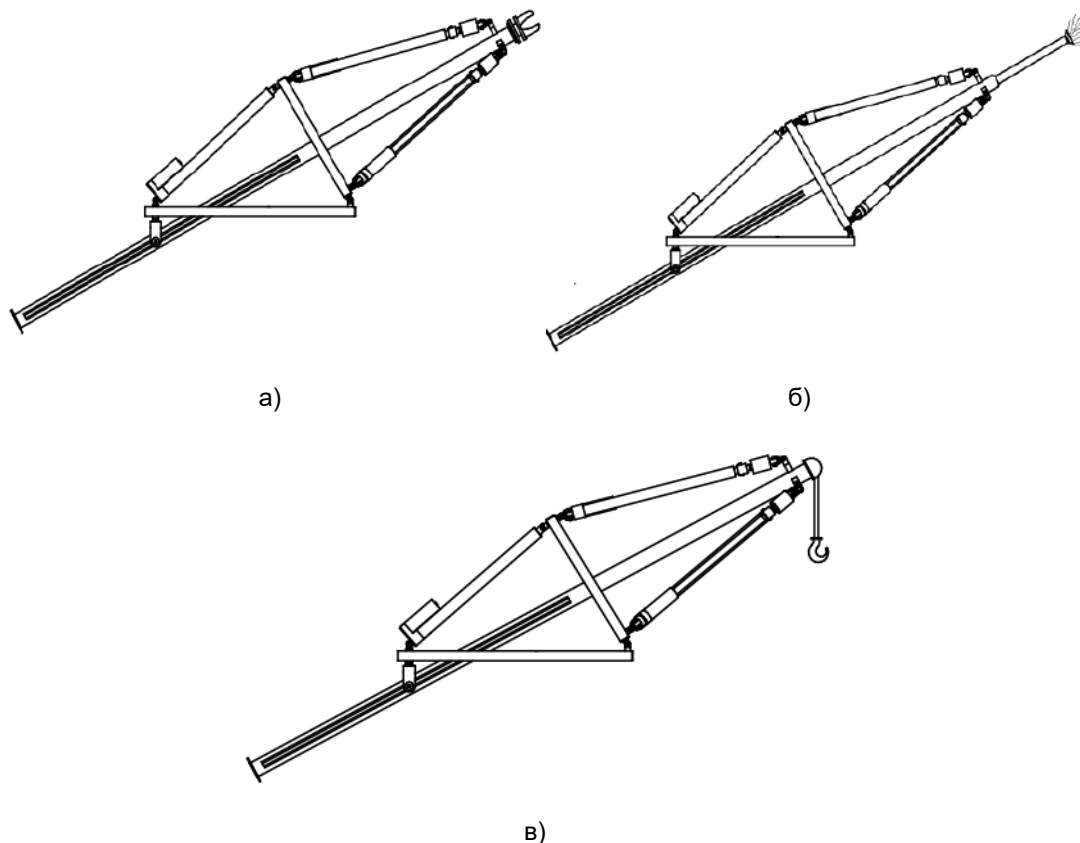


Рисунок 3 – Примеры использования гибридного манипулятора с дополнительным звеном в сельском хозяйстве: а) манипулятор с захватным устройством для сбора яблок; б) манипулятор с телескопической трубой для опрыскивания плодовых деревьев; в) манипулятор с крюком для перемещения грузов

Figure 3 – Examples of using a hybrid manipulator with an additional link in agricultural sector:
a) manipulator with a grip for picking apples; b) manipulator with a telescopic link for spraying trees;
c) manipulator with a hook for moving loads

Решения задач. Для структурного анализа манипулятора определим число степеней подвижности механизма по формуле:

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1, \quad (1)$$

где n – число подвижных звеньев; p_i – количество кинематических пар i -го класса.

Манипулятор состоит из вращательных (R) и поступательных (P) кинематических пар. Сферическая кинематическая пара представлена в виде комбинации трех вращательных пар с пересекающимися осями. Тогда число степеней подвижности гибридного манипулятора (1) без учета поворотного основания равно

$$W = 6n - 5p_5 - 3p_3 = 6 \cdot 12 - 5 \cdot 12 - 3 \cdot 3 = 3.$$

С учетом поворотного основания число степеней подвижности манипулятора равно 4.

Прямая и обратная задачи. Основной задачей, решаемой манипулятором, является возможность выполнения технологических операций с помощью рабочего органа. Поэтому в процессе кинематического анализа манипулятора решаются задачи о положениях выходного звена манипулятора – прямой и обратной.

В качестве обобщенных координат манипулятора принимаем длину отрезка полой трубы $q_1 = KM(t) = L(t)$ и углы $q_2 = \psi_5(t)$, $q_3 = \delta_5(t)$, которые определяют положение подвижной системы координат $Kx_5y_5z_5$ относительно неподвижной системы $Oxuz$ и угол поворота $q_4 = \varphi(t)$ основания манипулятора ABC .

В качестве характерной точки выходного звена манипулятора выбираем точку $M(x_M(t), y_M(t), z_M(t))$. Для получения выражений, характеризующих решения прямой и обратной задачи кинематики, необходимо определить геометрические связи между декартовыми координатами характерной точки выходного звена $x_M(t), y_M(t), z_M(t)$ в абсолютной системе отсчета $Oxyz$ и обобщенными координатами манипулятора. Решение прямой задачи имеет вид:

$$x_M = L(t) \sin \psi_5 \sin \delta_5, y_M = -OD - L(t) \sin \psi_5 \cos \delta_5, z_M = -DK + L(t) \cos \psi_5. \quad (2)$$

Обратная задача кинематики – задача о положениях заключается в вычислении значений обобщенных координат манипулятора L, ψ, δ, φ , соответствующих заданному положению в пространстве выходного звена $M(x_M, y_M, z_M)$. Решение обратной задачи имеет вид:

$$\operatorname{tg} \psi_5 = -\frac{\sqrt{x_M^2 + (y_M + OD)^2}}{(z_M + DK)}, \operatorname{tg} \delta_5 = -\frac{x_M}{y_M + OD}, L = \frac{z_M + DK}{\cos \psi_5}. \quad (3)$$

где OD, DK – геометрические параметры основания манипулятора. Угол φ определяется решением задачи позиционирования.

Расчет достижимой зоны обслуживания с учетом имеющихся конструктивных ограничений манипулятора осуществляется на основе решения прямой задачи кинематики (2). Конфигурация зоны обслуживания формируется исходя из конструктивных ограничений, образующихся в результате особенностей конструкции манипулятора [16]. Для манипулятора при определении зоны обслуживания учитывают следующие ограничения:

- пределы углов поворота шарниров в местах точек крепления актуаторов на поворотном основании;
- пределы изменения угла сектора в горизонтальной плоскости $\vartheta \geq 90^\circ$. Это угол, который формируется между двумя крайними положениями конфигурации манипулятора. Максимальное значение угла сектора ϑ реализуется при максимальных и минимальных значениях длин второго и третьего исполнительных звеньев. Таким образом, в результате перемещения актуаторов 2 и 3 из одного крайнего положения в другое крайнее положение, длина актуатора изменяется от $l_{\min}$ до $l_{\max}$, за это время другие актуаторы поворачиваются на определенный угол, соответствующий оптимальному расположению и конфигурации всего манипулятора;
- размер стороны треугольного основания манипулятора должен быть меньше размера предполагаемой стойки или шасси, на котором будет установлен манипулятор $BC < [a]$;
- максимальное расстояние от основания по горизонтали $S_{\max} > [S]$ и максимальное расстояние от основания по вертикали $h_{\min} < [h]$ до захвата.

Задача позиционирования манипулятора заключается в определении начальных и конечных положений звеньев манипулятора при перемещении его выходного звена из начальной точки в конечную, и решается как оптимизационная задача за счет того, что число обобщенных координат манипулятора больше, чем число координат точки M выходного звена, т.е. маневренность манипулятора равна единице.

Условие для определения конфигурации манипулятора при заданных координатах характерной точки выходного звена можно получить, минимизируя следующую функцию

$$\Phi(\varphi) = C_1 [l_{1k}(\varphi) - l_{10}]^2 + C_4 [l_{4k}(\varphi) - l_{40}]^2, \quad (4)$$

с ограничениями типа неравенств для угла φ

$$\varphi_{\min} \leq \varphi^* \leq \varphi_{\max}.$$

В выражении (4) C_1, C_2 – весовые коэффициенты; $\varphi_{\min}, \varphi_{\max}$ – минимальное и максимальное допустимые значения угла поворота основания манипулятора-трипода; φ^* – оптимальное значение угла поворота.

Алгоритм решения задачи позиционирования представлен на рисунке 4.

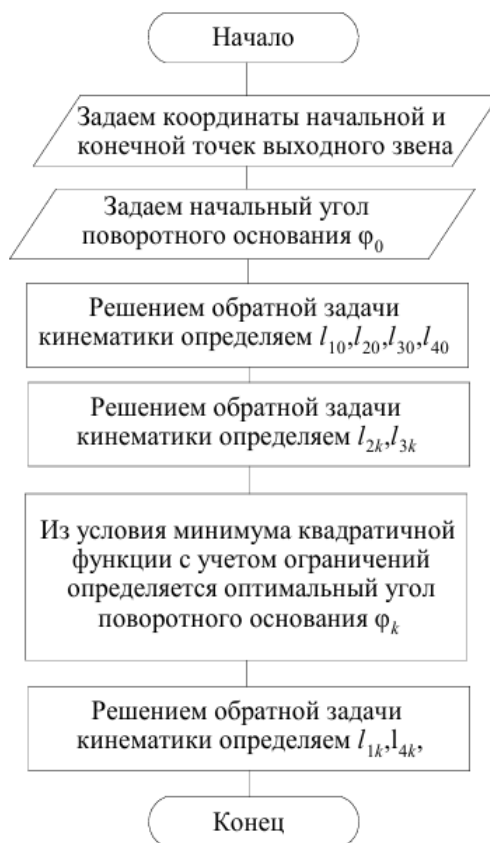


Рисунок 4 – Алгоритм решения задачи позиционирования манипулятора
Figure 4 – Algorithm for solving positioning problem for the manipulator

Особые положения механизма манипулятора. Одним из главных недостатков манипуляторов параллельной структуры считается возможность особых положений, т.е. таких положений выходного звена, в которых происходит мгновенное изменение его кинематических параметров: изменение подвижности выходного звена – потеря степени свободы или его неконтролируемое перемещение [17].

В качестве критерия близости выходного звена манипулятора к особым положениям используем зависимости скоростей исполнительных звеньев в зависимости от значений обобщенных координат. Так, если хотя для одного исполнительного звена скорость оказывается больше допустимой, то тогда механизм находится «близко» к особому положению. Для этого необходимо определить аналитические зависимости между скоростями исполнительных приводов манипулятора и обобщенными скоростями рабочего органа.

Связь между вектором скоростей исполнительных управляющих звеньев, и вектором скоростей изменения длины отрезка $KM = L$, его угловых скоростей и угловой скоростью поворотного основания, имеет вид

$$V_l = I(L, \psi, \delta, \varphi) \cdot V_q, \quad (5)$$

где $V_l = [\dot{l}_1, \dot{l}_2, \dot{l}_3, \dot{l}_4]^T$ – вектор скоростей исполнительных линейных звеньев манипулятора;
 $V_q = [\dot{L}, \dot{\psi}, \dot{\delta}, \dot{\varphi}]^T$ – вектор скоростей изменения длины отрезка L , его угловых скоростей и угловой скорости поворотного основания.

Функциональная матрица Якоби 4×4 $I(L, \psi, \delta, \varphi)$ состоит из частных производных:

$$\zeta_{ij} = \frac{\partial l_i}{\partial q_j}, \quad (i, j = 1 \div 4). \quad (6)$$

Эту матрицу принято называть управляющей. Обращение определителя матрицы Якоби в нуль является признаком особого положения механизма. Неравенство определителя нулю является необходимым и достаточным условием существования и единственности решения уравнения (5), то есть обеспечение однозначного соответствия между задаваемыми программными скоростями обобщенных координат и скоростями исполнительных звеньев. Выражения (6) элементов матрицы Якоби являются аналогами линейных скоростей исполнительных звеньев. Например, выражение для скорости второго исполнительного звена имеет вид

$$\dot{l}_2 = \zeta_{21}\dot{L} + \zeta_{22}\dot{\psi} + \zeta_{23}\dot{\delta}, \quad \zeta_{24} = 0. \quad (7)$$

Тогда, зная выражения для программной траектории $L(t)$, $\psi(t)$, $\delta(t)$ в сферической системе координат, легко определить требуемый закон изменения скорости привода этого звена.

Результаты и обсуждение. Разработаны методики решения прямой и обратной задачи о положениях манипулятора-трипода с учетом крепления сферических шарниров на выходном звене.

Сформулирован алгоритм построения конфигурации объема зоны обслуживания. Результаты построения зоны обслуживания приведены на рисунке 5.

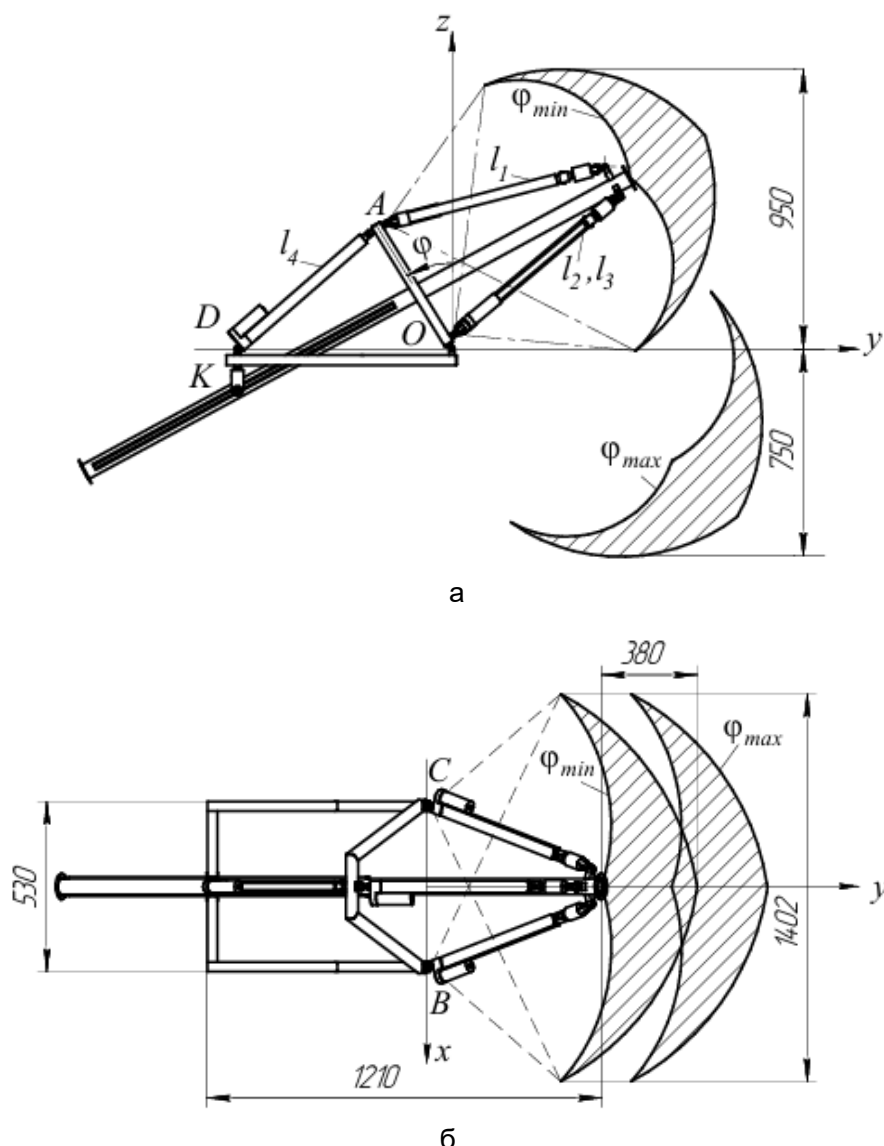


Рисунок 5 – Сечения рабочей зоны манипулятора координатными плоскостями yOz (а) и xOy (б)
Figure 5 – Sections of the working space of the manipulator by yOz (a) and xOy (b)

В зависимости от вида выполняемой технологической операции зону обслуживания можно адаптировать изменением геометрических размеров основания манипулятора и точки крепления K дополнительного звена.

Решена оптимизационная задача позиционирования манипулятора, результаты решение представлены на реальном примере.

Результаты решения задачи позиционирования представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты решения задачи позиционирования

Table 3 – Results of solving the positioning problem

	Начальные значения / Initial values	Конечные значения / Final values
Координаты характерной точки выходного звена / Coordinates of the output link feature point $x_M(t)$, $y_M(t)$, $z_M(t)$	$x_{M0} = -200$ мм, $y_{M0} = 400$ мм, $z_{M0} = -100$ мм.	$x_{Mk} = 400$ мм, $y_{Mk} = 700$ мм, $z_{Mk} = 300$ мм.
Обобщенные координаты / Generalized coordinates $l_1(t)$, $l_2(t)$, $l_3(t)$, $l_4(t)$	$l_{10} = 719$ мм, $l_2 = 565$ мм, $l_3 = 535$ мм, $l_4 = 554$ мм.	$l_{1k} = 808$ мм, $l_{2k} = 786$ мм, $l_{3k} = 935$ мм, $l_{4k} = 651$ мм.

Получены аналитические выражения управляющей матрицы, связывающей скорости исполнительных звеньев с программными скоростями обобщенных координат манипулятора. Близость механизма к особым положениям требует сравнения необходимых затрат механической энергии исполнительных приводов с допустимыми параметрами приводов исполнительных звеньев манипулятора. Наличие аналитического выражения для управляющей матрицы позволяет учитывать взаимное влияние приводов на перемещение рабочего органа манипулятора и определять особые положения механизма. Получены аналитические зависимости между скоростями исполнительных приводов манипулятора и обобщенными скоростями рабочего органа. На рисунке 6 приведены зависимости аналога скорости второго звена от первой обобщенной координаты $\zeta_{21}(KM)$ и второй обобщенной координаты $\zeta_{22}(\psi)$.

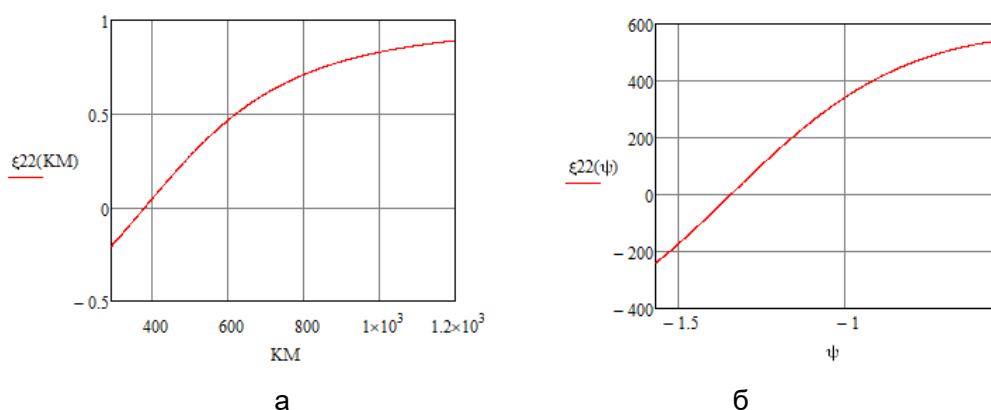


Рисунок 6 – Зависимости аналога скорости второго исполнительного звена от KM - а) и от ψ - б)

Figure 6 – Dependences of the speed analogue of the second executive link on KM - a) and on ψ - b)

Результаты расчетов показывают, при значениях длины звена KM близких к 400 мм, а угла наклона ψ близких к -1.5 рад. скорость второго исполнительного звена мала, что означает потерю точности по этим координатам (7).

Выводы. Рассматриваемая схема манипулятора-трипода с дополнительным звеном позволяет обеспечить необходимые параметры манипулятивности. Конструкция манипулятора более жесткая и позволяет разгрузить линейные привода от изгибающих моментов. Конструкция манипулятора позволяет расширить его функциональные возможности.

Conclusions. The considered tripod manipulator circuit with an additional link makes it possible to provide the necessary manipulability parameters. The design of the manipulator is more rigid and allows you to unload linear actuators from bending moments. The design of the manipulator allows you to expand its functionality.

Библиографический список

1. Несмиянов И. А., Николаев М. Е. Планирование траекторий захвата погрузочного манипулятора по критериям энергоэффективности и оценка затрат работы приводов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 356-367.
2. Дяшкин-Титов В. В., Воробьева Н. С., Жога В. В. Математическая модель динамики шестимассовой системы механизма манипулятора параллельной структуры. Известия Волгоградского государственного технического университета. 2021. № 9 (256). С. 32-37.
3. Воробьева Н. С., Несмиянов И. А., Дяшкин А. В. Робототехнический комплекс для возделывания овощных культур. Известия Волгоградского государственного технического университета. 2024. № 4 (287). С. 41-44.
4. Воробьева Н. С. Методы управления манипуляторами на базе трипода при выполнении технологических операций. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2022. № 3 (744). С. 3-14.
5. Антонов А. В., Фомин А. С. Решение обратной кинематической задачи для пятиподвижного манипулятора гибридной структуры. Автоматика и телемеханика. 2023. № 3. С. 106-125.
6. Глазунов В. А., Хейло С. В. Механизмы перспективных робототехнических систем. Мир робототехники и мехатроники. 2020. С. 296.
7. Велиев Е. И., Ганиев Р. Ф., Глазунов В. А. Разработка и решение задачи о положениях механизма параллельно-последовательной структуры для хирургических операций как альтернативы роботу Da Vinci. Проблемы машиностроения и надежности машин. 2019. № 4. С. 3-13.
8. Волошкин А. А., Рыбак Л. А., Скитова В. М. Создание трехмерной кинематической модели манипулятора Delta при помощи системы автоматизированного проектирования в NX. Робототехника и техническая кибернетика. 2023. Т. 11. № 1. С. 20-29.
9. Zahedi A., Shafei A., Shamsi M. Application of hybrid robotic systems in crop harvesting: Kinematic and dynamic analysis. Computers and Electronics in Agriculture. 2023. V. 209. P. 107724.
10. Droukas L., Doulergi Z., Tsakiridis N. L. et al. A Survey of Robotic Harvesting Systems and Enabling Technologies. Journal of Intelligent & Robotic Systems. 2023. V. 107. No 21. Pp. 1-29.
11. Staicu S. Kinematics and Dynamics of a Hybrid Parallel Manipulator. Parallel Robots: Theory and Applications. 2018. Pp. 309-326.
12. Modak S., Rama K. Kinematics and singularity analysis of a novel hybrid industrial manipulator. Robotica. 2023. V. 42. Pp. 1-32.
13. Жога В. В., Нелюбова А. В. Кинематический синтез аналитических законов перемещений исполнительных приводов манипулятора параллельно-последовательной структуры с дополнительной связью. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024. № 9 (774). С. 29-36.
14. Воробьева Н. С., Жога В. В., Жога Л. В. Динамический синтез алгоритмов управления манипулятором параллельно-последовательной структуры. Мехатроника, автоматизация, управление. 2020. Т. 21. № 12. С. 706-715.
15. Нелюбова А. В., Жога В. В., Вершинина И. П. Динамическая модель манипулятора параллельно-последовательной структуры с дополнительной связью. Известия ВолгГТУ. Сер. Роботы, мехатроника и робототехнические системы. 2024. № 9 (292). С. 51-57.
16. Несмиянов И. А., Воробьева Н. С., Дяшкин-Титов В. В. Моделирование геометрико-статических характеристик манипулятора-трипода. Автоматизированное проектирование в машиностроении. 2024. № 17. С. 60-64.
17. Ларюшкин П. А., Эрастова К. Г., Кобылkevич К. А., Скворцов С. А. Исследование особых положений механизма параллельной структуры семейства Delta с четырьмя степенями свободы. Проблемы машиностроения и надежности машин. 2019. № 6. С. 34-41.

