

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 6 (78), 2024

Группы специальностей:

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

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2024

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

№ 6 (78), 2024

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
2024

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет**ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485****№ 6 (78), 2024***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
Volograd State
Agrarian University**ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485****№ 6 (78), 2024***Specialty groups:*

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

ИЗВЕСТИЯНижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование**№ 6 (78), 2024**

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:

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

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, Ученый секретарь, Волгоградский ГАУ

PROCEEDINGSof Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education**№ 6 (78), 2024**

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:

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

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

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

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, Scientific Secretary, 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:

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

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, Ученый секретарь Волгоградского 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:

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

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, Scientific Secretary of the Volgograd State Agrarian 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)

Мелихов В.В., **член-корреспондент РАН**,
научный руководитель Всероссийского
НИИ орошаемого земледелия
<http://vniioz.ru/institut/sotrudniki.shtml>

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

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>

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>

Melikhov V.V., **Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences**,
Scientific Leader of the All-Russian Institute of Irrigated Agriculture

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)

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"

Чамурлиев О.Г., доктор сельскохозяйственных наук, директор НИИ фундаментальных и прикладных агrobiотехнологий, 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"

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"

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

Семененко С.Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, гл. науч. сотрудник, ВНИИОЗ

Филин В.И., 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

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

Chamurliev 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

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

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

Tyutyuma 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

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

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

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. 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 агrobiотехнологий, 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**)

Мелихов В.В., **член-корреспондент РАН**, научный руководитель Всероссийского НИИ орошаемого земледелия
<http://vniioz.ru/institut/sotrudniki.shtml>

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, Ученый секретарь, Волгоградский ГАУ

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

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

Melikhov V.V., **Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences**, Scientific Leader of the All-Russian Institute of Irrigated Agriculture

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, Scientific Secretary of the Volgograd State Agrarian University

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

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)

Племяшов 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

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

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

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

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)

Сашина 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

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

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

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

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)

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

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

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

Chamurliiev 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)

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

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

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

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

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

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

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

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)

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

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**, ФГБНУ ВНИИОЗ, директор

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

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

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, Rязан 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

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

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»

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

Сложеникина 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

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

Darmanyan 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: 10.32786/2071-9485-2024-06-01

**AGROCLIMATIC CONDITIONS OF THE KALACHSKAYA UPLAND WITHIN
THE VOLGOGRAD REGION**^{1,2}Kulik K. N., ^{1,2}Istomin S. A., ¹Lebedeva T. N.¹*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences**Volgograd, Russian Federation*²*Volgograd State University**Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: istomin-s@vfanc.ru

Received 19.08.2024

Submitted 03.11.2024

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-2022-0011 "Development of a new methodology for optimal management of bioresources in agrolandscapes of the arid zone of the Russian Federation using system-dynamic modeling of soil-hydrological processes, a comprehensive assessment of the impact of climate change and anthropogenic loads on the agrobiological potential and forest growth conditions"

Summary

The article presents the results of the analysis of climatic indicators of the Kalachskaya Upland territory within the Volgograd Region. The results of the research showed that the territory is well provided with heat, but by the nature of moisture supply it is classified as "insufficient" or "low (weak drought)". The analysis of long-term observations showed a trend towards an increase in average annual temperature and precipitation. Precipitation is characterized by cycles.

Abstract

Introduction. Climate is one of the most important environmental factors that determines living conditions and the development of various spheres of economic activity. The Kalach Upland within the Volgograd Region is one of the historical centers of agricultural development in the region, so the analysis of local climatic indicators plays an important role in territorial planning. **The object** of the study is the agroclimatic conditions of the Kalach Upland within the Volgograd Region. **Materials and methods.** The study is based on archival materials (average annual temperature and precipitation) of the nearest meteorological stations. To assess the moisture supply of the territory, the Selyaninov hydrothermal moisture coefficient (HTC) was calculated, which determined the natural zone and moisture supply of the territory. **Results and conclusions.** The spatial distribution of meteorological stations is relatively uniform, which made it possible to interpolate observation data in the QGIS 3.12.1 program for the territory of the Kalach Upland within the Volgograd Region. As a result, maps of climatic indicators were constructed. It was revealed that for the period 2012-2022 the average annual air temperature (from 8.0 to 9.4 °C) and the sum of active temperatures (3200-3500 °C) change in the latitudinal direction, the amount of precipitation decreases in the meridional direction from west to east from 542 to 437 mm. According to the results of the GTC calculation, almost the entire territory belongs to the "typical steppe" zone, and according to the nature of moisture supply, it belongs to "insufficient" or "low (weak drought)". As a result of data analysis and mapping, features of the climate dynamics in the territory of the Kalach Upland were revealed. Since 1964, an increase in the average annual temperature has been noted from 5.64-6.2 °C to 8.37-9.66 °C, which is 0.04-0.06 °C per year. Precipitation is characterized by cyclicity and sharp changes in certain years, which affects economic activity, in particular agriculture.

Keywords: climate indicators, average annual temperatures, precipitation amount, active temperature sum, hydrothermal complex, climate dynamics.

Citation. Kulik K. N., Istomin S. A., Lebedeva T. N. Agroclimatic conditions of the Kalachskaya Upland within the Volgograd Region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 13-24 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-01.

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 551.50

АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КАЛАЧСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ В ПРЕДЕЛАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ^{1,2}Кулик К. Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН^{1,2}Истомин С. А., младший научный сотрудник, аспирант¹Лебедева Т. Н., младший научный сотрудник¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный университет»
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН № FNFE-2022-0011 «Разработка новой методологии оптимального управления биоресурсами в агроландшафтах засушливой зоны РФ с использованием системно-динамического моделирования почвенно-гидрологических процессов, комплексной оценки влияния климатических изменений и антропогенных нагрузок на агробиологический потенциал и лесорастительные условия»

Актуальность. Климат является одним из важнейших факторов окружающей среды, который определяет условия проживания и развитие различных сфер хозяйственной деятельности. Калачская возвышенность в пределах Волгоградской области является одним из исторических центров развития сельского хозяйства региона, поэтому анализ здешних климатических показателей играет важную роль в территориальном планировании. **Объект исследования** агроклиматические условия Калачской возвышенности в пределах Волгоградской области. **Материалы и методы.** В основу исследования положены архивные материалы (среднегодовая температура и количество осадков) ближайших метеостанций. Для оценки влагообеспеченности территории рассчитан гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК), по которому определена природная зона и влагообеспеченность территории. **Результаты и выводы.** Пространственное размещение метеостанций относительно равномерное, что позволило интерполировать данные наблюдений в программе QGIS 3.12.1 на территорию Калачской возвышенности в пределах Волгоградской области. В результате построены карты климатических показателей. Выявлено, что за период 2012-2022 гг. среднегодовая температура воздуха (от 8,0 °C до 9,4 °C) и сумма активных температур (3200-3500 °C) изменяются в широтном направлении, количество осадков уменьшается в меридиональном направлении с запада на восток с 542 до 437 мм. По результатам расчета ГТК практически вся территория относится к зоне «типичная степь», а по характеру влагообеспеченности относится к «недостаточной» или «низкой (слабой засухи)». В результате анализа данных и картографирования были выявлены особенности динамики климата на территории Калачской возвышенности. С 1964 г. отмечается увеличение среднегодовой температуры с 5,64-6,2 °C до 8,37-9,66 °C, что составляет 0,04-0,06 °C в год. Для осадков характерна цикличность