References

1. Nesmiyanov I. A., Nikolaev M. E. Planning of loading manipulator capture trajectories according to energy efficiency criteria and estimation of drive operation costs. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2021. No 4 (64). Pp. 356-367.
2. Dyashkin-Titov V. V., Vorob'eva N. S., Zhoga V. V. Mathematical model of the dynamics of a six-mass system of a parallel structure manipulator mechanism. Proceedings of the Volgograd State Technical University. 2021. No. 9 (256). Pp. 32-37.
3. Vorob'eva N. S., Nesmiyanov I. A., Dyashkin A. V., Dyashkin-Titov V. V., Zakharov E. N. A robotic complex for the cultivation of vegetable crops. Izvestia Volgograd State Technical University. 2024. No. 4 (287). Pp. 41-44.
4. Vorobyeva N. S. Methods of Manipulators Controlling Based on a Tripod When Performing Technological Operations. BMSTU Journal of Mechanical Engineering, 2022. No. 3. Pp. 3-14.
5. Antonov A. V., Fomin A. S. Inverse kinematics of a 5-dof hybrid manipulator. Automation and Remote Control. 2023. V. 84. No. 3. Pp. 281-293.
6. Glazunov V. A., Laryushkin P. A., Shalyukhin K. A. Structure, kinematics, and prototyping of a parallel manipulator with a remote center of rotation. Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2023. No. 6. Pp. 54-61.
7. Veliev E. I., Ganiev R. F., Glazunov V. A., Filippov G. S., Terekhova A. N. Formulation and solution of the problem of the positions of a mechanism with a parallel-series structure used in surgery as an alternative to the Da Vinci robot. Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2019. No 4. Pp. 3-13.
8. Voloshkin A. A., Rybak L. A., Skitova V. M., Nozdracheva A. V., Gaponenko E. V. Creation of a 3d kinematic model of the Delta manipulator using computer-aided design in NX. Robotics and technical cybernetics. 2023. V. 11. No 1. Pp. 20-29.
9. Zahedi A., Shafei A., Shamsi M. Application of hybrid robotic systems in crop harvesting: Kinematic and dynamic analysis. Computers and Electronics in Agriculture. 2023. V. 209. P.107724.
10. Droukas L., Doulergi Z., Tsakiridis N.L. et al. A Survey of Robotic Harvesting Systems and Enabling Technologies. Journal of Intelligent & Robotic Systems. 2023. V. 107. No 21. Pp. 1-29.
11. Staicu S. Kinematics and Dynamics of a Hybrid Parallel Manipulator. Parallel Robots: Theory and Applications. 2018. Pp. 309-326.

12. Modak S., Rama K. Kinematics and singularity analysis of a novel hybrid industrial manipulator. *Robotica*. 2023. V. 42. Pp. 1-32.
13. Zhoga V. V., Nelyubova A. V. Kinematic synthesis of analytical laws of the actuator displacement of a manipulator with the parallel-sequential structure and additional coupling. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering*. 2024. No. 9. Pp. 29-36.
14. Vorob'eva N. S., Zhoga V. V., Zhoga L. V. Dynamic synthesis of parallel-sequential structure manipulator control algorithms. *Mechatronics, automation, control*. 2020. V. 21. No. 12. Pp. 706-715.
15. Nelyubova A. V., Zhoga V. V., Vershinina I. P. Dynamic model of a parallel-sequential structure manipulator with additional coupling. *Proceedings of the Volgograd State Technical University*. 2024. No. 9 (292). Pp. 51-57.
16. Nesmiyanov I. A., Vorobyeva N. S., Dyashkin-Titov V. V. Modeling of Geometric-Static Characteristics of a Tripod Manipulator. *Computer-aided design in mechanical engineering*. 2024. № 17. Pp. 60-64.
17. Laryushkin P. A., Erastova K. G., Kobylkevich K. A., Skvortsov S. A. Investigation of Special Positions of the Parallel Mechanism of the Delta Family with Four Degrees of Freedom. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2019. V. 48. No. 6. Pp. 503-509.

Информация об авторах

Нелюбова Анна Васильевна, аспирант, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28), e-mail: mqdschen@yandex.ru

Жога Виктор Викторович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28), e-mail: viczhoga@gmail.com

Несмианов Иван Алексеевич, доктор технических наук, доцент, профессор, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: ivan_nesmiyanov@mail.ru

Authors' Information

Nelyubova Anna Vasilievna, Postgraduate Student, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, Lenin Ave., 28), e-mail: mqdschen@yandex.ru

Zhoga Victor Victorovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Professor of the Department, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, Lenin Ave., 28), e-mail: viczhoga@gmail.com

Nesmiyanov Ivan Alekseevich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor, Vice-Rector for Academic Affairs, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: ivan_nesmiyanov@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-60

THE IMPROVEMENT OF THE WASTE WATER FOR SUPPLY OF RECLAMATION OF STURGEON FISH BREEDING

¹Bekbergenova S. Z., ^{1,2}Khetsuriani E. D., ³Abuova G. B.

¹*Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov
Novocherkassk, Russian Federation*

²*Don State Technical University
Rostov-on-Don, Russian Federation*

³*Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering
Astrakhan, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: Goodga@mail.ru

Received 23.03.2025

Submitted 05.06.2025

Abstract

Introduction. Purification of wastewater from fish hatcheries from ammonium nitrogen for water supply for the reclamation of sturgeon species is an urgent and difficult task due to the need to maintain favorable conditions for fish farming and the conservation of aquatic ecosystems. Ammonia nitrogen, which is a product of fish metabolism and decomposition of organic residues, in high concentrations has a toxic effect on aquatic organisms, which can lead to a decrease in the survival and productivity of fish, as well as deterioration of the quality of the aquatic environment. Traditional cleaning methods – such as mechanical filtration and biological systems - often demonstrate insufficient efficiency under high loads and require their revision and modernization. To achieve the desired results, it is necessary to integrate various methods and technologies that take into account the specifics of each farm and ensure maximum efficiency of ammonia nitrogen removal. **Materials and methods.** Scientific research on the efficiency of filter materials was conducted in laboratory conditions using the methodology of the Research Institute of Water Geology and Geochemistry. The laboratory model includes filter columns with a diameter of 0.15 m and a loading height of 0.8 and 1.2 m. The object of study is natural water taken from a local water source. Laboratory research on the selection of loading materials for filters included work on determining the efficiency of water purification from physical and chemical contaminants. The work examines the efficiency of water purification on a water intake and filter device in field conditions. **Results and conclusion.** As a result of scientific research, the non-colmatation isolation of ammonium nitrogen using sorption materials was studied, the efficiency of filtration on sorption materials in which the main component is clinoptilolite and on the AK-CM catalyst (Angarsk) was revealed. The study established the kinetics of residual concentrations of ammonium ions (NH₄⁺) in purified water depending on time, and Langmuir adsorption isotherms were constructed for various sorbents

used to remove ammonium nitrogen. **Conclusions.** To effectively manage the ammonia nitrogen problem, it is necessary to consider many factors, including technological, biological and economic aspects. The implementation of a zeolite-filled radial filter system not only improves water quality by reducing the level of ammonia nitrogen, but also helps to reduce the costs of additional biological treatment and other processes. This makes the approach more cost-effective and sustainable in the long term.

Keywords: ammonium nitrogen, pond systems, water purification technologies, zeolite, fish farming, sturgeon breeding, waste water treatment.

Citation. Bekbergenova S. Z., Khetsuriani E. D., Abuova G. B. The improvement of the waste water for supply of reclamation of sturgeon fish breeding. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 580-590 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-60.

Author's contribution. The authors of this study work directly involved in the planning, implementation, and analysis of this study. The authors of this article have reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.6

УЛУЧШЕНИЕ СБРОСНЫХ ВОД ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО РЫБОРАЗВЕДЕНИЯ ОСЕТРОВЫХ ПОРОД

¹Бекбергенова С. З., соискатель

^{1,2}Хецуриани Е. Д., доктор технических наук, профессор

³Абуова Г. Б., кандидат технических наук, доцент

¹Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова
г. Новочеркасск, Российская Федерация

²Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

³ГБОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет»
г. Астрахань, Российская Федерация

Актуальность. Очистка сбросных вод рыбоводных предприятий от аммонийного азота для водоснабжения мелиоративного рыборазведения осетровых пород представляет собой актуальную и сложную задачу, обусловленную необходимостью поддержания благоприятных условий для разведения рыб и сохранения водных экосистем. Аммонийный азот, являющийся продуктом метаболизма рыб и разложения органических остатков, в высоких концентрациях оказывает токсичное воздействие на водные организмы, что может приводить к снижению выживаемости и продуктивности рыбы, а также ухудшению качества водной среды. Традиционные методы очистки – такие как механическая фильтрация и биологические системы – зачастую демонстрируют недостаточную эффективность в условиях высоких нагрузок, и требуются их доработка и модернизация. Для достижения желаемых результатов требуется интегрировать различные методы и технологии, учитывающие специфику каждого хозяйства и обеспечивающие максимальную эффективность удаления аммонийного азота. **Материалы и методы.** Научные исследования по эффективности работы фильтрующих материалов проводились в лабораторных условиях по методике НИИ ВОДГЕО. Лабораторная модель включает фильтрующие колонки диаметром 0,15 м и высотой загрузки 0,8 и 1,2 м. Исследуемым объектом является природная вода, взятая из местного водоемисточника. Лабораторные исследования по выбору загрузочных материалов для фильтров включали работы по определению эффективности очистки воды от физико-химических загрязнений. В работе рассмотрена эффективность очистки воды на водоприемно-фильтрующем устройстве в полевых условиях. **Результаты и выводы.** В результате научных исследований, было изучено бескольматационное выделение аммонийного азота с помощью сорбционных материалов, выявлена эффективность фильтрации на сорбционных материалах, в которых основным компонентом является клиноптилолит и на катализаторе АК-ЦМ (г. Ангарск). В исследовании была установлена кинетика остаточных концентраций ионов аммония (NH_4^+) в очищенной воде в зависимости от времени, а также были построены изотермы адсорбции Ленгмюра для различных сорбентов, применяемых для удаления аммонийного азота. Для эффективного управления проблемой аммонийного азота необходимо рассмотреть множество факторов, включая технологические, биологические и экономические аспекты. Реализация системы радиальных фильтров с цеолитовой загрузкой не только улучшает качество воды, снижая уровень аммонийного азота, но и способствует уменьшению затрат на дополнительную биологическую очистку и другие процессы. Это делает подход более экономически эффективным и устойчивым в долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: аммонийный азот, прудовые системы, технологии очистки воды, цеолит, рыбоводство, разведение осетровых рыб, очистка сбросных вод.

Цитирование. Бекбергенова С. З., Хецуриани Е. Д., Абуова Г. Б. Улучшение сбросных вод для водоснабжения мелиоративного рыборазведения осетровых пород. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 580-590. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-60.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время наблюдается острый дефицит водных ресурсов для орошения сельскохозяйственных культур. Восполнить недостаток поливной воды, на наш взгляд, возможно за счет подготовки сбросных вод таких водоемких производств, как предприятия по промышленному производству аквакультуры, в частности осетровых заводов. Устранение специфических для сточных вод рыбоводов загрязнителей требует разработки новых подходов для подготовки весьма больших объемов безвозвратно теряющихся водных ресурсов для мелиоративной отрасли. Разведение осетровых рыб, таких как стерлядь и белуга, становится все более популярным в условиях аридных зон, таких как Астраханская область. Однако для успешного разведения требуется эффективная система подготовки вод, которая обеспечит оптимальные условия для роста и развития рыб. Ключевым аспектом этой системы является удаление аммонийного азота. Аммонийный азот является токсичным для рыб в высоких концентрациях. Он попадает в водоемы из различных источников, включая корма, остатки пищи и продукты метаболизма рыб. Высокие уровни аммонийного азота могут привести к стрессу и даже гибели рыбы. Поэтому эффективные методы удаления этого элемента необходимы [1-3].

Рыбоводство как быстро развивающаяся отрасль требует тщательного управления экологическими условиями, включая параметры солености и pH. Изменения в этих факторах могут оказывать значительное влияние на продуктивность и здоровье аквакультурных систем. Увеличение солености может привести к изменению уровня pH, что, в свою очередь, негативно сказывается на скорости реакций нитрификации. Понимание этих процессов является критически важным для поддержания биологического равновесия и предотвращения накопления токсичных форм азота в водной среде.

Наблюдения показывают, что увеличение солености ведет к повышению уровня pH, что замедляет нитрификацию – процесс, играющий ключевую роль в преобразовании токсичных форм азота в менее опасные нитраты. В условиях повышенной плотности вылова накопление NH_4^+ и NO_2 может привести к ухудшению качества воды и негативным последствиям для здоровья рыбы [1-3].

Нарушение процессов аммонификации и нитрификации оказывает негативное воздействие на эффективность функционирования биологического фильтра в замкнутых системах водоснабжения. Эти процессы являются критически важными для поддержания баланса азота в экосистеме, и их сбой может привести к накоплению опасных токсических уровней аммонийного и нитритного азота. Такие высокие концентрации представляют собой серьезную угрозу для здоровья рыб, поскольку они могут вызывать острые и хронические заболевания, а в некоторых случаях приводить к смертности. Кроме того, ухудшение качества воды в результате нарушения этих процессов может снизить общее здоровье экосистемы, что, в свою очередь, влияет на другие организмы, находящиеся в замкнутом водоеме. Повышение токсичности среды может привести к снижению биоразнообразия, нарушая пищевые цепочки и влияя на устойчивость экосистемы. Таким образом, грамотное управление параметрами воды, включая соленость, pH и концентрацию азота, является ключом к успешному осетроводству и обеспечению высококачественной продукцией рынка.

В современных системах аквакультуры, особенно в рыбоводстве осетровых, строгое соблюдение предельно допустимой концентрации (ПДК) аммиака в водоемах является критически важным для обеспечения здоровья и жизнеспособности подвида. Согласно отраслевому стандарту [4], ПДК аммиака не должна превышать 0,03 мг/л, что подчеркивает необходимость обеспечения высококачественной воды в условиях интенсивного рыбоводства.

Наиболее распространенным методом очистки воды в системах замкнутого водоснабжения в аквакультуре являются биофильтры [5]. Эти устройства используют микроорганизмы для преобразования токсичных форм азота, таких как аммиак (NH_3), в менее опасные соединения, что делает их важным компонентом в системе управления качеством воды. Однако практика показывает, что нормативные значения по содержанию аммония зачастую не достигаются на выходе из биофильтров, что представляет собой серьезную проблему для аквакультуры.

Одной из основных проблем в аквакультуре является продолжительность активации биофильтров, которая может занимать не менее двух месяцев. В условиях регулярного загрязнения водоемов азотом, особенно в летний период, характеризующийся высокими температурами и повышенной плотностью популяций рыб, такая задержка вызывает значительные трудности в эксплуатации систем и представляет серьезную угрозу для здоровья аквакультуры. В этом контексте для эффективного устранения азотных загрязнений из закрытых водообменных систем становится более целесообразным применять физико-химические методы очистки, нежели биологические. В последние годы цеолиты все чаще рассматриваются как оптимальное решение данной проблемы благодаря своим экологическим, экономическим и эксплуатационным достоинствам.

В современных водоемах, предназначенных для интенсивного разведения рыб, одной из ключевых экологических проблем остается удаление аммония. Это химическое соединение формируется в результате метаболической активности водных организмов, а также в процессе разложения органических остатков, таких как незасвоенные корма и экскудаты самих рыб. Нарастающие концентрации аммония представляют собой серьезную угрозу, поскольку они могут вызывать токсические эффекты у рыб, приводящие к снижению их жизнеспособности, повышенной заболеваемости и даже к массовым гибелям популяций.

Совсем недавно начались активные исследования технологии сорбции с применением природных цеолитов, которая представляет собой относительно новый подход к очистке сточных вод. Тем не менее, несмотря на имеющиеся перспективы, опыт внедрения данной технологии в рыбоводные комплексы по сей день остается ограниченным, а необходимые технические и технологические решения ещё не были окончательно разработаны.

Ключевым направлением исследований в данной области стало управление физико-химическими параметрами, влияющими на качество воды, используемой в процессе рыбоводства. Множество значимых работ в этой области были выполнены отечественными учеными, среди которых можно отметить И. Г. Березу, Ю. И. Вдовина, Е. Л. Войтова, В. В. Дзюбо, Г. Г. Матишова, А. Н. Кима, А. А. Коровушкина, П. А. Михеева, Е. Н. Пономареву, Н. С. Серпокрылова, В. Н. Швецова и других. Их вклад в изучение и разработку новых технологий очистки и мониторинга качества водозаборов является неоценимым для дальнейшего успешного развития аквакультуры и обеспечения экологической безопасности водоемов.

Целью данного исследования являются разработка и эксперименты на новых устройствах для эффективной подготовки воды в рыбоводческих хозяйствах, опираясь на современные достижения в области водоочистки. В работе эффективны представленные решения, способствующие оптимизации процессов водообеспечения в аквакультуре, улучшению качества воды и минимизации воздействия на окружающую среду.

Материалы и методы. Научное исследование, посвященное оценке эффективности сорбционных материалов, проводилось в два этапа. Первый этап был осуществлен на лабораторной установке – фильтрующей колонне, работающей в динамических условиях. Здесь использовался модельный расход воды от 0,1 до 0,3 дм³/ч и фиксированная концентрация загрязняющих веществ. Раствор с загрязняющими компонентами из рыбного пруда пропускали через колонну с высотой слоя сорбента от 20 до 50 см и размерами фракций от 0,8 до 2,5 мм. Скорость фильтрации находилась в диапазоне 2-5 мм/мин, что соответствует значению 2,5-8,0 м/ч. На этом этапе проводилось измерение остаточной концентрации загрязняющих веществ в фильтрате. Полученные результаты были проанализированы для оценки эффективности удаления азотсодержащих соединений, а также для построения графиков, иллюстрирующих динамические характеристики процесса адсорбции. С помощью математического моделирования адсорбционных процессов и уравнения Шилова [6] были определены коэффициенты задерживающего эффекта сорбентного слоя при различных его толщинах, а также длина зоны массопередачи, необходимая для расчета процесса, и потеря времени защитного действия.

На втором этапе исследование проводилось в полевых условиях с использованием опытно-промышленной модели, которая выполняла функции водоприемного и фильтрующего устройства. Эффективность работы этого устройства была подтверждена с помощью сорбционной загрузки.

Результаты и обсуждение. В научной работе исследования проводились на фильтрующих колонках, где в качестве загрузки использовались природные сорбенты [7]. Результаты исследования зависимости остаточной концентрации аммонийного азота от вре-

мени и концентрации адсорбента представлены в таблице 1. В таблице изложены данные, показывающие, как изменяется остаточная концентрация аммонийного азота в зависимости от различных параметров, что позволит глубже понять эффективность адсорбционных процессов и оптимальные условия для их применения.

Таблица 1 – Значения остаточной концентрации азота аммонийного в зависимости от времени
Table 1 – Values of residual concentration of ammonium nitrogen depending on time

Время, Т мин. / Time, T min	Концентрация адсорбента, мг/л / Adsorbent concentration, mg/l	Остаточная концентрация азота аммонийного в зависимости от времени на сорбентах / Residual concentration of ammonium nitrogen depending on time on sorbents	
		Клиноптилолит / Clinoptilolite	АК-ЦМ / AK-CM
5	5	4	5
10	4	1	1,5
20	3	0,3	0,5
30	2	0,25	0,3
40	1	0,1	0,2
50	0	-	0

Данная таблица демонстрирует эффективность адсорбции аммонийного азота на клиноптилолите и АК-ЦМ в зависимости от времени и концентрации адсорбента. Можно наблюдать, что с увеличением времени и концентрации сорбента остаточная концентрация аммонийного азота на обоих типах сорбентов значительно снижается, что подтверждает высокую эффективность использования исследуемых природных сорбентов для очистки вод.

Исследование процесса сорбции на клиноптилолите и катализаторе АК-ЦМ крупностью зерен 1-2 мм представлена на рисунке 1.

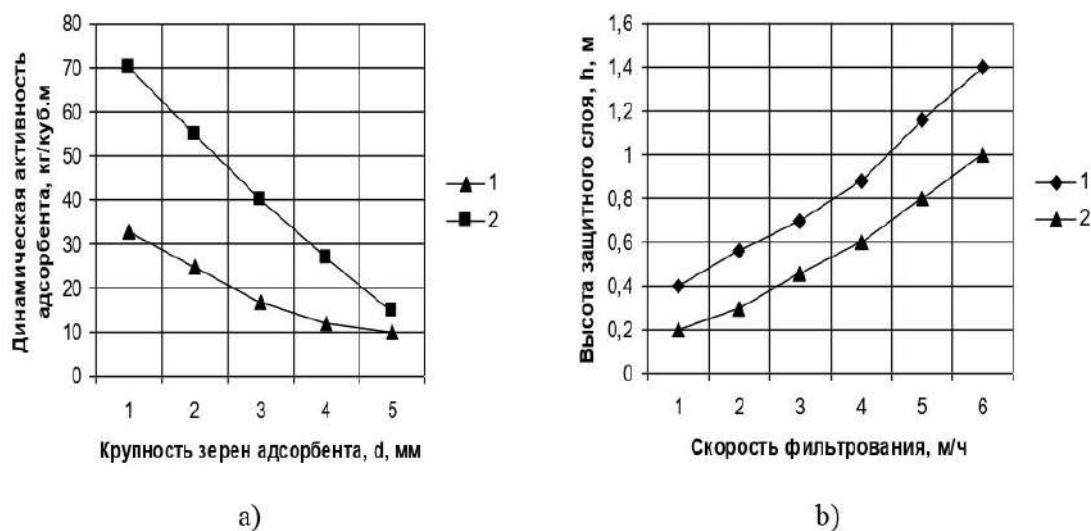


Рисунок 1 – Сорбционная характеристика процесса:

- а) характеристика динамической активности адсорбента в зависимости от крупности зерен;
б) скорость фильтрации воды сквозь защитный слой адсорбента;
1 – клиноптилолит, 2 – катализатор АК-ЦМ

Figure 1 – Sorption characteristics of the process:

- а) characteristics of the dynamic activity of the adsorbent depending on the grain size;
б) water filtration rate through the adsorbent protective layer; 1 – clinoptilolite, 2 – AK-CM catalyst

В рамках проведенного научного исследования был проанализирован адсорбент – сокирнит [8]. Исследование кинетики адсорбции показало наличие остаточной концентрации аммонийного азота (NH_4^+) в очищенной воде, что проиллюстрировано на рисунке 2.

Остаточная концентрация NH_4^+ при сорбции на сокирните

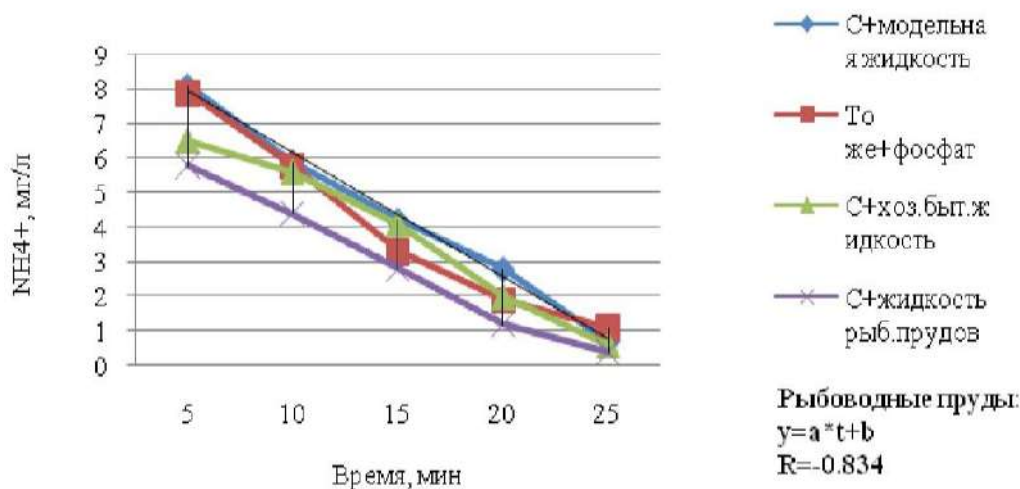


Рисунок 2 – Кинетика сорбции при определении остаточных концентраций NH_4^+
Figure 2 – Sorption kinetics in the determination of residual NH_4^+ concentrations

Результаты, представленные на рисунке 2, указывают на то, что концентрации аммонийного азота в очищенной воде не превышают предельно допустимых концентраций (ПДК). Высокий коэффициент корреляции ($R = 0,834$) свидетельствует о значительной зависимости между исследуемыми параметрами и подтверждает достоверность полученных данных.

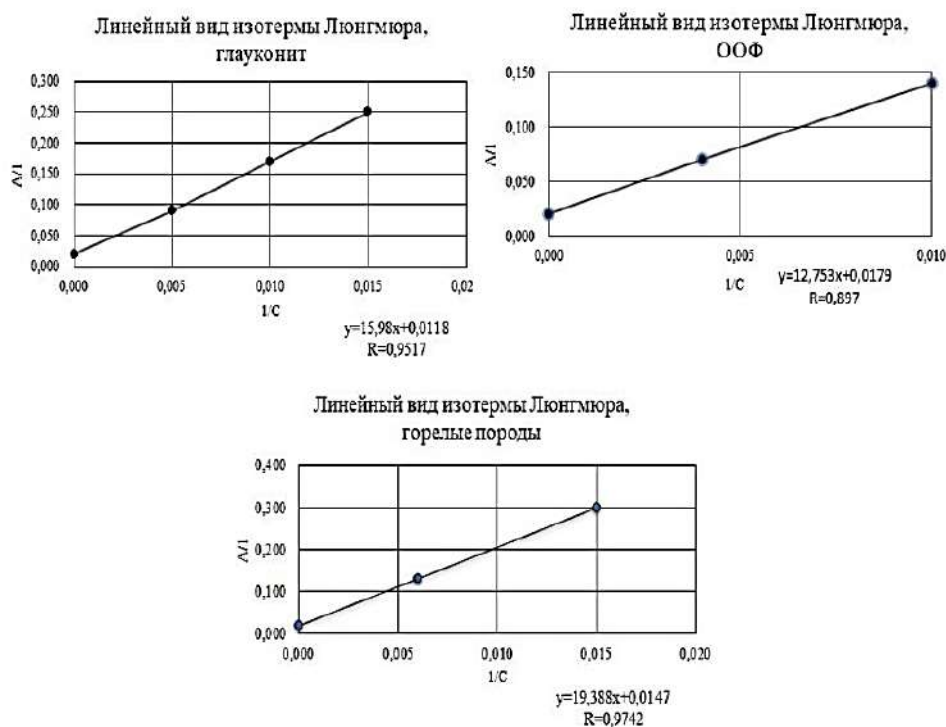


Рисунок 3 – Изотермы адсорбции для различных сорбентов
Figure 3 – Adsorption isotherms for various sorbents

На рисунке 3 представлены изотермы адсорбции ионов аммония на клиноптилолите при использовании различных сорбционных материалов. Эти изотермы позволяют проанализировать взаимодействие ионов аммония с различными сорбентами, а также оценить адсорбционные способности клиноптилолита.

Результаты экспериментальных исследований подтверждают, что клиноптилолит является эффективным сорбентом для адсорбции ионов аммония. Это может быть отмечено как из данных изотерм, где наблюдается высокая степень адсорбции при низких концентрациях ионов, так и на основании практических наблюдений, сделанных в ходе эксперимента.

Кроме того, важно отметить влияние факторов, таких как время контакта, pH среды и температура, на эффективность адсорбции.

С помощью полученных результатов были определены эксплуатационные и расчетные параметры процесса очистки воды. В частности, высокие показатели динамической емкости были отмечены для клиноптилолита, что свидетельствует о его высокой эффективности в качестве адсорбента. Скорость фильтрации составила 3,5-4 м/ч, что является удовлетворительным показателем для практического применения в системах водоочистки. При этом высота загрузки колонки составила от 0,8 до 1 м, а размер частиц адсорбента находится в диапазоне 1-2,5 мм, что оптимально для достижения высокой степени отделения загрязняющих веществ.

В процессе исследования было обнаружено, что изменение температуры и значений pH может приводить к превращению аммонийного азота в аммиак. Особую значимость этого процесса следует подчеркнуть, так как аммиак является более токсичной формой для осетровых рыб, что акцентирует внимание на важности контроля условий окружающей среды в системах очистки воды (рисунок 4).

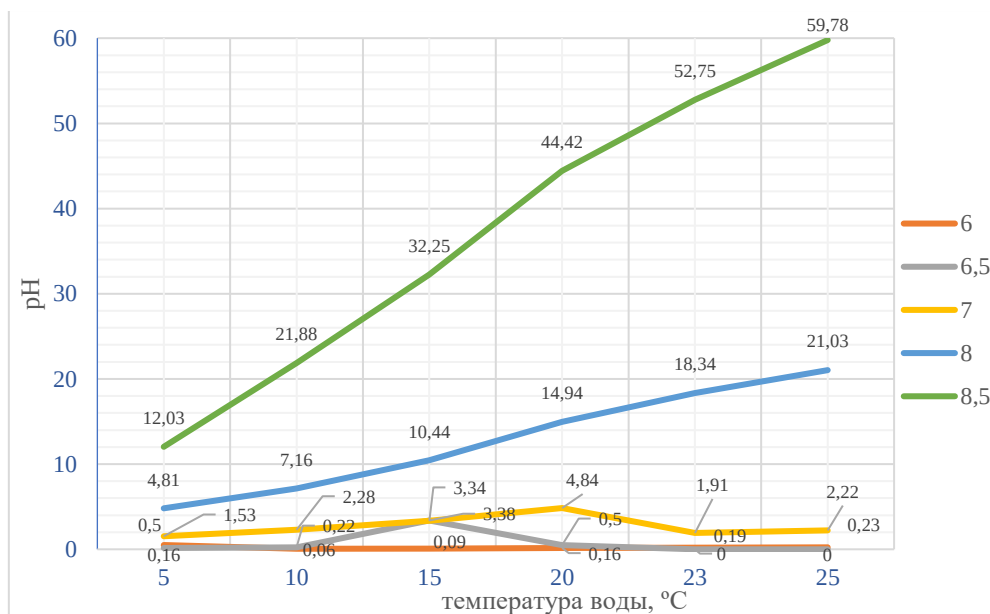


Рисунок 4 – Концентрация свободного аммиака, образующегося в воде, в зависимости от pH и температуры воды, мг/л

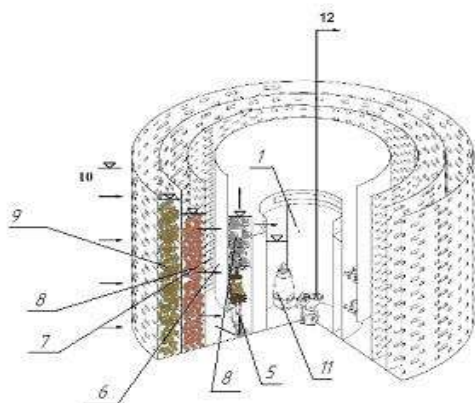
Figure 4 – The amount of free ammonia formed in water, depending on pH and water temperature, mg/l

Проектирование радиальных фильтров для очистки вод на рыбоводных предприятиях характеризуется определенными уникальными особенностями, которые требуют применения специализированных методологических подходов. Главным отличием данного процесса является не стремление к максимальному удалению взвешенных частиц, как это обычно практикуется в большинстве фильтрационных систем, а фокусировка на поддержании минимально допустимого уровня их содержания в очищенной воде. Такая стратегия необходима для предотвращения колюматации цеолитовой загрузки, поскольку загрязняющие элементы, представляющие собой зоо- и фитопланктон, являются источником пищи для рыб, обитающих в пруду [9].

В данном исследовании рассматривается случай удаления аммонийного азота из вод прудов, при этом особое внимание уделяется этому процессу в летние месяцы, с июня по сентябрь. В зависимости от конфигурации фильтровальной установки – стационарной или мобильной – могут применяться две схемы фильтрации исходной воды: «снаружи внутрь» (рисунок 5 А) и «изнутри наружу» (рисунок 5 Б).

Установка состоит из фильтрационных секций с внутренним диаметром 0,2 м, заполненных цеолитом с размером частиц 2-3 мм, и наружным диаметром 0,25 м. Высота слоя загрузки составляет 0,8 м, объем цеолитового наполнителя равен 0,057 м³, а масса загрузки составляет 62 кг. Расход воды из пруда варьировался от 0,14 до 0,3 м³/час, что соответствует скорости фильтрации от 2 до 4 м/ч [10].

А – Фильтрация исходной воды по принципу «снаружи внутрь»



Б – Фильтрация исходной воды по принципу «изнутри-наружу»

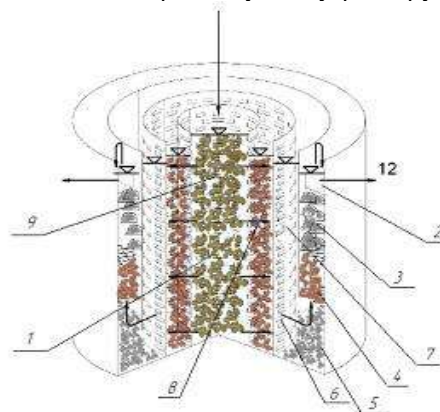


Рисунок 5 – Модель водоприемно-очистного устройства, предназначенного для очистки воды на рыбоводных предприятиях [10, 11]:

1 – центральный трубопровод фильтра; 2 – лоток для сброса очищенных вод; 3 – цеолитовый материал, помещенный в сеточные корзины; 4 – щебеночный слой с перфорированными трубами для системы промывки; 5 – сорбционная камера; 6 – глухие стенки; 7 – перегородки с щелями; 8 – второй этап фильтрации; 9 – первый этап фильтрации; 10 – вода из пруда; 11 – насосное оборудование для перекачки; 12 – сброс воды [10, 11]

Figure 5 – Model of a water intake and purification device designed for water purification at fish hatcheries [10, 11]:

1 – central filter pipeline; 2 – tray for discharging purified water; 3 – zeolite material placed in mesh baskets; 4 – crushed stone layer with perforated pipes for the flushing system; 5 – sorption chamber; 6 – blind walls; 7 – partitions with slits; 8 – the second stage of filtration; 9 – the first stage of filtration; 10 – pond water; 11 – pumping equipment for pumping; 12 – water discharge [10, 11]

Результаты сорбции в полевых условиях представлены на рисунке 6.

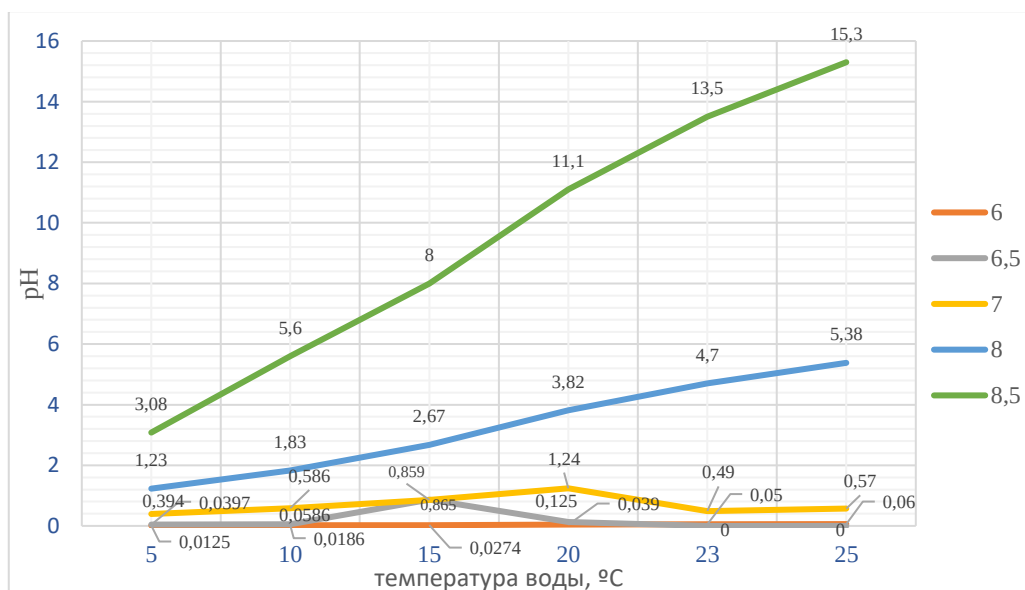


Рисунок 6 – Зависимость потребности клинцитилолита от pH и температуры воды в процессе удаления аммиака и аммония, г/мг

Figure 6 – Dependence of clinoptilolite demand on the pH and temperature of water during the removal of ammonia and ammonium, g/mg

Исследования показали, что при проведении экспериментов в реальных условиях сорбционная способность цеолита практически достигает предела к 9-му дню эксплуатации, тогда как фактическая продолжительность фильтрационного цикла варьировала от 80 до 90 часов. Для регенерации ионообменной способности использовались 2 % раствор NaCl и 5 % раствор NaOH в течение 20-30 минут. Однако для окончательных выводов о целесообразности замены цеолита или его регенерации необходимы дальнейшие наблюдения и исследования. Полевые испытания системы очистки прудовых вод подтвердили эффективность функционирования водоприемно-очистного устройства [12, 13].

Использование этих схем позволяет учитывать особенности процесса фильтрации в различных условиях, обеспечивая эффективное очищение воды, сохраняя при этом важные компоненты экосистемы для поддержания благоприятных условий для проживания рыб.

В соответствии с предложенной методикой расчета была создана программа [14], в рамках которой выполнен расчет типового ряда сооружений для очистки прудовых вод, предназначенных для разведения осетровых рыб (рисунок 7). В процессе работы были учтены специфические требования к качеству воды, необходимые для обеспечения здоровья и роста осетровых, а также особенности экосистемы прудов.

Общие данные по фильтру

расход обрабатываемой прудовой воды	83,3
число фильтрующих секций	3
количество часов работы установки (Т)	12
восходящая скорость фильтрования	4
необходимое кол-во цеолита на сутки работы без замены и без регенерации	1224
насыпная плотность цеолита	2,22
центральная труба	70
сорбционная камера (в режиме фильтрования "снаружи - внутрь")	2,1
сорбционная камера (в режиме фильтрования "изнутри - наружу")	2,4
камера разделения направления движения потоков воды	167

Общие данные по фильтрации

крупность зернистой загрузки из щебня 1 ступени	30
крупность зернистой загрузки из цеолита 2 ступени	25
крупность зернистой загрузки из щебня 3 ступени	30
высота загрузки	4

Показатели исходной воды

исходная концентрация аммония в растворе	3,47 мг/л
равновесная концентрация аммония в растворе	0,15 мг/л

Расчеты

площадь фильтра	20,825
высота сорбционной загрузки в режиме сорбции	1,66666
необходимое кол-во цеолита на сезон работы без замены и без регенерации	110,16
объем цеолитовой загрузки	0,24455
площадь камеры	1,53721
высота цеолитовой загрузки	0,15908
общий объем камеры сорбции	1,32060
площадь объем камеры сорбции	-
площадь в плане первой камеры фильтрования с щебнем фракции 15-20 мм	4,165
второй по направлению движения воды фильтрующий слой с щебенчатой загрузкой фракцией 5-8 мм	4,165

Произвести расчет

Рисунок 7 – Программный комплекс для расчета радиального фильтра, предназначенного для очистки вод в рыбоводческих хозяйствах [14]

Figure 7 – Software package for calculating a radial filter designed for water purification in fish farms [14]

Расчет включает в себя выбор оптимальных размеров и конфигурации фильтров, определение необходимых параметров для эффективного удаления загрязняющих веществ, а также минимизацию потерь зоо- и фитопланктона, который служит кормом для рыб. Эти параметры критически важны для обеспечения устойчивости экосистемы и повышения эффективности рыбоводства.

Данный типоряд сооружений призван обеспечить оптимальные условия для очистки воды с учетом биологических нужд осетровых, что позволит улучшить качество водоема и содействовать повышению продуктивности рыбоводства.

Закключение. В ходе экспериментов были изучены различные параметры, такие как pH раствора, температура, начальная концентрация аммонийного азота и площадь поверхности сокирнита. Установлено, что оптимальные условия, способствующие максимальному удалению аммонийного азота, варьируются в зависимости от конкретных характеристик исследования.

Результаты исследования подтверждают потенциальное применение сокирнита в системах очистки сточных вод, особенно в условиях высокой нагрузки аммонийными соединениями. Практическое внедрение технологий с использованием сокирнита может существенно улучшить качество воды, что имеет важное значение для экологии и здоровья населения.

В заключение отметим, что сокирнит представляет собой перспективный адсорбент для очистки воды от аммонийного азота с высокой эффективностью. Дальнейшие исследования могут способствовать более глубокому пониманию его свойств и расширению применения в различных областях водоочистки.

Conclusions. During the experiments, various parameters were studied, such as the pH of the solution, the temperature, the initial concentration of ammonium nitrogen and the surface area of the sokirnite. It was found that the optimal conditions for maximum removal of ammonium nitrogen vary depending on the specific characteristics of the study.

The results of the study confirm the potential use of sokirnite in wastewater treatment systems, especially in conditions of high load of ammonium compounds. The practical implementation of technologies using sokirnite can significantly improve water quality, which is important for the environment and public health.

In conclusion, sokirnite is a promising adsorbent for water purification from ammonium nitrogen with high efficiency. Further research can contribute to a deeper understanding of its properties and expand its application in various areas of water treatment.

Библиографический список

1. Калайда М. Л., Дементьев Д. С. Качество вод как важная компонента развития форелеводческих фермерских хозяйств в Поволжском регионе. Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 49. № 1. С. 145-152.
2. Алексеева В. Н. Приоритетные заболевания осетровых рыб при выращивании в установке замкнутого водоснабжения. Актуальные проблемы науки и техники: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2022. С. 27-28.
3. Матишов Г. Г. и др. Гидрохимический состав подземных вод и их применение в рыбоводческих хозяйствах. Наука Юга России. 2023. Т. 19. № 4. С. 93-102.
4. Юрченко И. Ф. Планирование системного водораспределения: современное состояние и приоритетные направления совершенствования. Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 1. С. 184-199.
5. Трифонова Т., Чеснокова С., Савельев О. Оценка загрязнения малого водотока аммонийным азотом. Экология и промышленность России. 2021. № 25 (3). С. 46-52.
6. Шевченко В. А., Кирейчева Л. В. Комплексная мелиорация – основа технологического обеспечения продовольственной безопасности и сохранения плодородия почв. Природообустройство. 2025. № 1. С. 6-12.
7. Серпокрьлов Н. С., Боронина Л. В., Тажиева С. З. Результаты экспериментальных исследований процессов очистки прудовой воды на фильтрах с радиально-восходящим потоком жидкости. Градостроительство и архитектура. 2016. № 2 (23). С. 36-42.
8. Серпокрьлов Н. С., Тажиева С. З. Методика расчета и технико-экономические показатели радиально-восходящего фильтрования в режимах "изнутри - наружу" и "снаружи - внутрь". Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2019. № 3 (29). С. 33-38.
9. Шевченко В. А., Лытов М. Н. Концептуальные подходы к оценке эффективности и оптимизации управления балансом биогенных элементов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 15-22.
10. Лытов М. Н. Обобщенная модель управления потоками органического углерода и азота на мелиорированных землях. Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14. № 1. С. 51-70.
11. Ляшков М. А., Домашенко Ю. Е. Оптимизация экологически безопасного водопользования на мелиоративных системах в условиях дефицита водных ресурсов. Экология и промышленность России. 2021. Т. 25. № 11. С. 42-47.
12. Харламова А. Э., Серпокрьлов Н. С., Бекбергенова С. З. Разработка технологии и устройств подготовки вод для разведения осетровых рыб (на примере аридных зон). Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2022. № 4 (156). С. 62-67.

References

1. Kalaida M. L., Dementyev D. S. Water Quality as an Important Component of the Development of Trout Farms in the Volga Region. Butler's messages. 2017. V. 49. № 1. Pp. 145-152.
2. Alekseeva V. N. Priority Diseases of Sturgeon Fish in Rearing in a Closed Water Supply Installation. Actual Problems of Science and Technology: Materials of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference. Rostov-on-Don: Don State Technical University, 2022. Pp. 27-28.
3. Matishov G. G., et al. Hydrochemical Composition of Groundwater and Their Application in Fish Farms. Science of the South of Russia. 2023. V. 19. № 4. Pp. 93-102.
4. Yurchenko I. F. Planning of System Water Distribution: Current State and Priority Directions of Improvement. Land reclamation and hydraulic engineering. 2023. V. 13. № 1. Pp. 184-199.
5. Trifonova T., Chesnokova S., Savelyev O. Assessment of contamination of a small watercourse with ammonium nitrogen. Ecology and Industry of Russia. 2021. № 25 (3). Pp. 46-52.
6. Shevchenko V. A., Kireycheva L. V. Complex Land Reclamation as the Basis for Technological Support of Food Security and Soil Fertility Preservation. Nature. 2025. № 1. Pp. 6-12.
7. Serpokrylov N. S., Boronina L. V., Tazhieva S. Z. Results of Experimental Studies of Pond Water Treatment Processes on Filters with a Radial-Ascending Fluid Flow. Urban planning and architecture. 2016. № 2 (23). Pp. 36-42.
8. Serpokrylov N. S., Tazhieva S. Z. Calculation Methods and Technical and Economic Indicators of Radial-Ascending Filtration in the "Inside-Out" and "Outside-Inside" Modes. Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea. 2019. № 3 (29). Pp. 33-38.
9. Shevchenko V. A., Lytov M. N. Conceptual Approaches to Assessing the Efficiency and Optimization of Biogenic Element Balance Management. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 2 (70). Pp. 15-22.

10. Lytov M. N. Generalized Model of Organic Carbon and Nitrogen Flows Management on Reclaimed Lands. Land reclamation and hydraulic engineering. 2024. V. 14. № 1. Pp. 51-70.

11. Lyashkov M. A., Domashenko Y. E. Optimization of Ecologically Safe Water Use in Reclamation Systems in Conditions of Water Scarcity. Ecology and Industry of Russia. 2021. V. 25. № 11. Pp. 42-47.

12. Kharlamova A. E., Serpukrylov N. S., Bekbergenova S. Z. Development of Water Treatment Technology and Devices for Sturgeon Breeding (on the Example of Arid Zones). Bulletin of the Donbass National Academy of Construction and Architecture. 2022. № 4 (156). Pp. 62-67.

Информация об авторах

Бекбергенова Светлана Загировна, соискатель, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова (Российская Федерация, 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), e-mail: polet-11@mail.ru

Хещуриани Елгуджа Демурович, доктор технических наук, профессор, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова (Российская Федерация, 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132); Донской государственный технический университет (Российская Федерация, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), e-mail: goodga@mail.ru

Абуова Галина Бекмуратовна, кандидат технических наук, доцент кафедры, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет (Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева 18), e-mail: isipb@aucu.ru

Authors' Information

Bekbergenova Svetlana Zagirovna, applicant, Platov South Russian State Polytechnic University (NPI) (Russian Federation, 346428, Rostov Region, Novochoerkassk, Prosveshcheniya str.,132), e-mail: polet-11@mail.ru

Khetsuriani Yelguja Demurovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Platov South Russian State Polytechnic University (Russian Federation, 346428, Rostov Region, Novochoerkassk, Prosveshcheniya str.,132), Donskoy State Technical University (Russian Federation, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), e-mail: goodga@mail.ru

Abuova Galina Bekmuratovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishcheva St., 18), e-mail: isipb@aucu.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-61

THE EFFECT OF SUNFLOWER PROTEIN CONCENTRATE ON THE QUALITY OF CHOPPED SEMI-FINISHED PRODUCTS

^{1,2}Gorlov I. F., ¹Karpenko E. V., ¹Tkachenkova N. A., ^{1,2}Orekhova M. A., ²Samoilenko A. A.

¹Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production

²Volgograd State Technical University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 11.07.2025

Submitted 20.08.2025

This work was carried out under grant RNF 22-16-00041-P, GNU NIIMMP.

Abstract

Introduction. The relevance of the work is to create products rich in protein and healthy fats. The addition of protein concentrate can be an excellent alternative to traditional ingredients, contributing to the creation of more nutritious products. In addition, sunflower concentrate can be a cost-effective ingredient that not only improves product quality but also reduces raw material costs. **Object.** The object of the study is chopped frozen semi-finished products with the addition of vegetable ingredients, in particular sunflower protein concentrate, to the stuffing part. **Materials and methods.** The scientific experiment was carried out in the laboratory of GNU NIIMMP and in the laboratory of the Department of Food Production Technology of VolgGTU. Sunflower protein concentrate (TU 10.89.19-322-05748654-2021) was used for research. The protein content was analyzed according to GOST 25011-81, the percentage of fat was determined according to GOST 23042-2015, and the moisture level – according to GOST R 51479-99. The amount of sodium chloride was measured according to the standards of GOST 9957-2015. Organoleptic characteristics of the studied samples were investigated in agreement with the requirements of GOST 9959-2015. A five-point system was used for evaluation. **Results and conclusions.** As a result of adding sunflower protein concentrate in the amount of 5 % increased nutritional value, improved organoleptic parameters, namely: semi-finished products became juicier, added a slight nut flavor, consistency became elastic compared to the control sample. Adding 15 % sunflower protein concentrate increased the nutritional value, but at the same time the consistency became loose and dry, a pronounced nutty flavor appeared.

Keywords: chopped semi-finished products, sunflower protein concentrate, sunflower protein, protein concentrates, quality of semi-finished meat products, vegetable ingredients of semi-finished products.

Citation. Gorlov I. F., Karpenko E. V., Tkachenkova N. A., Orekhova M. A., Samoilenko A. A. The effect of sunflower protein concentrate on the quality of chopped semi-finished products. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 590-598 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-61.

Author's contribution. In the process of working on this scientific article, the authors were actively involved at all stages. All authors were familiarized with the final version of the text and confirmed their agreement with the presented results and conclusions.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 637.521.47

**ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАТА ПОДСОЛНЕЧНОГО БЕЛКА НА КАЧЕСТВО
РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ**^{1,2}Горлов И. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН¹Карпенко Е. В., кандидат биологических наук¹Ткаченко Н. А., научный сотрудник^{1,2}Орехова М. А., магистрант, лаборант-исследователь²Самойленко А. А., магистрант¹ФБГНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции»²ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет
г. Волгоград, Российская Федерация**Работа выполнена по гранту РНФ 22-16-00041-П, ГНУ НИИММП.**

Актуальность. Актуальность работы состоит в создании изделий, богатых белками и полезными жирами. Введение концентрата подсолнечного белка в рецептуру рубленых полуфабрикатов может стать отличной альтернативой традиционным ингредиентам, способствуя созданию более питательных продуктов. Помимо этого, подсолнечный концентрат может быть экономически выгодным ингредиентом, который не только улучшает качество продукта, но и снижает затраты на сырье.

Объект. Объектом исследования являются рубленые замороженные полуфабрикаты с добавлением в фаршевую часть растительных ингредиентов, в частности концентрата подсолнечного белка.

Материалы и методы. Научный эксперимент проводился в лаборатории ГНУ НИИММП и в лаборатории кафедры технологии пищевых производств ВолгГТУ. Для проведения исследований использовали концентрат подсолнечного белка (ТУ 10.89.19-322-05748654-2021). Анализ по определению содержания белка осуществлялся согласно нормативам ГОСТ 25011–81, процентное содержание жира определялось в соответствии с ГОСТ 23042-2015, а уровень влажности – по ГОСТ Р 51479-99. Количество хлорида натрия измерялось по стандартам ГОСТ 9957–2015. Органолептические характеристики изучаемых образцов были исследованы в согласии с требованиями ГОСТ 9959-2015. Для оценивания использовалась пятибалльная система.

Результаты и выводы. В результате внесения концентрата подсолнечного белка в количестве 5 % повысилась питательная ценность, улучшились органолептические показатели, полуфабрикаты стали сочнее, добавился легкий ореховый привкус, консистенция стала упругой по сравнению с контрольным образцом. При добавлении 10 и 15 % концентрата подсолнечного белка повысилась питательная ценность, но при этом консистенция стала рыхлой и сухой, появился ярко-выраженный ореховый вкус.

Ключевые слова: рубленые полуфабрикаты, концентрат подсолнечного белка, подсолнечный белок, белковые концентраты, качество мясных полуфабрикатов, растительные ингредиенты полуфабрикатов.

Цитирование. Горлов И. Ф., Карпенко Е. В., Ткаченко Н. А., Орехова М. А., Самойленко А. А. Влияние концентрата подсолнечного белка на качество рубленых полуфабрикатов. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 590-598. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-61.

Авторский вклад. В процессе работы над научной статьей, авторы принимали активное участие на всех этапах. Все авторы были ознакомлены с финальной версией текста и подтвердили свое согласие с представленными результатами и выводами.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Подсолнечник занимает лидирующие позиции среди масличных культур. Ежегодный урожай его семян достигает внушительных объемов, варьируясь в пределах 40-50 миллионов тонн. После извлечения масла оставшийся жмых, как правило, утилизируется и лишь в незначительной степени находит применение в качестве корма для сельскохозяйственных животных. Однако протеин, содержащийся в подсолнечнике, по аминокислотному профилю практически соответствует идеальному, рекомендованному ФАО/ВОЗ, за исключением дефицита лизина. В связи с этим актуальность разработки технологий получения пищевого белка из подсолнечника остается неизменной [1, 2].

Белковый концентрат создается из дезодорированной подсолнечной муки посредством техник осаждения, извлечения и рафинирования. Его использование в пищевой промышленности является важной областью для изучения, особенно в отношении его воздействия на качество и свойства фаршевых полуфабрикатов. Добавление белкового концентрата в мясные изделия способствует увеличению содержания растворимых белков и повышению пищевой ценности конечного продукта, за счет белковых составляющих. Осо-

бенности концентрата заключаются в его высоком содержании белка – до 70-80 %, а также в низком содержании жиров и сахаров [3]. Это делает его идеальным ингредиентом для приготовления здоровых и питательных блюд. Важно отметить, что концентрат подсолнечного белка является гипоаллергенным продуктом, что делает его доступным для людей с пищевыми аллергиями или ограничениями. Также концентраты, как очищенные формы растительных белков, являются экономически более целесообразными формами белковых продуктов, что позволяет использовать их в больших дозировках. Все эти особенности делают концентрат подсолнечного белка незаменимым компонентом в производстве рубленых полуфабрикатов, обогащая их питательными веществами и улучшая их качество.

Рубленые полуфабрикаты широко распространены в современном питании благодаря своей удобной форме приготовления и разнообразным способам подачи. Добавление концентрата подсолнечного белка может повлиять как на текстуру и вкус продукта, так и на его питательные свойства. Добавление концентрата подсолнечного белка в рубленые полуфабрикаты оказывает значительное влияние на их текстуру. Белок является важным компонентом, который влияет на структуру и сцепление ингредиентов. При добавлении концентрата подсолнечного белка происходит улучшение органолептических свойств продукта, что сказывается на его сочности и упругости. Текстура становится более однородной и улучшается в процессе хранения [4]. Эксперименты показывают, что оптимальное соотношение концентрата подсолнечного белка влияет на готовый продукт, делая его более аппетитным и привлекательным для потребителей. Добавление концентрата подсолнечника в рецептуру рубленых полуфабрикатов позволит создать более сбалансированный. Потенциал этого продукта заключается в создании новых вкусовых и питательных характеристик блюд, а также в увеличении ассортимента продукции для потребителей с различными диетическими предпочтениями. Исследования показывают, что использование концентрата подсолнечного белка в рубленых полуфабрикатах способствует повышению их пищевой ценности и улучшению качества продукции [6].

Целью работы является изучение влияния концентрата подсолнечного белка на качественные характеристики рубленых полуфабрикатов. В задачи исследования входило: рассмотреть и изучить особенности внесения концентрата подсолнечного белка в рубленые полуфабрикаты; оценить качество готовых продуктов.

Материалы и методы. Исследование качества готовых образцов проведено в лаборатории ГНУ НИИММП и в лаборатории кафедры технологии пищевых производств ВолгГТУ. В ходе лабораторных исследований было изготовлено четыре образца рубленых полуфабрикатов – контрольный без добавок и с различным содержанием концентрата подсолнечного белка (опытный образец №1 в количестве 5 %, опытный образец № 2 – 10 % и опытный образец № 3 – 15 %). В качестве мясного сырья было использовано мясо птицы по ГОСТ 31962-2013 и свинина по ГОСТ 31476-2012.

В ходе работы применялся комплекс исследовательских подходов, включающий физико-химический анализ и органолептическую оценку. Содержание белка устанавливалось согласно стандарту ГОСТ 25011-81. Для определения процентного содержания жира применялись требования ГОСТ 23042-2015, а влажность определялась в соответствии с ГОСТ Р 51479-99. Органолептические свойства тестируемых образцов оценивались экспертной комиссией согласно ГОСТ 9959-2015. Для оценки использовалась пятибалльная система. Дегустационная комиссия состояла из пяти квалифицированных специалистов, проводивших сенсорный анализ.

Результаты и обсуждение. Для определения целесообразности применения концентрата подсолнечного белка в качестве ключевого компонента при разработке рецептов мясных полуфабрикатов с добавлением растительных ингредиентов, было проведено сопоставительное исследование его питательной ценности с другими видами растительного сырья, обычно используемыми в рецептурах мясных полуфабрикатов. Информация, отражающая пищевую ценность растительных компонентов, применяемых в мясных полуфабрикатах, представлена в таблице 1.

Сравнительный анализ концентратов подсолнечного, соевого и пшеничного белка демонстрирует существенные различия в их физико-химических характеристиках. Подсолнечный концентрат выигрывает по содержанию белка, в количестве 83,8 %, что делает его привлекательным выбором для обогащения рациона белком. Соевый концентрат также остается достойным источником белка, хотя и несколько уступает подсолнечному аналогу.

Пшеничный концентрат, в свою очередь, характеризуется наименьшей концентрацией белка, что следует учитывать при его использовании. В контексте содержания влаги, подсолнечный концентрат также демонстрирует преимущество, содержа всего 5,5 % влаги, что потенциально увеличивает срок его хранения. Соевый и пшеничный концентраты, с более высоким содержанием влаги, могут потребовать более тщательных условий хранения [9].

Таблица 1 – Пищевая ценность структурообразователей полуфабрикатов
Table 1 – Nutritional value of structure-forming agents in semi-finished products

Показатели / Indicators	Концентрат подсолнечного белка / Sunflower protein concentrate	Соевый концентрат / Soybean concentrate	Пшеничный концентрат / Wheat concentrate
Органолептические показатели / Organoleptic indicators			
Вид, форма и размер частиц / Type, shape and size of particles	порошок, размер частиц 20-25 мкм / powder, particle size 20-25 microns	гранулы 3-5 мм / granules 3-5 mm	гранулы от 5 до 10 мм / granules from 5 to 10 mm
Цвет, запах, вкус / Color, smell, taste	светло-кремового цвета, вкус и запах свойственный данному продукту / powder, particle size 20-25 microns light cream color, taste and smell characteristic of this product	от желтого до коричневого, слабый свойственный продукту / from yellow to brown, weak characteristic of the product	серовато-бежевый. Вкус и запах свойственные термообработанному пшеничному продукту / grayish beige. Taste and smell typical of heat-treated wheat product
Физико-химические показатели / Physicochemical indicators			
Массовая доля влаги, % не более / Mass fraction of moisture, % no more	5,5	11,0	12,0
Массовая доля белка, % не более / Mass fraction of protein, % no more	83,8	70,0	50
Массовая доля жира, % не более / Mass fraction of fat, % no more	1,1	1,0	1,5

В лабораторных условиях было произведено три опытных образца рубленых полуфабрикатов с различным содержанием концентрата подсолнечного белка и один контрольный образец без концентрата. Количество вводимого в состав фарша растительного ингредиента варьировало следующим образом: для образца № 1 5 %; для образца № 2 10 %, для образца № 3 15 %.

Включение большего количества концентрата подсолнечного белка оказывало неблагоприятное воздействие на сенсорные свойства полуфабрикатов. Добавление функционального ингредиента в объеме 10 и 15 % приводило к тому, что после приготовления продукты приобретали рассыпчатую структуру. Также отмечался интенсивный ореховый аромат, который перебивал запах мясного фарша. Цвет полуфабрикатов становился серозеленым. При введении 5 % концентрата подсолнечного белка в фаршевую систему полуфабрикаты имели более упругую консистенцию, со слабым приятным ореховым послевкусием. При дегустации были отмечены высокие качественные характеристики [10]. Результаты органолептической оценки полуфабрикатов представлены в таблице 2.

Органолептические показатели контрольного образца представлены для того, чтобы их можно было сравнить с опытными образцами. Было отмечено, что опытные образцы в сравнении с контрольным образцом имеют более выраженный аромат и вкус подсолнечника, за счет содержания белкового концентрата, однако в образцах № 2 и № 3 запах и вкус наиболее выражен, тем самым перебивает вкус и запах мясного фарша.

Таблица 2 – Органолептическая оценка образцов
Table 2 – Organoleptic evaluation of samples

Наименование образца / Sample name	Значения для образцов / Values for samples			
	внешний вид / appearance	вид на срезе / cross-sectional view	цвет / color	запах, вкус / smell, taste
Контрольный образец / Control sample	овальная форма, измельченная однородная масса / oval shape, crushed homogeneous mass	фарш хорошо перемешан, масса однородная, на срезе видно начинку / minced meat is well mixed, the mass is homogeneous, the filling is visible on the cut	розовый / pink	характерный вкус мясного фарша и специй, с привкусом грибов и моркови / characteristic taste of minced meat and spices, with a hint of mushrooms and carrots
Опытный образец № 1 / Experimental sample № 1	овальная форма, измельченная однородная масса, ровные края / oval shape, crushed homogeneous mass, smooth edges	фарш хорошо перемешан, масса однородная с включениями белкового концентрата, на срезе видно начинку / minced meat is well mixed, the mass is homogeneous with inclusions of protein concentrate, the filling is visible on the cut	светло-розовый / light pink	характерный вкус мясного фарша и специй, с привкусом грибов и моркови с легким запахом подсолнечника / characteristic taste of minced meat and spices, with a hint of mushrooms and carrots with a slight smell of sunflower
Опытный образец № 2 / Experimental sample № 2	овальная форма, измельченная масса с ломаными краями / oval shape, crushed mass with broken edges	фарш перемешан, масса неоднородная, слегка крошливая с включениями белкового концентрата, на срезе видно начинку / minced meat is mixed, the mass is non-homogeneous, slightly crumbly with inclusions of protein concentrate, the filling is visible on the cut	светло-розовый / light pink	вкус мясного фарша и специй, с привкусом грибов и моркови, с ярким вкусом и запахом подсолнечника / taste of minced meat and spices, with a hint of mushrooms and carrots, with a bright taste and smell of sunflower
Опытный образец № 3 / Experimental sample № 3	овальная форма, измельченная масса с разорванными и ломаными краями / oval shape, crushed mass with torn and broken edges	фарш перемешан, масса неоднородная, крошливая, ломаная, с включениями белкового концентрата, начинку видно не четко / minced meat is mixed, the mass is non-homogeneous, crumbly, broken, with inclusions of protein concentrate, the filling is not clearly visible	серо-розовый / gray pink	вкус мясного фарша и специй, с привкусом грибов и моркови, с чрезмерным вкусом и запахом подсолнечника / taste of minced meat and spices, with a hint of mushrooms and carrots, with an excessive taste and smell of sunflower

В рамках работы были выполнены физико-химические анализы, включающие в себя определение процентного содержания белка, жира, влаги и хлорида натрия. Результаты измерения массовой доли белка отражены в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание массовой доли белка в образцах
Table 3 – Protein mass fraction content in samples

Наименование показателя / Name of the indicator	Контрольный образец / Control sample	Опытный образец № 1 / Experimental sample № 1	Опытный образец № 2 / Experimental sample № 2	Опытный образец № 3 / Experimental sample № 3
Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %	13,4	16,3	17,4	18,9

В результате проведенного исследования выявили, что массовая доля белка в опытных образцах увеличивается. Это объясняется тем, что некоторый объем фарша продукта заменен на белковый концентрат подсолнечника, обладающий высоким содержанием белка. Введение белкового концентрата позволило повысить содержание белка в образце № 1 на 2,9 %, а в образце № 2 и № 3 – на 4,0 и 5,5 % соответственно по сравнению с контрольным образцом.

Процентное содержание жира отражает количество жировых веществ, присутствующих в составе продукта. Данные о процентном содержании жира представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание массовой доли жира в образцах
Table 4 – Content of mass fraction of fat in samples

Наименование показателя / Name of the indicator	Контрольный образец / Control sample	Опытный образец № 1 / Experimental sample № 1	Опытный образец № 2 / Experimental sample № 2	Опытный образец № 3 / Experimental sample № 3
Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %	3,42	3,40	3,39	3,38

Анализ проведенных исследований показал, что использование концентрата оказало воздействие на жирность исследуемых образцов, снизив ее в сравнении с контрольной группой. Это объясняется заменой части мясного фарша растительным протеиновым концентратом с низким содержанием жира. В частности, в образце № 1 жирность снизилась на 0,02 %, а в образцах № 2 и № 3 – на 0,03 и 0,04 % соответственно относительно контрольных значений.

Содержание воды в продуктах питания оказывает влияние на их энергетическую ценность. Более высокое содержание влаги означает меньшую концентрацию ценных сухих веществ, таких как белки, жиры и углеводы, на единицу веса. Влажность также является важным фактором, определяющим срок годности продукта, его способность к транспортировке и возможность дальнейшей обработки. Избыточная влага создает благоприятную среду для ферментативных и химических процессов, а также способствует развитию микроорганизмов, включая те, которые вызывают порчу, например, плесень. Информация о процентном содержании влаги представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Содержание массовой доли влаги в образцах
Table 5 – Moisture content in samples

Наименование показателя / Name of the indicator	Контрольный образец / Control sample	Опытный образец № 1 / Experimental sample № 1	Опытный образец № 2 / Experimental sample № 2	Опытный образец № 3 / Experimental sample № 3
Массовая доля влаги, % / Mass fraction of moisture, %	79,7	76,3	73,4	71,6

В результате проведенного исследования выявили, что содержание влаги в готовых образцах понижается с увеличением количества белкового концентрата. Полученный результат обусловлен тем, что белковый концентрат вносится в виде порошка в фарш, снижая содержание влаги. Введение концентрата позволило улучшить стабильность фаршевой системы в образце № 1, однако введение концентрата в количестве 10 и 15 % в образцах № 2 и № 3 ухудшило консистенцию готового продукта, при формировании изделия фарш плохо слипался, разваливался. В результате можно сделать вывод, что введение концентрата в количестве 10 и 15 % нежелательно.

В результате проведенного исследования выявили, что содержание влаги в готовых образцах уменьшается с увеличением количества наполнителей. Полученный результат обусловлен тем, что в опытных образцах при добавлении концентрата белка за счет увеличения сухих веществ лучше связывается влага по сравнению с контрольным образцом.

Массовая доля хлористого натрия в полуфабрикатах – это доля этого вещества, выраженная в процентах к массе пробы продукта. Значения массовой доли хлористого натрия представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Содержание массовой доли хлористого натрия в образцах
Table 6 – Content of mass fraction of sodium chloride in samples

Наименование показателя / Name of the indicator	Контрольный образец / Control sample	Опытный образец № 1 / Experimental sample № 1	Опытный образец № 2 / Experimental sample № 2	Опытный образец № 3 / Experimental sample № 3
Массовая доля хлористого натрия, % / Mass fraction of sodium chloride, %	1,09	1,0	1,0	1,0

Оценка концентрации NaCl показала, что в опытных образцах она равнялась 1,0 %, а в контрольном – 1,09 %. Полученные значения соответствуют установленным требованиям, поскольку находятся в пределах допустимого диапазона, определенного нормативно-технической документацией.

Заключение. В результате проведенного опыта можно сделать вывод о том, что оптимальным количеством внесения концентрата подсолнечника является 5 %. Добавление концентрата подсолнечного белка оказывает заметное влияние на структуру и консистенцию фарша, а также вкус и запах полуфабрикатов. Добавление 5 % концентрата практически не изменяет органолептические свойства продукта. Однако увеличение доли добавки до 10 и 15 % вызывает появление выраженного вкуса и аромата, которые могут не понравиться потребителям. Кроме того, это приводит к более рассыпчатой текстуре. В результате физико-химических исследований определили, что при добавлении концентрата количество белка в продукте возрастает, а содержание жира и влаги уменьшается за счет увеличения количества сухих веществ в продукте. Массовая доля соли соответствует нормированным значениям.

На основании проведенных исследований можно сделать общий вывод о целесообразности использования подсолнечного концентрата белка в рубленых полуфабрикатах для улучшения их пищевой ценности и функциональных свойств. Тем не менее, необходимо учитывать оптимальную концентрацию добавки, чтобы обеспечить высокое качество и приемлемые органолептические характеристики готового продукта, а также стабильность при хранении.

Conclusions. As a result of the experiment, it can be concluded that the optimal amount of sunflower concentrate is 5 %. The addition of sunflower protein concentrate has a noticeable effect on the structure and consistency of minced meat, as well as the taste and smell of semi-finished products. Adding 5 % of the concentrate practically does not change the organoleptic properties of the product. However, increasing the proportion of the additive to 10 and 15 % causes the appearance of a pronounced taste and aroma. That consumers may not like. In addition, it results in a more crumbly texture. As a result of physical and chemical studies, it was determined that when adding concentrate, the amount of protein in the product increases, and the fat and moisture content decreases due to an increase in the amount of dry substances in the product. The mass fraction of salt corresponds to the normalized values.

Based on the studies carried out, it is possible to draw a general conclusion about the expediency of using sunflower protein concentrate in chopped semi-finished products to improve their nutritional value and functional properties. However, it is necessary to take into account the optimal concentration of the additive in order to ensure high quality and acceptable organoleptic characteristics of the finished product, as well as stability during storage.

Библиографический список

1. Доморощенкова М. Л. и др. Белковый потенциал семян подсолнечника. Исследования процессов получения пищевых белков из подсолнечного шрота Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2020. № 1-2. С. 24-29.
2. Зенкова Д. В., Борисова А. В. Анализ технологий белковых продуктов из подсолнечника: концентратов гидролизатов, изолятов, текстуратов. Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. 2021. № 3(99). С. 107-116.
3. Гапонова Л. В., Гаврилова В. А., Демьяненко Т. Ф. и др. Подсолнечник и использование его в безотходной технологии переработки с целью производства продуктов лечебно-профилактического и детского питания. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2021. Т. 83. № 4 (90). С. 181-189.
4. Гапонова Л. В. и др. Подсолнечник и использование его в безотходной технологии переработки с целью производства продуктов лечебно-профилактического и детского питания. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2021. Т. 83. № 4 (90). С. 181-189.

5. Варивода А. А. Растительные белки для производства продуктов питания. Новости науки в АПК. 2018. № 2-1 (11). С. 179-181.
6. Бобренева И. В. и др. Мясные рубленые полуфабрикаты со сниженной калорийностью. Мясная индустрия. 2020. № 3. С. 34-38.
7. Смирнов А. А. Технология производства рубленых полуфабрикатов с внедрением новых компонентов. Молодежь и наука. 2023. № 9.
8. Комарицкий А. М. Характеристика способов получения соевого белкового концентрата: преимущества и недостатки. Молодой ученый. 2024. № 21 (520). С. 5-8.
9. Панкратов Г. Н. и др. Белково-жировой концентрат для обогащения пшеничной муки. Пищевые системы. 2022. Т. 5. № 2. С. 107-113.
10. Старовойт Т. Ф. и др. Растительные ингредиенты для изготовления аналогов мясных полуфабрикатов. Мясной ряд. 2023. № 1 (91). С. 38-40.
11. Бачинская В. М. и др. Сравнительная характеристика мясных полуфабрикатов. Инновационная наука. 2021. № 12-2. С. 108-110.

References

1. Domoroshchenkova M. L., et al. Protein potential of sunflower seeds. Studies of the processes of obtaining food proteins from sunflower meal. Bulletin of the All-Russian Research Institute of Fats. 2020. № 1-2. Pp. 24-29.
2. Zenkova D. V., Borisova A. V. Analysis of technologies of protein products from sunflower: concentrates of hydrolysates, isolates, texturates. Bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management. 2021. № 3 (99). Pp. 107-116.
3. Gaponova L. V., Gavrilova V. A., Demyanenko T. F., et al. Sunflower and its use in waste-free processing technology for the production of therapeutic and prophylactic and baby food products. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2021. Vol. 83. № 4 (90). Pp. 181-189.
4. Gaponova L. V., et al. Sunflower and its use in waste-free processing technology for the production of therapeutic and prophylactic and baby food products. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2021. V. 83. № 4 (90). Pp. 181-189.
5. Varivoda A. A. Vegetable proteins for food production. Science news in the agro-industrial complex. 2018. № 2-1 (11). P. 179-181.
6. Bobrenova I. V., et al. Minced meat semi-finished products with reduced calorie content. Meat industry. 2020. № 3. Pp. 34-38.
7. Smirnov A. A. Technology for the production of chopped semi-finished products with the introduction of new components. Youth and Science. 2023. № 9.
8. Komaritsky A. M. Characteristics of methods for obtaining soy protein concentrate: advantages and disadvantages. Young scientist. 2024. №. 21 (520). P. 5-8.
9. Pankratov G. N., et al. Protein-fat concentrate for the enrichment of wheat flour. Food systems. 2022. Vol. 5. № 2. Pp. 107-113.
10. Starovoi T. F., et al. Plant ingredients for the manufacture of analogues of semi-finished meat products. Meat row. 2023. № 1 (91). Pp. 38-40.
11. Bachinskaya V. M., et al. Comparative characteristics of semi-finished meat products. Innovative Science. 2021. № 12-2. Pp. 108-110.

Информация об авторах

Горлов Иван Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, научный руководитель, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6); заведующий кафедрой, Волгоградский государственный технический университет (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. имени В. И. Ленина, 28), Orcid ID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Карпенко Екатерина Владимировна, кандидат биологических наук, заведующий Комплексной аналитической лабораторией, ГНУ НИИММП, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), ORCID 0000-0003-3643-6431, e-mail: lab.niimmp@yandex.ru

Ткаченко Наталья Андреевна, научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), Orcid ID: 0000-0002-2324-4222, e-mail: niimmp@mail.ru

Орехова Мария Александровна, лаборант-исследователь, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, Волгоград, ул. Рокоссовского, 6); студент, Волгоградский государственный технический университет (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. имени В. И. Ленина, 28), e-mail: niimmp@mail.ru

Самойленко Арина Алексеевна, студент, Волгоградский государственный технический университет (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. имени В. И. Ленина, 28), e-mail: arina.samoylenko01@mail.ru

Authors' Information

Gorlov Ivan Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Supervisor, Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo St., 6); Head of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, Lenin Ave., 28), Orcid ID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Karpenko Ekaterina Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Head of the Integrated Analytical Laboratory, Volga Scientific Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo St., 6); ORCID 0000-0003-3643-6431, e-mail: lab.niimmp@yandex.ru

Tkachenkova Natalia Andreevna, Researcher, Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), Orcid ID: 0000-0002-2324-4222, e-mail: niimmp@mail.ru

Orehova Mariya Aleksandrovna, Laboratory Assistant-Researcher, Volga Region Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovsky str., 6); student, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, Lenin Ave., 28), e-mail: niimmp@mail.ru
Samoilenko Arina Alekseevna, student, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, Lenin Ave., 28), e-mail: niimmp@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-62

THE DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY FOR INNOVATIVE WHIPPED MILK DESSERT AND THE ASSESSMENT OF ITS QUALITY AND ENVIRONMENTAL SAFETY

^{1,2}Slozhenkina M. I., ¹Kryuchkova V. V., ¹Tkachenkova N. A., ²Popova A. A.,
¹Vorontsova E. S., ^{1,2}Mosolova N. I.

¹Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production

²Volgograd State Technical University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 15.03.2025

Submitted 30.05.2025

The work was completed according to hospitality requirements No. 125030603224-4.

Abstract

Introduction. The authors theoretically proved and practically confirmed the possibility of using cream, sugar substitute sweetener stevioside, stabilizer and thickener – gelatin and guar gum for the production of whipped dairy dessert based on milk permeate. **The objects** of the study are dairy desserts. **Materials and methods.** The composition and properties of milk permeate, gelatin, guar gum, cream and stevioside were studied. The doses, method and technological method of their introduction were determined, qualitative indicators and ecological safety were determined, formulation and technology were developed. **Results and conclusions.** It is established that the obtained product has high organoleptic, physical and chemical parameters and ecological safety.

Keywords: dairy desserts, milk permeate, edible gelatin, guar gum, stevioside, functional foods, quality of dairy desserts.

Citation. Slozhenkina M. I., Kryuchkova V. V., Tkachenkova N. A., Popova A. A., Vorontsova E. S., Mosolova N. I. The development of the technology for innovative whipped milk dessert and the assessment of its quality and environmental safety. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 4(82). 598-609 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-62.

Author contribution. The authors of this study actively participated in the planning, execution, and analysis of this research. All authors have reviewed and approved the final submitted version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 637.07

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИННОВАЦИОННОГО ВЗБИТОГО МОЛОЧНОГО ДЕСЕРТА И ОЦЕНКА ЕГО КАЧЕСТВА И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

^{1,2}Сложенкина М. И., член-корреспондент РАН, доктор биологических наук

¹Крючкова В. В., доктор технических наук

¹Ткаченко Н. А., научный сотрудник

²Попова А. А., магистр

¹Воронцова Е. С., кандидат биологических наук

^{1,2}Мосолова Н. И., доктор биологических наук

¹ФГБОУ ВО «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции»

²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»
г. Волгоград, Российская Федерация

Работа выполнена по гостематике № 125030603224-4.

Актуальность. Авторами теоретически доказана и практически подтверждена возможность использования сливок, сахарозаменителя подсластителя стевиозида, стабилизатора и загустителя – желатина и гуаровой камеди для производства взбитого молочного десерта на основе пермеата молочного. **Объектами** исследования выступают молочные десерты. **Материалы и методы.** Изучены состав и свойства пермеата молочного, желатина, гуаровой камеди, сливок и стевиозида. Определены дозы, способ и технология их внесения, определены качественные показатели и экологическая

безопасность, разработаны рецептура и технология. **Результаты и выводы.** Установлено, что полученный продукт обладает высокими органолептическими, физико-химическими показателями и экологической безопасностью.

Ключевые слова: молочные десерты, пермеат молочный, желатин пищевой, гуаровая камедь, стевиозид, функциональные продукты питания, качество молочных десертов.

Цитирование. Сложенкина М. И., Крючкова В. В., Ткаченко Н. А., Попова А. А., Воронцова Е. С., Мосолова Н. А. Разработка технологии инновационного взбитого молочного десерта и оценка его качества и экологической безопасности. *Известия НВ АУК*. 2025. 4(82). 598-609. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-04-62.

Конфликт интересов. Все авторы, принимавшие участие в проведении анализа, сборе и обработке данных, а также в написании оригинального текста, согласовали и утвердили окончательный вариант. Конфликта интересов не просматривается.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Современное общество признает важность питания для поддержания здоровья. Рациональное питание обеспечивает удовлетворение всех потребностей организма – энергетических, пластических и прочих, поддерживая оптимальный обмен веществ. Однако результаты последних исследований Института питания РАМН свидетельствуют о значительных недостатках в структуре питания россиян: наблюдаются отклонения от принципов сбалансированного рациона, особенно в потреблении микроэлементов (витаминов, минералов), полиненасыщенных жиров, клетчатки и растительных компонентов, играющих ключевую роль в метаболизме и функциях разных органов [1, 2]. Чтобы устранить эти дефициты, разрабатываются новые продукты, объединяющие молоко и растительные ингредиенты, а также создаются молочные десерты с особыми вкусовыми качествами и заданными физико-химическими свойствами. Дополнительно важно найти пути эффективного использования вторичных продуктов молочной промышленности, развивать производство здоровых продуктов и снижать производственные затраты на десерты [3, 9, 10].

Так, пермеат молочный – побочный продукт производства концентрата и изолята молочного белка, представляет собой сладкий порошок с молочным вкусом и запахом, с высоким содержанием лактозы. Стабилизатор гуаровая камедь способствует выведению из организма человека вредных бактерий, тяжелых металлов и токсинов, является антикоагулянтом; загуститель желатин способствует укреплению мышц сердца и питает центральную нервную систему, содержит фосфор, серу и кальций [4, 7]. Сливки с жирностью 33 % способствуют нормализации холестерина обмена и помогают предотвратить развитие атеросклероза, тогда как заменитель сахара стевиозид обладает антимикробными, антигрибковыми свойствами, действует как антиоксидант и консервант. Эти качества делают его перспективной альтернативой традиционным пищевым добавкам, способным улучшить состав и характеристики привычных продуктов, включая взбитые молочные десерты [5, 6, 11].

Исходя из изложенного, создание рецептуры и технологии взбитого молочного десерта на основе пермеата, обогащённого стевиозидом, желатином и гуаровой камедью, представляется актуальным и оправданным направлением работы [7, 8].

Цель. Изучение возможности использования подсластителя стевиозида, желатина, гуаровой камеди и сливок в технологии инновационного взбитого молочного десерта на основе пермеата молочного, определение их качественных показателей и экологической безопасности.

Для реализации намеченной цели потребуется выполнение следующих задач:

- изучение научной литературы, актуальных технологий и рецептов взбитых продуктов;
- исследование физико-химических характеристик молочного пермеата, а также его воздействия на структуру и органолептические свойства взбитых десертов;
- разработка рецептуры и технологического процесса для производства взбитого молочного продукта на основе молочного пермеата;
- оценка качества используемого сырья и готового изделия по органолептическим, физико-химическим показателям, а также по критериям экологической безопасности.

Материалы и методы. Исследования проводились в лабораториях ГНУ НИИММП (г. Волгоград, РФ), ФГБОУ ВО ВолгГТУ (г. Волгоград, РФ). Объекты изучения: пермеат молочный, сливки м.д.ж. 33 %, желатин, гуаровая камедь, стевиозид, взбитый молочный десерт.

В технологии производства образцов использовали сырье, отвечающее требованиям нормативных документов:

- ГОСТ 34355-2017 Сливки-сырье. Технические условия;
- ГОСТ 11293-2017 Желатин. Технические условия;
- ГОСТ 33222-2015 Сахар белый. Технические условия;

– ГОСТ Р 53904-2010 Добавки пищевые. Подсластители пищевых продуктов. Термины и определения;

- ГОСТ 6442-2014 Мармелад. Общие технические условия;

Исследуемые образцы взбитых молочных десертов изготавливали по традиционной рецептуре согласно требованиям ГОСТ 32256-2013.

Для исследования использовали молоко, полученное от коров красной степной породы в «ПЗК им. Ленина» Волгоградской области.

В ходе исследований применяли комплекс стандартных и адаптированных методик, включающих физико-химический, органолептический, микробиологический анализы, а также оценку показателей безопасности. Органолептические показатели определяли сенсорным методом; токсикологические показатели – колориметрическим методом; содержание афлатоксина М1 – методом тонкослойной хроматографии.

Результаты и обсуждения. Так как потребление молочной продукции населением находится ниже нормы, установленной Министерством здравоохранения РФ, имеется острая необходимость оптимизации производства и создания новых продуктов, обладающих низкой стоимостью для доступности широкому кругу потребителей и обладающие качествами, отвечающими требованиям здоровых десертов. На рисунке 1 приведены данные потребления молока и молочных продуктов в перерасчете на молоко на душу населения при рациональной норме потребления по данным Минздрав РФ 340 за период с 2015 по 2024 г.

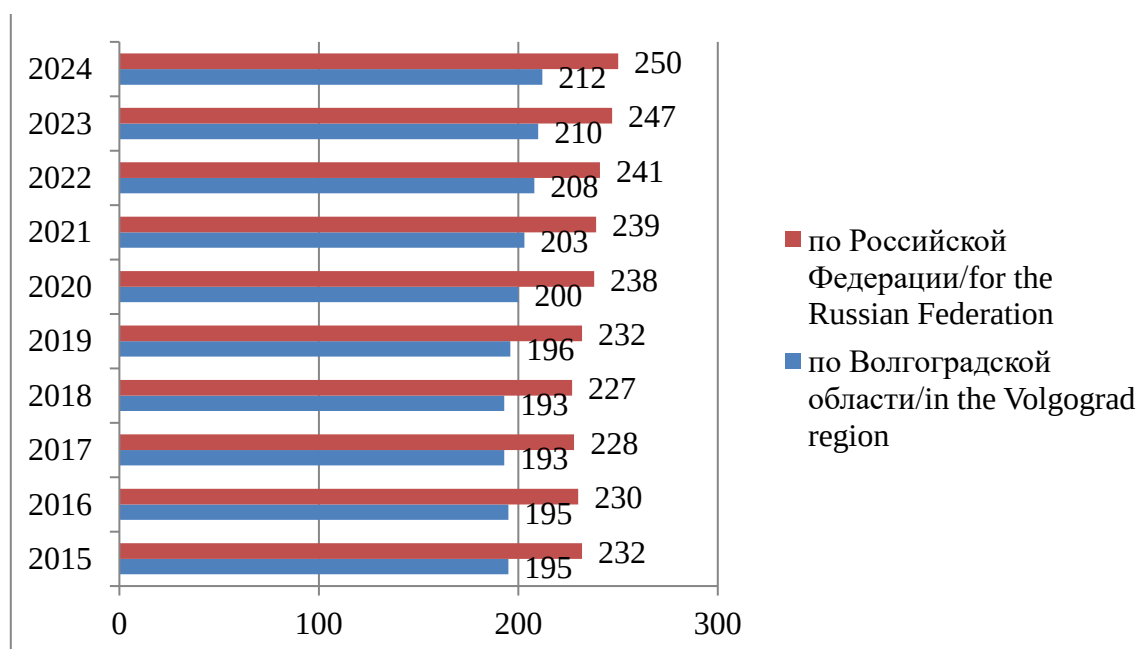


Рисунок 1 – Потребление молока и молочных продуктов в перерасчете на молоко на душу населения, кг/год

Figure 1 – Consumption of milk and dairy products in terms of milk per capita, kg/year

Из представленных данных видно, что за период с 2015 по 2024 год потребление молока в РФ возросло на 7,75 %. По сравнению с 2023 годом потребление молока в 2024 году увеличилось на 3 килограмма, однако это количество ниже минимальной рациональной нормы потребления молока, установленной Минздравом РФ, которая составляет 322 кг/год.

Нами была разработана технология производства взбитого молочного десерта, которая будет отвечать всем требованиям здоровых десертов (рисунок 2).

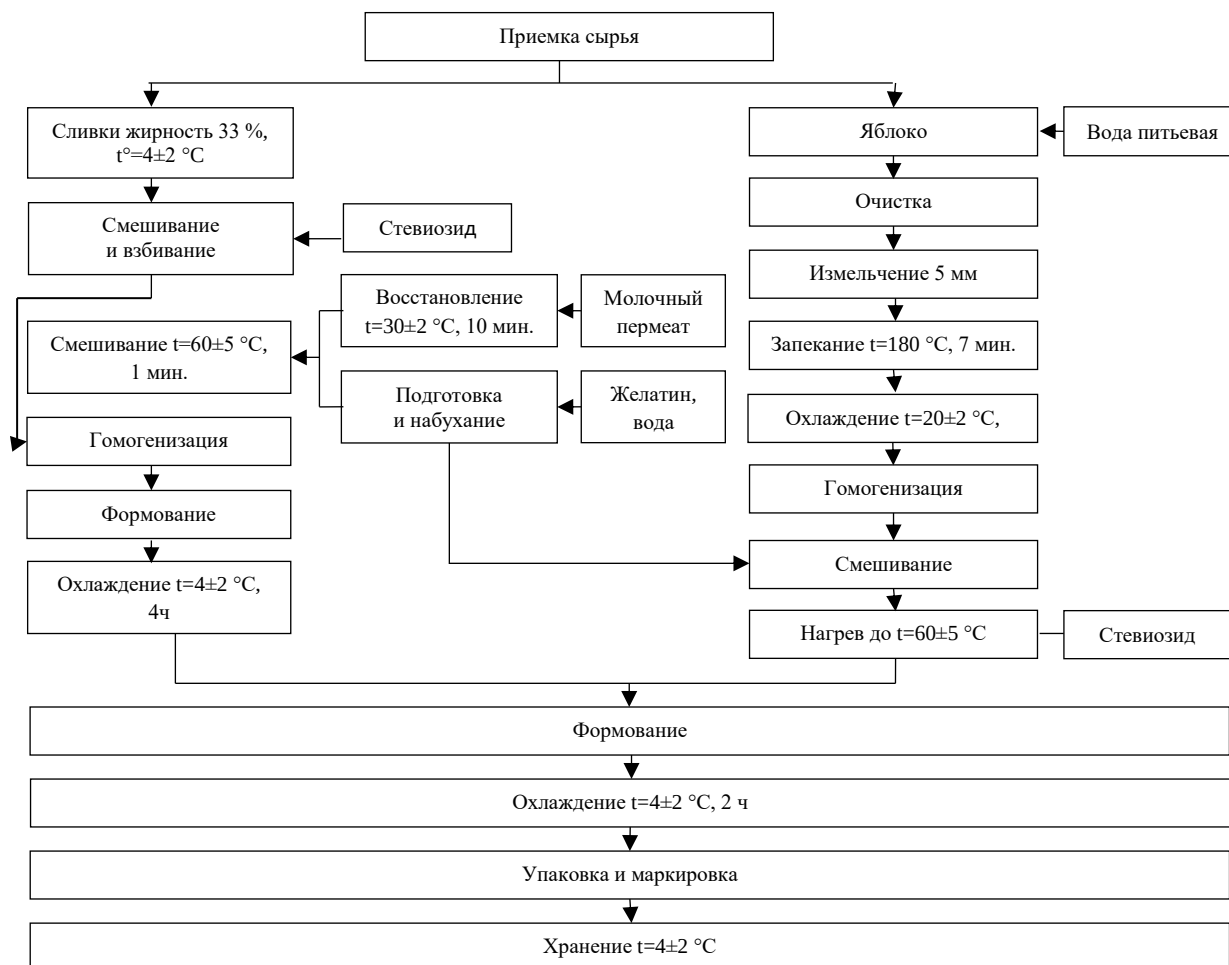


Рисунок 2 – Технологическая схема производства взбитого молочного десерта на основе молочного пермеата

Figure 2 – Flow chart for the production of whipped milk dessert based on milk permeate

Для выбора оптимальной рецептуры проводили органолептическую оценку опытных образцов молочной, фруктовой основ, а также десерта на основе выбранных рецептур.

Подбор оптимального соотношения компонентов молочной основы. В ходе экспериментальных исследований было установлено оптимальное соотношение компонентов в готовом продукте, которое обеспечивает наилучшие органолептические свойства готового десерта. Рецептуры образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Свод рецептур (контрольного и опытных образцов с разным содержанием стабилизаторов), кг/т

Table 1 – Summary of formulations (control test samples with different content of stabilizers), kg/t

Наименование сырья / Name of raw material	Контрольный образец / Control sample	Опытный образец № 1/ Experimental sample № 1	Опытный образец № 2 / Experimental sample № 2
Сливки, м.д.ж. 33 % / Cream, m.d.w. 33 %	330	330	330
Вода питьевая / Drinking water	420	420	420
Пермеат молочный / Milk permeate	83	83	83
Сахарозаменитель стевиозид / Sugar substitute stevioside	125	125	125
Желатин сухой / Gelatin dry	42	-	21
Гуаровая камедь / Guar gum	-	42	21
Итого: / Total:	1000	1000	1000

В качестве контрольного образца был представлен образец с желатином, опытный образец № 1 – с использованием гуаровой камеди, опытный образец № 2 – с желатином и гуаровой камедью в соотношении 1:1.

Таблица 2 – Словарь дескрипторов исследуемого продукта
Table 2 – Dictionary of the descriptors of the product under study

Органолептические показатели / Organoleptic parameters	Характеристика по проекту ТУ / Characteristic according to TU	Пороки / Defects
Внешний вид / Appearance	непрозрачная желеобразная масса, пористая, без механических повреждений, допускаются механические повреждения до 10 мм / opaque gelled mass, porous, without mechanical damage, mechanical damage up to 10 mm is allowed	механические повреждения свыше 10 мм / mechanical damage over 10 mm
Вкус и запах / Taste and smell	чистый, сладкий вкус, без посторонних привкусов и запахов / clean, sweet taste, without extraneous flavors and odors	специфический (химический, лекарственный) запах и вкус, чрезмерная или недостаточная сладость / specific (chemical, medicinal) odor and taste, excessive or insufficient sweetness
Цвет / Color	равномерный, от белого до кремового / uniform, from white to creamy	излишне желтый / excessively yellow
Консистенция / Consistency	плотная / dense	грубая, крошливая или хрупкая / coarse, crumbly or brittle
Структура / Structure	однородная, без комочков сахара и стабилизатора, без отслаивания жидкости, допускаются мелкие хлопья и/или небольшой осадок / homogeneous, without lumps of sugar and stabilizer, without peeling liquid, small flakes and/or small sediment are allowed	консистенция, с ощутимым наличием хлопьев, водянистая / consistency, with perceptible presence of flakes, watery.

Для выбора оптимальной рецептуры проводили органолептическую оценку опытных образцов (таблица 3).

Таблица 3 – Органолептические характеристики молочной основы.
Table 3 – Organoleptic characteristics of milk base

Наименование показателя / Indicator name	Контрольный образец / Control sample	Опытный образец № 1 / Experimental sample № 1	Опытный образец № 2 / Experimental sample № 2
Вкус и запах / Taste and smell	насыщенный молочный, сладковатый вкус / rich milky, sweetish taste	молочный, сладкий вкус / milky, sweet taste	насыщенный молочный, сладкий вкус / rich milky, sweet taste
Цвет / Color	равномерный белый / uniform white	равномерный белый / uniform white	равномерный белый / uniform white
Консистенция / Consistency	чрезмерно плотная / excessively dense	Рыхлая / loose	Плотная / dense
Структура / Structure	однородная, без комочков сахара и стабилизатора, без отслаивания жидкости / homogeneous, without lumps of sugar and stabilizer, without flaking of liquid	однородная, без комочков сахара и стабилизатора, без отслаивания жидкости / homogeneous, without lumps of sugar and stabilizer, without flaking of liquid	однородная, без комочков сахара и стабилизатора, без отслаивания жидкости, нежная / homogeneous, without lumps of sugar and stabilizer, without flaking of liquid, tender
Внешний вид / Appearance	желеобразная непрозрачная масса, не пористая, без механических повреждений / gelled opaque mass, not porous, without mechanical damage	желеобразная непрозрачная масса, мало пористая, без механических повреждений / jelly-like opaque mass, slightly porous, without mechanical damage	желеобразная непрозрачная масса, пористая, без механических повреждений / jelly-like opaque mass, porous, without mechanical damage

Как видно из таблицы, наилучшие показатели молочной основы проявлены в образце № 2 по вкусу, консистенции структуре и внешнему виду.

По результатам проведенной дегустации взбитых молочных десертов составлена профилограмма (рисунок 3).

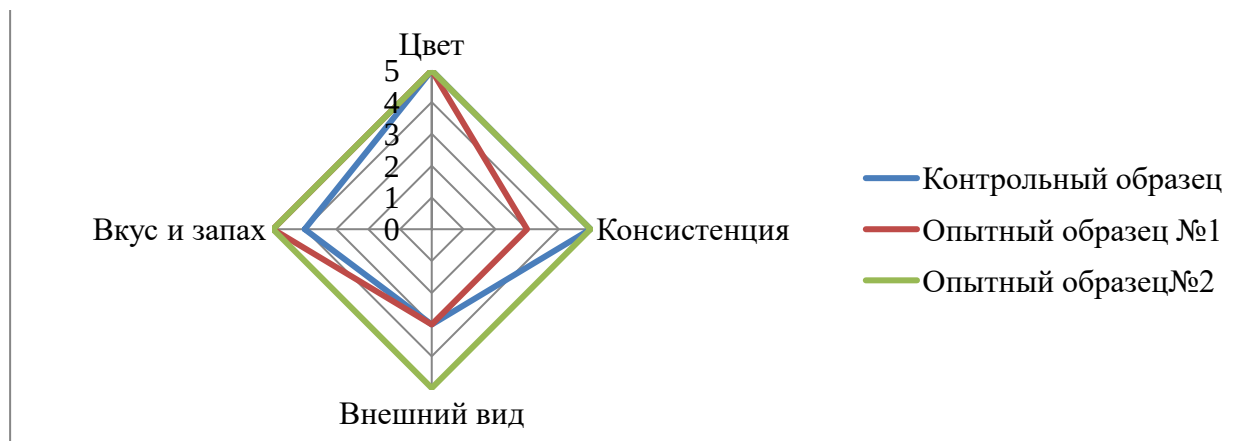


Рисунок 3 – Профилограмма органолептических показателей контрольного и опытных образцов взбитых молочных десертов

Figure 3 – Profilogram of organoleptic parameters of control and experimental samples of whipped milk desserts

По результатам дегустации, а также по данным профилограммы, можно сделать вывод о том, что опытный образец № 2 превосходит контрольный и опытный образец № 1 по каждой из характеристик оценки.

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод о том, что образец № 2 обладает наиболее оптимальными качествами из представленных образцов, исходя из органолептической оценки, что дает возможность проведения дальнейших исследований с использованием данной рецептуры.

Для определения органолептических показателей фруктовой основы взяли два образца – контрольный – мармелад яблочный с сахаром, и опытный – мармелад яблочный со стевииозидом.

Таблица 4 – Результаты органолептической оценки фруктовой основы
Table 4 – Results of organoleptic evaluation of fruit base

Наименование показателя / Name of indicator	Контрольный образец / Control sample	Опытный образец / Experimental sample
Внешний вид / Appearance	желеобразной структуры, сохраняет форму при легком давлении, упругий / jelly-like structure, holds its shape under light pressure, elastic	желеобразной структуры, сохраняет форму при легком давлении, малоупругий / jelly-like structure, retains its shape under light pressure, slightly elastic
Цвет / Color	однородный, темно-коричневый, без почернений и признаков подгоревшей яблочной массы / homogeneous, dark brown, without blackening and signs of burnt apple pulp	однородный, от светло до темно-коричневого, без почернений и признаков подгоревшей яблочной массы / homogeneous, light to dark brown, without blackening or signs of burnt apple pulp
Вкус / Taste	сладкий с выраженным яблочным вкусом, без постороннего привкуса подгоревшей яблочной массы / sweet with a distinctive apple taste, without extraneous flavors of burnt apple pulp	сладкий с яблочным вкусом, без постороннего привкуса подгоревшей яблочной массы / sweet with apple flavor, without foreign tastes of burnt apple pulp
Запах / Odor	с яблочным ароматом, без постороннего запаха подгоревшей яблочной массы / apple aroma, without extraneous odors of burnt apple pulp	с яблочным ароматом, без постороннего запаха подгоревшей яблочной массы / with apple flavor, without foreign odors of burnt apple pulp

После разработки дескрипторов была проведена дегустация контрольного и опытного образцов и на ее основе построена профилограмма (рисунок 4).

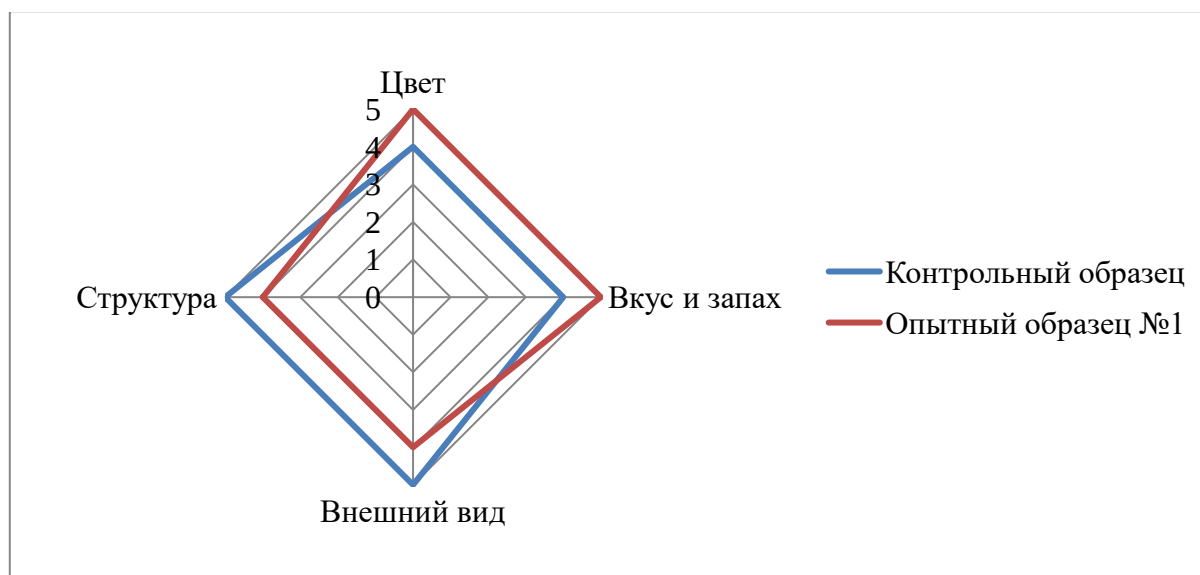


Рисунок 4 – Профилограмма контрольного и опытного образцов фруктовой основы
Figure 4 – Profilogram of control and experimental sample of fruit base

По результатам оценки можно отметить, что опытный образец уступает контрольному по показателям структуры и внешнего вида, однако, по показателям вкуса и цвета имеет наивысшие результаты, что делает его применение в рецептуре десерта более применимым, так как структура будет формироваться за счет молочной основы.

Подбор оптимального соотношения компонентов молочной и фруктовой основ. Исходя из полученных данных проведенных исследований молочной и фруктовой основ, была выработана рецептура готового продукта, состоящая из оптимально подобранных. Для определения оптимального соотношения основ было выработано три образца: с 10 % содержанием фруктовой основы, с 15 % и 20 %, соответственно.

Таблица 5 – Свод рецептур опытных образцов с различным соотношением молочной и фруктовой основ, кг/т

Table 5 – Summary of formulations experimental samples with different ratio of milk and fruit bases, kg/t

Наименование сырья / Name of raw material	Опытный образец № 1 (10 % фруктовой основы) / Experimental sample № 1 (10 % fruit base)	Опытный образец № 2 (15 % фруктовой основы) / Experimental sample № 2 (15 % fruit base)	Опытный образец №3 (20 % фруктовой основы) / Experimental sample № 3 (20 % fruit base)
Молочная основа с пермеатом молочным / Milk base with milk permeate	900	850	800
Мармелад яблочный со стевииозидом / Apple marmalade with stevioside	100	150	200
Итого: / Total:	1000	1000	1000

Определение органолептических показателей при различном соотношении молочной и фруктовой основ. Органолептические характеристики готового продукта при различном соотношении основ представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Органолептические характеристики готового продукта при различном соотношении основ
Table 6 – Organoleptic characteristics of the finished product with different ratios of bases

Наименование показателя / Name of indicator	Опытный образец № 1 (10 % фруктовой основы) / Experimental sample № 1 (10 % fruit base)	Опытный образец № 2 (15 % фруктовой основы) / Experimental sample № 2 (15 % fruit base)	Опытный образец № 3 (20 % фруктовой основы) / Experimental sample № 3 (20 % fruit base)
Вкус и запах / Taste and smell	насыщенный молочный, сладкий, с легким яблочным привкусом / rich dairy, sweet, slightly with apple flavor	молочный, кисловатый, с ярко выраженным яблочным вкусом / lactic, sour, with pronounced apple flavor	слегка молочный, кисловатый, с ярко выраженным яблочным вкусом / slightly milky, sour, with pronounced apple flavor
Цвет / Color	равномерный белый в молочной основе, светло-коричневый во фруктовой основе, без почернений и признаков подгоревшей яблочной массы / uniform white in milk base, light brown in fruit base, without blackening and signs of burnt apple mass	равномерный белый в молочной основе, светло-коричневый во фруктовой основе, без почернений и признаков подгоревшей яблочной массы / uniform white in milk base, light brown in fruit base, without blackening and signs of burnt apple mass	равномерный белый в молочной основе, коричневый во фруктовой основе, без почернений и признаков подгоревшей яблочной массы / uniform white in milk base, brown in fruit base, without blackening and signs of burnt apple mass
Консистенция / Consistency	Плотная / dense	Плотная / dense	Плотная / dense
Структура / Structure	однородная, без комочков пермеата и стабилизатора, без отслаивания жидкости / homogeneous, without lumps of permeate and stabilizer, without flaking liquid	однородная, без комочков пермеата и стабилизатора, без отслаивания жидкости, нежная / homogeneous, without lumps of permeate and stabilizer, without peeling of liquid, tender	однородная, без комочков пермеата и стабилизатора, без отслаивания жидкости / homogeneous, without lumps of permeate and stabilizer, without peeling of liquid
Внешний вид / Appearance	желированная непрозрачная масса, пористая в молочной основе, без механических повреждений / jelly-like opaque mass, porous in milk base, without mechanical damage.	желированная непрозрачная масса, пористая в молочной основе, без механических повреждений / gelled opaque mass, porous in milk base, without mechanical damage	желированная непрозрачная масса, пористая в молочной основе, без механических повреждений / jellified opaque mass, porous in milk base, without mechanical damage.

После разработки дескрипторов была проведена дегустация контрольного и опытных образцов и построена профилограмма (рисунок 5).

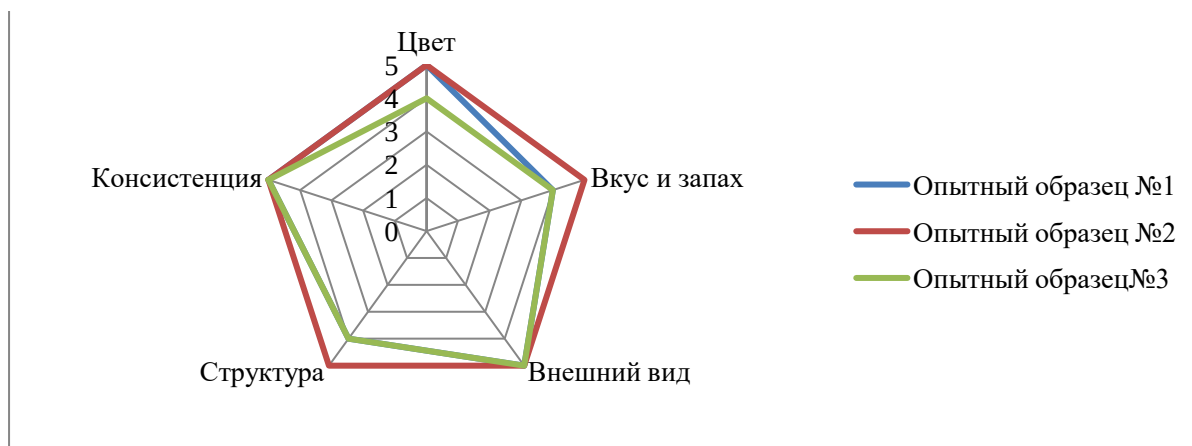


Рисунок 5 – Профилограмма опытных образцов готового десерта
Figure 5 – Profilogram of prototype samples of finished dessert

По результатам исследования можно сделать вывод, что продукт с содержанием фруктовой основы 15 % имеет наилучшие органолептические характеристики.

Подбор оптимального соотношения компонентов фруктовой основы. На основании проведенных исследований молочной и фруктовой основ и взбитых молочных десертов установлено оптимальное соотношение используемых компонентов, которое будет использоваться в технологии (таблица 7).

Таблица 7 – Свод рецептур контрольного и опытного образцов с заменой сахара, кг/т
Table 7 – Summary of formulations – control and experimental samples with sugar substitution, kg/t

Наименование сырья / Name of raw material	Контрольный образец / Reference sample	Опытный образец / Experimental sample
	Масса нетто, кг / Reference sample	Масса нетто, кг / Net weight, kg
Яблоко / Apple	720	900
Стевиозид / Stevioside	-	20
Сахар / Sugar	250	-
Желатин сухой / Gelatin dry	30	80
Выход: / Output:	1000	1000

В ходе работы была проведена оценка физико-химических показателей взбитого молочного десерта на основе молочного пермеата, его молочной и фруктовых основ.

Для определения титруемой кислотности были взяты три образца продукта:

- контрольный: стандартная рецептура с использованием желатина;
- опытный № 1: с полной заменой желатина на гуаровую камедь;
- опытный № 2: с частичной заменой желатина на гуаровую камедь в соотношении 1:1.

Таблица 8 – Показатели титруемой кислотности взбитых молочных продуктов
Table 8 – Indicators of titratable acidity of whipped milk products

Образец / Sample	Титруемая кислотность, °Т / Titrated acidity, °T
Контрольный / Control	18
Образец № 1 / Sample No 1	16
Образец № 2 / Sample No 2	16

Как видно из таблицы, кислотность контрольного образца по сравнению с опытными превышала на 2 °Т, и составляла 18 °Т.

Результаты по определению содержания сухих веществ в молочной основе представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Содержание массовой доли сухих веществ во взбитом молочном десерте на основе молочного пермеата

Образец / Sample	Массовая доля сухих веществ, % / Mass fraction of dry substances, %
Контрольный / Control	45,17
Образец № 1 / Sample No 1	39,47
Образец № 2 / Sample No 2	36,25

Массовая доля сухих веществ в контрольном образце составила 45,17 %, однако в опытных образцах № 1 и № 2 она уменьшилась на 5,7 % и 8,92 % соответственно, что говорит об изменении содержания влаги в продукте из-за коррекции рецептуры, что привело к изменению структуры продукта.

Для определения влажности и кислотности фруктовой основы были взяты 2 образца продукта – контрольный, изготовленный по стандартной рецептуре яблочного мармелада с использованием сахара, и опытный образец № 1 с заменой сахара на стевиозид. Результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты содержания влаги и кислотности взбитых продуктов
Table 10 – Results of moisture content and acidity of whipped products

Показатель / Index	Результаты / Результаты	
	контрольный образец / check sample	опытный образец № 1 / experimental sample No 1
Влажность изделий, %, не более / Moisture content of products, %, not more than	17	23
Кислотность изделия, °Т, не более / Acidity of the product, °T, not more than	20,5	22,0

По физико-химическим показателям контрольный образец имеет меньшую влажность и кислотность по сравнению с опытным, что объясняется повышенным содержанием яблок в основе опытного образца. Однако показатели опытного образца находятся в пределах допустимых норм, что дает возможность их применения в разрабатываемом десерте.

В соответствии с требованиями Технического Регламента Таможенного Союза № 33 от 2013 г. были определены микробиологические показатели и показатели безопасности взбитого молочного десерта по стандартным методикам и представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Показатели экологической безопасности взбитых молочных десертов на основе молочного пермеата
Table 11 – Ecological safety indicators of whipped milk desserts based on milk permeate

Наименование группы показателей / Name of indicator group	Наименование показателя / Name of indicator	Значения показателей / Indicator values	Норма по ТР ТС 33/2013 / Norm
Микробиологические Показатели / Microbiological indicators	патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы в 25 г продукта / pathogenic microorganisms, including salmonellae in 25 g of product	Не обнаружено / Not detected	Недопустимо / Not acceptable
	БГКП не допускается в 0,1 г продукта / blcp not allowed in 0.1 g of product	Не обнаружено / Not detected	
	Staphylococcus aureus в 1 г продукта / Staphylococcus aureus in 1 g of product	Не обнаружено / Not detected	
Показатели Безопасности / Safety indicators	токсичные элементы: / toxic elements:		
	Свинец / lead	0,03	0,1
	Мышьяк / arsenic	0,003	0,05
	Кадмий / cadmium	0,002	0,03
	Ртуть / mercury	0,0025	0,005
	микотоксин (мг/кг): / mycotoxin (mg/kg):		
	массовая доля афлатоксина m1 / mass fraction of aflatoxin m1	0,00002	0,0005

Как видно из таблицы, микробиологические показатели и показатели безопасности соответствуют требованиям Технического регламента, не превышают их значений и пригодны для употребления в пищу.

Выводы. Результаты исследования по разработке взбитого молочного десерта на основе молочного пермеата показали, что полученный продукт обладает рядом преимуществ перед традиционными молочными десертами. Результаты работы по разработке взбитого молочного десерта свидетельствуют о том, что этот продукт является перспективным для рынка. Данные исследования позволяют расширить ассортимент молочных десертов, предложить потребителям продукт с новыми вкусовыми характеристиками, полезными свойствами и безопасными в процессе питания, а также стимулировать развитие молочной промышленности в направлении создания инновационных продуктов.

Conclusions. The results of the study on the development of whipped milk dessert based on milk permeate showed that the resulting product has a number of advantages over traditional dairy desserts. The results of the work on the development of whipped milk dessert indicate that this product is promising for the market. safe in the food process, as well as to stimulate the development of the dairy industry towards the creation of innovative products.

Библиографический список

1. Симоненко Е. С., Симоненко С. В., Золотин А. Ю., Копытко М. С. Перспективные направления использования растительных ингредиентов в молочной промышленности. Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. 2020. Т. 1. № 1 (1). С. 497-500.
2. Быкова С. Т., Калинина Т. Г. Сывороточный сухой молочный пермеат – перспективный ингредиент для обогащения продуктов питания детей, больных фенилкетонурией. Пищевая промышленность. 2021. № 7. С. 46-49.
3. Бабенышев С. П., Брацихин А. А., Мамай Д. С., Мамай А. В., Хоха Д. С., Шепелев О. Г. Сублимированный пермеат творожной сыворотки: получение и оценка основных качественных показателей. Молочная промышленность. 2020. № 9. С. 62-65.
4. Мельникова Е. И., Богданова Е. В., Павельева Д. А. Состав и функционально-технологические свойства пермеата подсырной сыворотки. Хранение и переработка сельхозсырья. 2022. № 1. С. 223-232.
5. Асланова А. В., Кабанова Т. В. Сравнительная характеристика желирующих компонентов при производстве сливочного десерта. Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2021. № 23. С. 290-294.
6. Шатабаева Э. О., Мун Г. А., Шайхутдинов Е. М., Хуторянский В. В. Желатин: источники, получение и применение в пищевой промышленности и биомедицине. Вестник Казахского национального университета. Серия химическая. 2020. Т. 98. № 3. С. 28-46.
7. Гаврилова Н. Б., Чернопольская Н. Л., Моисейкина Д. Н. Инновационные технологии продуктов специализированного питания. Переработка молока. 2022. № 6 (272). С. 22-24.
8. Хуршудян С. А., Пряничникова Н. С., Рябова А. Е. Качество и безопасность пищевых продуктов. Трансформация понятий. Пищевая промышленность. 2022. № 3. С. 8-10.
9. Анисимова Е. Ю., Сложенкина М. И., Золотарева А. Г. Новые подходы в создании функциональных продуктов питания на основе использования нетрадиционных региональных ресурсов и технологий. Аграрно-пищевые инновации. 2022. № 3 (19). С. 39-48.
10. Андросова Н. Л., Фелик С. В., Антипова Т. А. Оптимальная комбинация молочной основы для продуктов детского питания. Пищевая промышленность. 2022. № 11. С. 50-53.
11. Потапова О. Тонкости производства творожных десертов. Переработка молока. 2024. № 3 (293). С. 34-35.

References

1. Simonenko E. S., Simonenko S. V., Zolotin A. Yu., Kopytko M. S. Perspective directions of using vegetable ingredients in the dairy industry. Actual issues of the dairy industry, interbranch technologies and quality management systems. 2020. V. 1. № 1 (1). Pp. 497-500.
2. Bykova S. T., Kalinina T. G. Whey dry milk permeate - a promising ingredient for food fortification of children with phenylketonuria. Food Industry. 2021. № 7. Pp. 46-49.
3. Babenishev S. P., Bratsikhin A. A., Mamai D. S., Mamai A. V., Khokha D. S., Shepelev O. G. Sublimated permeate of curd whey: obtaining and evaluation of the main qualitative indicators. Dairy Industry. 2020. № 9. Pp. 62-65.
4. Melnikova E. I., Bogdanova E. V., Pavel'eva D. A. Composition and functional-technological properties of permeate of cheese whey. Storage and processing of agricultural raw materials. 2022. № 1. Pp. 223-232.
5. Aslanova A. V., Kabanova T. V. Comparative characteristics of gelling components in the production of creamy dessert. Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products. 2021. № 23. Pp. 290-294.
6. Shatabaeva E. O., Mun G. A., Shaykhutdinov E. M., Khutoryanskiy V. V. Gelatin: sources, production and application in food industry and biomedicine. Bulletin of Kazakh National University. Series chemical. 2020. V. 98. № 3. Pp. 28-46.
7. Gavrilova N. B., Chernopolskaya N. L., Moiseikina D. N. Innovative technologies of specialized food products. Milk processing. 2022. № 6 (272). Pp. 22-24.
8. Khurshudyan S. A., Pryanichnikova N. S., Ryabova A. E. Quality and safety of food products. Transformation of concepts. Food Industry. 2022. № 3. Pp. 8-10.
9. Anisimova E. Yu., Slozhenkina M. I., Zolotareva A. G. New Approaches in Creation of Functional Food Products on the Basis of Using Non-Traditional Regional Resources and Technologies. Agrarian-food innovations. 2022. № 3 (19). Pp. 39-48.
10. Androsova N. L., Felik S. V., Antipova T. A. Optimal combination of milk base for baby food products. Food Industry. 2022. № 11. Pp. 50-53.
11. Potapova O. Subtleties of cottage cheese desserts production. Milk processing. 2024. № 3 (293). Pp. 34-35.

Информация об авторах

Сложенкина Марина Ивановна, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, директор, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6); профессор, Волгоградский государственный технический университет (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>, e-mail: niimmp@mail.ru

Крючкова Вера Васильевна, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6); ORCID: 0000-0002-2324-4222, e-mail: niimmp@mail.ru

Ткаченко Наталия Андреевна, научный сотрудник, аспирант, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6); ORCID: 0000-0002-2324-4222, e-mail: niimmp@mail.ru

Попова А. А., магистр, Волгоградский государственный технический университет (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28); ORCID: 0009-0002-1364-6866.

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), старший научный сотрудник ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), ORCID: 0000-0002-0730-853X. E-mail: esvoronts@mail.ru.

Мосолова Наталья Ивановна, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), доктор биологических наук, e-mail: niimmp@mail.ru. Orcid ID: 0000-0001-6559-6595, e-mail: niimmp@mail.ru.

Authors' Information

Slozhenkina Marina Ivanovna, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, director, Volga Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6); Professor, Volgograd State Technical University (Russian Federation 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>, e-mail: niimmp@mail.ru

Kryuchkova Vera Vasilyevna, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Chief Researcher, Volga Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), ORCID: 0000-0002-2324-4222, e-mail: niimmp@mail.ru

Tkachenkova Natalia Andreevna, Researcher, PhD Student, Volga Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), ORCID: 0000-0002-2324-4222, e-mail: niimmp@mail.ru

Popova A. A., master, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), ORCID: 0009-0002-1364-6866.

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Region Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products» (400131, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), Senior Researcher, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID: 0000-0002-0730-853X. E-mail: esvoronts@mail.ru.

Mosolova Natalya Ivanovna, Chief Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Region Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products» (400131, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), Doctor of Biological Sciences, e-mail: niimmp@mail.ru. Orcid ID: 0000-0001-6559-6595, e-mail: niimmp@mail.ru.



95 лет Центральной научной сельскохозяйственной библиотеке

В 2025 году ФГБНУ «Центральная научная сельскохозяйственная библиотека» отмечает свое 95-летие! За эти годы ЦНСХБ превратилась из библиотеки с фондом в несколько тысяч книг в крупнейший в России современный научный библиотечно-информационный центр федерального значения по проблематике АПК. В библиотеке создана автоматизированная библиотечно-информационная система (АБИС), все технологические процессы автоматизированы, создан большой компьютерный парк, библиотека оснащена современным оборудованием, позволяющим создавать разнообразные информационные ресурсы. Информация, размещенная на сайте ЦНСХБ доступна в любой точке земного шара, где есть Интернет. На смену традиционному обслуживанию читателей в стенах библиотеки пришли новые современные формы обслуживания, в том числе виртуальные, через коммуникативные сети. Благодаря этому, практически все услуги стали доступны пользователю удаленно, их можно получить не отходя от своего компьютера. Можно удаленно записаться в библиотеку, виртуально ознакомиться со всеми выставками, организуемыми в библиотеке и заказать заинтересовавшую книгу, получить по электронной почте информацию по ранее заданной теме о поступлениях в базу данных «АГРОС», посмотреть оглавления периодических и продолжающихся изданий, поступивших в фонд ЦНСХБ, заказать электронную копию нужной статьи, задать вопрос библиографу и получить ответ по электронной почте. Современный фонд ЦНСХБ насчитывает свыше 3 млн. единиц хранения отечественной и иностранной литературы на 32 языках мир по всем отраслям АПК. Ежегодно в ЦНСХБ поступает более 10 тыс. экземпляров книг, журналов, брошюр.

ЦНСХБ проводит научные исследования в области библиотековедения и информатики: создаются базы данных, разрабатываются новые технологии и технологические проекты, проводятся различного рода мониторинги состояния информационных ресурсов и их востребованности, документного входного потока; разрабатываются методики и методические пособия и т.д. ЦНСХБ является разработчиком общеотраслевых лингвистических средств, обеспечивающих индексирование документов, формирование и структурирование информационных массивов и эффективный поиск в них: Отраслевого рубрикатора, информационно-поискового тезауруса по сельскому хозяйству и продовольствию, Авторитетного файла наименований НИУ. Основным информационным продуктом библиотеки является база данных «АГРОС», отражающая все текущие (отечественные и иностранные) поступления в фонды ЦНСХБ с 1992 г. Уникальность этой базы в том, что она включает максимально полно наряду с информацией о книгах, информацию о статьях из периодических и продолжающихся изданий. Объем базы около 2,0 млн записей, она является крупнейшей русскоязычной базой по проблемам АПК; 30 % документов сопровождаются рефератами. Ежегодное пополнение более 40 тыс. записей.

В ЦНСХБ работает межбиблиотечный и международный абонемент, библиотека является участником международной системы AGLINET, обеспечивающей получение необходимого документа из любой национальной сельскохозяйственной библиотеки мира. ЦНСХБ давно и плодотворно сотрудничает с ФАО ООН (Международной организацией по сельскому хозяйству и продовольствию): является библиотекой-депозитарием документов, изданных ФАО и осуществляет функции национального центра AGRIS ФАО в Российской Федерации. Принимая участие в создании этой международной корпоративной базы данных, ЦНСХБ подготавливает и пересылает реферативную информацию на английском языке о публикациях российских ученых в отечественных научных аграрных журналах, тем самым предоставляя мировому научному сообществу информацию о научных разработках российских ученых.

ЦНСХБ открыта для контактов и приглашает всех к сотрудничеству, которое, мы уверены, будет взаимовыгодным.



Рисунок 1 – Вид на ЦНСХБ с проспекта Сахарова



Рисунок 2 – Читальные залы ЦНСХБ



Рисунок 3 – Зал электронных каталогов



Рисунок 4 – Читальный зал 2

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО /
AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

Беляев А. И., Петров Н. Ю., Кузнецова Е. А., Петров Ю. Н., Некрасова Т. Н., Беляев И. В., Оконов М. М. Минеральное питание в вопросах роста урожайности озимой пшеницы на юге России Belyaev A. I., Petrov N. Yu., Kuznetsova E. A., Petrov Yu. N., Nekrasova T. N., Belyaev I. V., Okonov M. M. The mineral nutrition in matters of the winter wheat yield growth in the South of Russia	13
Пахомов В. И., Бахчевников О. Н., Брагинец А. В., Хоменко П. А. Предпосевная обработка семян ультрафиолетовым излучением (обзор) Pakhomov V. I., Bakhchevnikov O. N., Braginets A. V., Khomenko P. A. The pre-sowing seed treatment with the ultraviolet radiation (review)	20
Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Анализ эффективности использования инсектицидов в борьбе с колорадским жуком при возделывании баклажанов Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. The analysis of the efficiency of insecticide using against the Colorado beetle in the cultivation of eggplants	34
Дутов А. И., Дорофеев А. Ф., Шумский В. А., Бреславец Ю. П., Бреславец В. М. Эколого-экономические особенности основных элементов земледелия агроландшафтов, загрязнённых ¹³⁷ Cs Dutov A. I., Dorofeev A. F., Shumsky V. A., Breslavets Y. P., Breslavets V. M. Ecological and economic features of the main elements of agriculture in agrarian landscapes polluted with ¹³⁷ Cs	45
Иванцова Е. А., Венецианский А. С., Худякова С. С. Анализ потребительских предпочтений на рынке функциональных напитков Ivantsova E. A., Venetsiansky A. S., Khudyakova S. S. The analysis of the consumer preferences in the functional drinks market	53
Максютов Н. А., Скороходов В. Ю., Митрофанов Д. В., Зенкова Н. А. Продуктивность кормовых культур в условиях локального изменения климата и участвовавшей засухи в степной зоне южного Урала Maksyutov N. A., Skorokhodov V. Yu., Mitrofanov D. V., Zenkova N. A. The fodder crops productivity under the conditions of local climate change and frequent drought in the steppe zone of the Southern Urals	62
Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г. Реакция сортов озимой пшеницы на предпосевную обработку семян регуляторами роста в зоне каштановых почв Волгоградской области Medvedev G. A., Yekaterinicheva N. G. The reaction of the winter wheat varieties to pre-sowing seed treatment with growth regulators in the chestnut soil area of the Volgograd region	69
Плескачёв Ю. Н., Тютюма Н. В., Старцев С. В. Влияние основной обработки почвы на формирование урожая капусты белокочанной Pleskachev Yu. N., Tyutyuma N. V., Startsev S. V. The effect of basic tillage on the formation of the white cabbage yield	78
Ходяков Е. А., Кусайко А. С., Бондаренко К. В., Милованов С. Г. Оценка эффективности формирования урожая хлопчатника при капельном орошении по результатам спутниковых и полевых наблюдений Khodyakov E. A., Kusaiko A. S., Bondarenko K. V., Milovanov S. G. The assessment of the efficiency of cotton crop formation with drip irrigation based on the results of satellite and field observations	84

Юфереv В. Г., Воронина В. П., Вдовенко А. В., Иванцова Е. А. Использование земель сельскохозяйственного назначения на территории Ики-Бурульского района Калмыкии Yuferev V. G., Voronina V. P., Vdovenko A. V., Ivantsova E. A. The use of agricultural land in the territory of the Iki-Burulsky district of Kalmykia	99
Зайцева Н. А., Климова И. И., Ячменева Е. В. Увеличение семенной продуктивности сафлора красильного при возделывании в богарных условиях Северного Прикаспия Zaitseva N. A., Klimova I. I., Yachmeneva E. V. The increase of safflower seed productivity under the rainfed cultivation in the conditions of the Northern Caspian region	109
Заманиди П. К., Алейникова С. С., Петров Н. Ю., Кузнецов Ю. В., Некрасова Т. Н. Выбор участка, подготовка почвы и посадочного материала под закладку виноградников Zamanidi P. K., Aleinikova S. S., Petrov N. Yu., Kuznetsov Yu. V., Nekrasova T. N. The site selection, preparation of the soil and planting material for the vineyards establishing	116
Кигашпаева О. П., Гулин А. В., Костенко А. Н. Подбор исходного материала томата для использования в качестве доноров генетических источников ценных признаков для машинной уборки Kigashpayeva O. P., Gulin A. V., Kostenko A. N. The selection of tomato source material for using as donors of genetic sources of valuable traits for the machine harvesting	126
Кудряшова Н. И., Кудряшов А. В., Агеев М. О. Интродукция <i>Medicago sativa</i> и <i>Medicago varia</i> в аридных условиях Астраханской области Kudryashova N. I., Kudryashov A. V., Ageev M. O. The introduction of <i>Medicago sativa</i> and <i>Medicago varia</i> in the arid conditions of the Astrakhan region	136
Кузина Е. В. Влияние технологии no-till на засоренность посевов в зернопаровом севообороте Kuzina E. V. The effect of no-till technology on crop contamination in the grain and steam crop rotation	144
Кулик А. В. Анализ ветрового режима при снегопадах на территории Волгоградской области и эффективность лесополос Kulik A. V. The analysis of the wind regime during the snowfalls in the Volgograd region and the forest belts efficiency	151
Лытов М. Н. Экспериментальная оценка потенциала регулирования оборота органического углерода и азота почвы при возделывании сои на мелиорированных землях Lytov M. N. The experimental assessment of the potential for regulating the turnover of soil organic carbon and nitrogen at soybean cultivation on reclaimed lands	161
Митрофанов Д. В. Оценка урожайности полевых культур в зернопаровом севообороте в зависимости от плодородия почвы и почвенно-климатических условий Оренбургского Приуралья Mitrofanov D. V. The assessment of the field crops productivity in grain-fallow crop rotation depending on soil fertility and soil-climatic conditions of the Orenburg Urals	170
Руцкая В. И., Тимошенко Е. С. Особенности люпина и перспективы его использования в пищевой промышленности Rutskaya V. I., Timoshenko E. S. Features of lupine and prospects for its use in the food industry	183

Саенко Г. М., Сердюк О. А. Влияние химических препаратов на фитосанитарное состояние посевов рапса ярового в Алтайском крае Saenko G. M., Serdyuk O. A. The effect of chemicals on the phytosanitary condition of spring rapeseed crops in the Altai region	192
Сердюк О. А. Зависимость распространенности и развития альтернариоза на горчице сарептской от погодных факторов Serdyuk O. A. The dependence of the prevalence and the development of <i>Alternaria</i> blight on brown mustard on meteorological factors	201
Степанова Н. Ю., Спиридонов А. М., Квиткина В. А. Потенциал сортов базилика и укропа при выращивании в условиях Ленинградской области Stepanova N. Yu., Spiridonov A. M., Kvitkina V. A. The potential of basil and dill varieties when grown in the conditions of the Leningrad region	210
Стручалина Е. В., Соколова Л. М. Агрессивность и видовой состав штаммов <i>Fusarium</i> на растениях томата (<i>Solanum Lycopersicum</i>) в условиях Волгоградской области Struchalina E. V., Sokolova L. M. The aggressiveness and the species composition of <i>Fusarium</i> strains on the tomato plants (<i>Solanum Lycopersicum</i>) in the conditions of the Volgograd region	222
Хужахметова А. Ш., Воронина В. П., Цой М. В., Сапронова Д. В. Оценка ареала природных популяций эндемичного вида <i>Juniperus sabina</i> L. дистанционными методами Khuzhakhmetova A. Sh., Voronina V. P., Tsoi M. V., Saponova D. V. The assessment of the range of natural populations of the endemic species <i>Juniperus sabina</i> L. by the remote sensing methods	230
Шарапов И. И., Шарапова Ю. А. Аллелопатия озимой вики с озимыми зерновыми на ранних этапах роста Sharapov I. I., Sharapova Yu. A. The allelopathy of winter vetch with winter grains in the early stages of growth	241
Сидорова Н. В., Плотникова Т. В. Влияние органоминерального удобрения «Энергошанс» на продуктивность и качество табака Sidorova N. V., Plotnikova T. V. The effect of Energochance organic mineral fertilizer on the tobacco productivity and quality	249
Зыков А. В., Юнин В. А. Влияние биологически активного органического удобрения на прирост и урожайность смородины черной Zykov A. V., Yunin V. A. The effect of the biologically active organic fertilizer on the growth and yield of black currant	257
Тагиров Ф. Г., Балакай Г. Т., Гурина И. В. Особенности водопотребления томатов при поливе системой капельного орошения в условиях Крыма Tagirov F. G., Balakai G. T., Gurina I. V. Features of the tomatoes water consumption during irrigation by drip irrigation in Crimea	266
Шапошникова Ю. В., Коробова Н. А., Коробов А. П., Пучкова Е. В. Оценка исходного материала гороха посевного в селекции на продуктивность Shaposhnikova Yu. V., Korobova N. A., Korobov A. P., Puchkova E. V. The evaluation of the source material of seed peas in breeding for productivity	275
Васильченко А. А. Современное использование и трансформация агроландшафтов Волго-Ахтубинской поймы и дельты реки Волга Vasilchenko A. A. The modern use and transformation of agricultural landscapes of the Volga-Akhtuba floodplain and delta of the Volga river	283

Подопригоров Ю. Н., Баканева А. А., Хюпинин А. А., Хюпинина Е. В. Влияние посадок джугуна безлистного (<i>calligonum aphyllum</i>) на почвенное плодородие в аридных условиях Северного Прикаспия Podoprigorov Yu. N., Bakaneva A. A., Khyupinin A. A., Khyupinina E. V. The influence of <i>calligonum aphyllum</i> plantings on the soil fertility in arid conditions of the Northern Caspian region	291
Гайсина Э. М., Ахатов А. К., Пакина Е. Н., Игнатов А. Н., Зеленев А. В. Возбудители бородастости корней декоративных и овощных культур: краткий обзор Gaisina E. M., Akhatov A. K., Pakina E. N., Ignatov A. N., Zelenev A. V. Pathogens of "crazy roots" of ornamental and vegetable crops: a brief review	299
ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ / ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE	
Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Колосов Ю. А., Абонеев В. В., Куликова А. Я., Лигус В. Н., Филиппов Р. А. Перспективы создания субъекта племенного мясошерстного овцеводства в Ростовской области Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Kolosov Yu. A., Aboneev V. V., Kulikova A. J., Ligus V. N., Filippov R. A. Prospects for the creation of the meat and wool sheep breeding facility in the Rostov region	312
Габидулин В. М., Хайнацкий В. Ю. Влияние метода оценки быков-производителей по качеству потомства в мясном скотоводстве на точность определения их племенной ценности Gabidulin V. M., Khainatsky V. Yu. The influence of the method of evaluating breeding bulls by the quality of offspring in beef cattle breeding on the accuracy of determining their breeding value	322
Чабаев М. Г., Клементьев М. И., Коптева Ю. С. Влияние различных соединений и уровней селена при выращивании ремонтного молодняка свиней Chabaev M. G., Klementyev M. I., Kopteva Yu. S. The effect of various compounds and levels of selenium in the rearing of the pig replacements ...	331
Горлов И. Ф., Мосолов А. А., Анисимова Е. Ю., Николаев Д. В., Сложенкина М. И. Хозяйственно-биологические особенности баранчиков эдильбаевской породы нового типа Gorlov I. F., Mosolov A. A., Anisimova E. Y., Nikolaev D. V., Slozhenkina M. I. Economic and biological features of the young Edilbaevsky breed rams of a new type	337
Дубровский А. А., Алифанова В. В., Жабинская В. П., Ходыкин А. И. Применение пробиотической кормовой добавки "BIO-SUBLICH" в кормлении цыплят-бройлеров Dubrovsky A. A., Alifanova V. V., Zhabinskaya V. P., Khodykin A. I. The use of probiotic feed additive "BIO-SUBLICH" in broiler chickens feeding	347
Карпова Е. Д., Кононова Л. В., Евлагина Д. Д., Фирсова А. М., Алимова В. Р., Колосов С. Е., Горлов И. Ф. Идентификация генетических маркеров в селекции молочного овцеводства с помощью молекулярно-генетических методов Karpova E. D., Kononova L. V., Evlagina D. D., Firsova A. M., Alimova V. R., Kolosov S. E., Gorlov I. F. The identification of genetic markers in the dairy sheep breeding using the molecular genetic methods	355
Кузнецов А. В., Кузнецова Н. В., Луконина О. Н. О возможностях выполнения государственных планов по производству молока к 2030 году Kuznetsov A. V., Kuznetsova N. V., Lukonina O. N. On the possibility of implementing state plans for milk production by 2030	366
Рябова М. А., Николаев С. И., Липова Е. А., Брюхно О. Ю., Шкаленко В. В., Воронцова Е. С. Использование кормового белкового концентрата «Волжский» в рационах цыплят-бройлеров Ryabova M. A., Nikolaev S. I., Lipova E. A., Brykhno O. Yu., Shkalenko V. V., Vorontsova E. S. The use of «Volzhsky» feed protein concentrate in the broiler chicken diets	385

Третьякова Р. Ф., Каюмов Ф. Г.

Анализ роста и развития бычков калмыцкой породы при влиянии полиморфизма гена *Pit-1*

Tretyakova R. F., Kayumov F. G.

The analysis of the growth and development of the Kalmyk breed bulls under the influence of the *Pit-1* gene polymorphism

394

Ушаков М. А., Николаев С. И., Соничев Б. Е., Воронцова Е. С., Шкаленко В. В., Чехранова С. В., Морозова Е. А.

Влияние кормовой добавки «БиоСпектр 2Б» на основные жизненные показатели лабораторных животных

Ushakov M. A., Nikolaev S. I., Sonichev B. E., Vorontsova E. S., Shkalenko V. V., Chehranova S. V., Morozova E. A.

The effect of the feed additive «BioSpectr 2B» on the basic vital signs of the laboratory animals

401

Шперов А. С., Чамурлиев Н. Г., Абдулхаликов А. М.

Влияние кормовой добавки «БЕТА-ФЛОРА» на интерьерно-мясные качества баранчиков эдильбаевской породы при интенсивном откорме

Shperov A. S., Chamurliiev N. G., Abdulkhalikov A. M.

The effect of the BETA-FLORA feed additive on the interior and meat qualities of the

Edilbaevsky sheep during intensive fattening

412

Горлов И. Ф., Антипова Т. А., Мосолов А. А., Луконина О. Н., Кудряшова О. В., Анисимова Е. Ю., Воронцова Е. С., Мосолова Е. А.

Продуктивность и качество молока коров красно-пестрой породы в условиях региональной адаптации

Gorlov I. F., Antipova T. A., Mosolov A. A., Lukonina O. N., Kudryashova O. V., Anisimova E. Y., Vorontsova E. S., Mosolova E. A.

The productivity and milk quality of the red-and-white cows breeds in the conditions of regional adaptation

418

Черников Е. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Карпенко Е. В., Мосолова Е. А.

Продуктивные качества крупного рогатого скота русской комолы и калмыцкой пород в сравнении

Chernikov E. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Karpenko E. V., Mosolova E. A.

The productive qualities of the Russian hornless and Kalmyk cattle breed in the comparison

426

Юдина К. С., Клетикова Л. В.

Разработка и оценка способа повышения воспроизводительной способности свиноматок на комплексе ООО «ТопАгро»

Yudina K. S., Kletikova L. V.

The development and evaluation of a method to increase the reproductive capacity of the sows at the TopAgro LLC complex

434

Горлов И. Ф., Корниенко С. В.

Микроклимат для продуктивных животных и энергосберегающие технологии его обеспечения в летний период

Gorlov I. F., Korniyenko S. V.

Microclimate for the productive animals and the energy-saving technologies for its provision in the summer

442

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Джаббаров Н. И., Косульников Р. А., Сошнев Д. А., Трифанов А. В.

Моделирование выбросов вредных газов при выращивании цыплят-бройлеров в технологическом модуле

Dzhabbarov N. I., Kosulnikov R. A., Soshnev D. A., Trifanov A. V.

The simulation of harmful gas emissions during broiler chicken growing in the technological module

454

Короткий И. А., Расщепкин А. Н., Ананченко Р. А., Логиновский С. А.

Повышение эффективности процесса обезвоживания в сушильных установках на базе теплового насоса

Korotkiy I. A., Raschepkin A. N., Ananchenko R. A., Loginovsky S. A.

The increasing of the efficiency of the dehydration process in heat pump drying plants

464

Рогачев А. Ф., Токарев К. Е.

Системный анализ и нейросетевые методы оперативного мониторинга всходов озимой пшеницы после перезимовки в условиях континентального климата

Rogachev A. F., Tokarev K. E.

The system analysis and the neural network methods of operational monitoring of the winter wheat seedlings after overwintering in the continental climate 474

Смелик В. А., Фомин С. Д., Захаров А. М., Перекопский А. Н.

Оценки технологической надежности машин для плющения и консервирования органического фуражного зерна

Smelik V. A., Fomin S. D., Zakharov A. M., Perekopsky A. N.

The assessment of the technological reliability of the machines for flattening and preservation of the organic fodder grain 482

Фадеев И. В., Успенский И. А., Фомин С. Д., Юхин И. А., Лимаренко Н. В., Митрохина Е. В.

Электротракторы сельскохозяйственного назначения: проблемы и перспективы развития

Fadeev I. V., Uspensky I. A., Fomin S. D., Yukhin I. A., Limarenko N. V., Mitrokhina E. V.

Electric tractors for the agricultural purposes: problems and prospects of development 492

Антоненко М. В., Старовойтов В. И., Успенский И. А., Лимаренко Н. В., Юхин И. А.

Теоретическое обоснование колебаний автомобиля с грузом и мостового сооружения

Antonenko M. V., Starovoitov V. I., Uspensky I. A., Limarenko N. V., Yukhin I. A.

The theoretical justification of the oscillations of a vehicle with a load and a bridge structure 502

Вторый С. В.

Информационная модель формирования среды климатически активных газов в коровнике

Vtoryi S. V.

Information model showing formation of climate-active gases in the cow barn 513

Мирошниченко Ю. А., Гамаюнов П. П., Кровяков С. В., Фомин С. Д.

Использование инструментария цифровизации для оценки технического состояния транспортно-технологических машин в агрокомплексе

Miroshnichenko Yu. A., Gamayunov P. P., Krovlyakov S. V., Fomin S. D.

The use of digitalization tools to assess the technical condition of transport and technological machines in the agricultural complex 523

Рогачев Д. А.

Цифровая технология управления водопользованием оросительных систем в экстремальных условиях

Rogachev D. A.

Digital technology for managing water use in irrigation systems in extreme conditions 532

Кременской В. И., Джапарова А. М.

Внутрипочвенно-капельное орошение нового поколения семенников свеклы

Kremenskoy V. I., Dzhaparova A. M.

The new generation of the subsoil-drip irrigation of the beet seeds 545

Маций В. С., Кузнецов Е. В.

Основные критерии контроля качества проектно-изыскательской документации мелиоративного комплекса России

Matsiy V. S., Kuznetsov E. V.

The main criteria for quality control of design and survey documentation of the reclamation complex of Russia 556

Нелюбова А. В., Жога В. В., Несмиянов И. А.

Кинематика гибридного манипулятора с дополнительным звеном

Nelyubova A. V., Zhoga V. V., Nesmiyanov I. A.

The kinematics of the hybrid manipulator with an additional link 568

Бекбергенова С. З., Хецуриани Е. Д., Абуова Г. Б.

Улучшение сбросных вод для водоснабжения мелиоративного рыборазведения осетровых пород

Bekbergenova S. Z., Khetsuriani E. D., Abuova G. B.

The improvement of the waste water for supply of reclamation of sturgeon fish breeding 580

Горлов И. Ф., Карпенко Е. В., Ткаченкова Н. А., Орехова М. А., Самойленко А. А. Влияние концентрата подсолнечного белка на качество рубленых полуфабрикатов Gorlov I. F., Karpenko E. V., Tkachenkova N. A., Orekhova M. A., Samoilenko A. A. The effect of sunflower protein concentrate on the quality of chopped semi-finished products	590
Сложенкина М. И., Крючкова В. В., Ткаченкова Н. А., Попова А. А., Воронцова Е. С., Мосолова Н.А. Разработка технологии инновационного взбитого молочного десерта и оценка его качества и экологической безопасности Slozhenkina M. I., Kryuchkova V. V., Tkachenkova N. A., Popova A. A., Vorontsova E. S., Mosolova N. I. The development of the technology for innovative whipped milk dessert and the assessment of its quality and environmental safety	598
95 лет Центральной научной сельскохозяйственной библиотеке	610
СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS.....	613

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ 2025

Редакция журнала в своей деятельности руководствуется принципами научности, объективности и беспристрастности

1. Содержание статьи должно соответствовать специальностям:
 - 4.1.1 Общее земледелие и растениеводство.
 - 4.1.2 Селекция, семеноводство биотехнология растений.
 - 4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений.
 - 4.1.4 Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры.
 - 4.1.5 Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика.
 - 4.1.6 Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация.
 - 4.2.1 Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология.
 - 4.2.2 Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность.
 - 4.2.3 Инфекционные болезни и иммунология животных.
 - 4.2.4 Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства.
 - 4.2.5 Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных.
 - 4.2.6 Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство.
 - 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.
 - 4.3.2 Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.
 - 4.3.3 Пищевые системы.
2. Технический анализ рукописи осуществляется ответственным секретарем журнала, согласно требованиям для авторов, в трехдневный срок после представления рукописи в электронной форме (izvestiya-volgau@mail.ru) и передается на проверку отсутствия неправомерных и некорректных заимствований, определения объема оригинальности авторского текста в Центр наукометрического анализа международных систем индексирования (НАМСИ).
3. Проверка цитирований и ссылок на использованные источники, определение степени заимствования, обусловленного целями цитирования, объема **оригинальности** авторского текста осуществляется в трехдневный срок **по всем коллекциям** в системе Antiplagiat.ru. Допустимый объем цитирований (корректного правомерного заимствования) – не более 30 % от общего объема статьи (неправомерные заимствования не допускаются!) в соответствии с COPE.
4. Передача на рецензирование осуществляется зам. главного редактора после технического анализа и проверки оригинальности авторского текста, в течение трех дней. Издание осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих ее тематике, с целью их экспертной оценки. Рецензирование статьи производится **независимыми экспертами** журнала (не менее 2) в течение не более 30 дней с момента получения рукописи. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Рецензии хранятся в издательстве и в редакции издания в течение 5 лет. При наличии существенных замечаний рукопись возвращается авторам с письменным перечислением замечаний, требующих устранения. В журнале используется двустороннее слепое рецензирование (double-blind reviewing): рецензент и автор не знают имён друг друга.
5. Повторное рецензирование осуществляется после представления варианта статьи, с устраненными замечаниями, в течение не более 30 дней. При трехкратном повторном возврате рукописи с замечаниями рецензента вопрос о ее принятии или отклонении решается на заседании редакционной коллегии.
6. Решение о публикации принимается в соответствии с Уставом редакции главным редактором на основе научных рецензий и мнения членов редколлегии. При принятии решения о публикации главный редактор руководствуется достоверностью представления данных и научной значимостью рассматриваемой работы.

7. В случае принятия решения о публикации в течение трех дней рукопись статьи передается в РИО и НТБ для корректуры и редактирования материала статьи, в том числе англоязычной части.

8. Рецензии предоставляются авторам рукописей и по запросам экспертных советов в ВАК. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ. Рукописи возврату не подлежат.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Оформление статьи должно соответствовать Межгосударственным и национальным стандартам Российской Федерации по издательскому делу.

Статья представляется в редакцию в электронной версии (в формате Word Windows), Статья должна иметь УДК (можно определить на сайте <http://teacode.com/online/udc/>). Количество авторов – не более четырех.

Статья набирается в текстовом процессоре Microsoft Word со следующими установками: поля страницы сверху, снизу – 2,4 см; слева, справа – 2,8 см. Стилль обычный. Шрифт – Arial, размер шрифта 10,5. Межстрочный интервал для текста – одинарный, для таблиц – одинарный, режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Абзацный отступ должен быть одинаковым по тексту – 1,27 см.

Рисунки, схемы, фотографии представляются в формате PDF, JPEG, TIFF с разрешением не ниже 300 dpi (сканировать таблицы, схемы, рисунки не допускается). Все рисунки должны быть четкими, надписи хорошо видны.

В статье помещаются: УДК, название статьи, инициалы и фамилия автора (авторов), ученая степень, звание автора (ов), аннотация, ключевые слова. Образец форматирования – на сайте журнала.

В статье следует четко выделять следующие составные части: **1 Введение (Introduction), 2 Материалы и методы (Materials and methods), 3 Результаты (Results), 4 Обсуждение (Discussion), 5 Заключение (Conclusions), 6 Библиографический список (References).**

Особое внимание следует уделить *полноте пристатейного библиографического списка* (не менее **12-15** источников, в том числе отражающих зарубежные исследования). При этом необходимо избегать **недобросовестного цитирования** (необоснованного «накручивания» цитат, а также самоцитирования), **некорректного цитирования** (неоправданного содержанием цитируемых статей). *Цитирование должно быть максимальным, но обоснованным. Недостаточное или избыточное цитирование снижает рейтинг журнала.*

В конце работы ставятся дата и подпись автора (авторов), приводятся сведения об авторе (авторах): место работы, факультет, кафедра, (отдел, научное подразделение), ученое звание, ORCID, контактный телефоны, почтовый и электронный адрес.

Авторы должны раскрывать в своей рукописи любой финансовый или какой-либо другой существенный конфликт интересов, который мог бы быть истолкованным как влияющий на результаты оценки их рукописи. Все источники финансовой поддержки должны быть раскрыты.

Рекомендуемый объем статьи: **основной текст** (без названия, авторов, аннотации, ключевых слов и библиографического списка) – от **15 тыс.** знаков с пробелами (от 2000 слов), полный текст – от 30 тыс. знаков с пробелами (от 4000 слов) (**10-12** стр.).

ОФОРМЛЕНИЕ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

Библиографические ссылки на список литературы должны быть оформлены с указанием в строке текста в квадратных скобках цифрового порядкового номера. В случае ссылки на точную цитату – необходимо дополнительно указать через запятую номера соответствующих страниц, например, [7, с. 36].

Список литературы нумеруется в порядке упоминания в тексте, он должен быть оформлен в соответствии с рекомендованным АНПИ (Ассоциацией научных редакторов и издателей) международным стандартом Vancouver Style (образец – на сайте).

**RULES OF DIRECTION, REVIEW AND PUBLICATION
OF SCIENTIFIC ARTICLES 2025**

1. The content of the article should correspond to the specialties:
 - 4.1.1 General agriculture and crop production
 - 4.1.2 Breeding, seed production, plant biotechnology
 - 4.1.3 Agrochemistry, agro-soil science, plant protection and quarantine
 - 4.1.4 Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops
 - 4.1.5 Land reclamation, water management and agrophysics
 - 4.1.6 Forestry, forestry, forest crops, agroforestry, landscaping, forest ecology and taxation
 - 4.2.1 Animal pathology, morphology, physiology, pharmacology and toxicology
 - 4.2.2 Sanitation, hygiene, ecology, veterinary and sanitary expertise and biosafety
 - 4.2.3 Infectious diseases and animal immunology
 - 4.2.4 Private animal husbandry, feeding, technologies of feed preparation and production of livestock products
 - 4.2.5 Breeding, breeding, genetics and biotechnology of animals
 - 4.2.6 Fisheries, aquaculture and industrial fisheries
 - 4.3.1 Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex
 - 4.3.2 Electrical technologies, electrical equipment and power supply of agro-industrial complex
 - 4.3.3 Food systems
2. Technical analysis of the manuscript is carried out by the executive secretary of the journal, according to the requirements for the authors, within three days after the submission of the manuscript in electronic form (izvestiya-volgau@mail.ru) and is sent for verification of the absence of illegal borrowing, to determine the originality of the author's text to the Center for Scientometric Analysis International Indexing Systems (NAMS) (izvestplag@mail.ru).
3. Checking links to sources used, determining the degree of borrowing, the volume of originality of the author's text is carried out within three days for all collections in the Antiplagiat.ru system. The permissible volume of citations (correct legitimate borrowing) is no more than 30 % of the total volume of the article (illegal borrowing is not allowed!) In accordance with COPE.
4. Submission for review is carried out by the deputy after three days of technical analysis and verification of the originality of the author's text. The publication reviews all incoming materials that correspond to its subject with the purpose of their expert evaluation. Reviewing the article is carried out by independent experts of the journal (at least 2) within no more than 30 days from the date of receipt of the manuscript. All reviewers are recognized experts on the subject of peer-reviewed materials and have published over the past 3 years on the subject of a peer-reviewed article. Reviews are kept in the publishing house and in the editorial office of the publication for 5 years. If there are significant comments, the manuscript is returned to the authors with a written list of comments requiring elimination. The journal uses double-blind reviewing: the reviewer and the author do not know each other's names.
5. Repeated reviewing is carried out after the submission of a variant of the article, with the comments removed, for no more than 30 days. If the manuscript is returned three times with the comments of the reviewer, the question of its acceptance or rejection is decided at a meeting of the editorial board.
6. The decision to publish is made in accordance with the Editorial Charter by the editor-in-chief on the basis of scientific reviews and opinions of members of the editorial board. When deciding on publication, the editor-in-chief is guided by the reliability of the data presentation and the scientific significance of the work under consideration.
7. If a decision is made on publication within three days, the manuscript of the article is sent to RIO and NTB for proofreading and editing of the article's material, including the English-language part.
8. Reviews are provided to the authors of manuscripts and at the request of expert advice at the Higher Attestation Commission. In the event of a refusal to publish an article, the editorial office sends a motivated refusal to the author. Manuscripts are non-refundable.

ARTICLE REQUIREMENTS

The paper should comply with the Interstate and National Publishing Standards of the Russian Federation.

The article is submitted to the publishing and publishing center in printed form (on A4 sheets) in 2 copies with an electronic version attached (in Word Windows format) that completely matches the paper version. The article should have UDC (can be determined on the website <http://teacode.com/online/udc/>). The number of authors is not more than four.

The article is typed in a Microsoft Word word processor with the following settings: page margins above, below – 2.4 cm; left, right – 2.8 cm. The style is normal. Font – Arial, font size 10,5. Line spacing for text – single, for tables – single, alignment mode – width, hyphenation – automatic. The indent should be the same in the text – 1.27 cm.

Drawings, diagrams, photographs are presented in PDF, JPEG, TIFF format with a resolution of at least 300 dpi (scanning tables, diagrams, drawings is not allowed).

The article contains UDC, title of the article, initials and surname of the author (s), academic degree, and title of the author (s), abstract, keywords.

The following components should be clearly distinguished in the article: 1. Introduction, 2. Materials and methods, 3. Results, 4. Discussion, 5. Conclusions, 6. References.

Particular attention should be paid to the completeness of the bibliographic list (at least 12-15 sources, including those reflecting foreign studies). At the same time, it is necessary to avoid unscrupulous quoting (unreasonable "winding up" of quotes, as well as self-quoting), incorrect quoting (unjustified by the content of cited articles).

Quoting should be maximum, but reasonable. Inadequate or excessive citation reduces the rating of the journal.

At the end of the work, the date and signature of the author (s) are put; information about the author (s) is given: place of work, faculty, department, (department, scientific unit), academic rank, ORCID, contact numbers, postal and electronic address.

Authors should disclose in their manuscript any financial or any other significant conflict of interest that could be construed as affecting the results of the evaluation of their manuscript. All sources of financial support should be disclosed.

Recommended length of the article: the main text (without title, authors, annotation, keywords and bibliographic list) – from 15 thousand characters with spaces (from 2000 words), the full text – from 30 thousand characters with spaces (from 4000 words) (10-12 pages).

REGISTRATION OF BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

Bibliographical references to the list of references must be formatted with the digital serial number indicated in the line of text in square brackets. In the case of a reference to an exact quote, you must additionally indicate the numbers of the corresponding pages, separated by commas, for example [7, p. 36].

The list of references is numbered in the order of mention in the text; it must be formatted in accordance with the international standard Vancouver Style recommended by ANRI.

Известия
Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 4 (82), 2025

Ответственный редактор – *Д. А. Шишлянникова*
Технический редактор – *Т. А. Ситникова*
Компьютерная верстка – *Е. С. Дергачева*
Перевод – *Н. В. Тураева*

Реестровая запись: серия ПИ № ФС77-80865 выдано 23.04.2021
Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
Издается с 1997 г. Выходит 6 раз в год.

Подписной индекс ПП573
Адрес издателя и редакции: 400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.
Электронная почта izvestiya-volgau@mail.ru
Дата выхода 29.08.2025.
Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 173.
Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе Волгоградского ГАУ «Нива»
400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Цена свободная

* * *

Proceedings
of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
Science and higher vocational education № 4 (82), 2025

Executive editor – *D. A. Shishlyannikova*
Technical editor – *T. A. Sitnikova*
Desktop publishing – *E. S. Dergacheva*
Translation – *N. V. Turaeva*

Registry entry: PI series no. FS77-80865 issued on 23.04.2021
Federal Service for Supervision of Communications,
Information technology and mass communications
Published since 1997. Published 6 times a year.

Subscription Index ПП573
Address of publisher and editorial staff: 400002, Volgograd, University Avenue, 26
E-mail: izvestiya-volgau@mail.ru
Release Date 29.08.2025.
Edition 1000 (first factory 100). Order 173.
Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»
400002, Volgograd, University Avenue, 26.

Free price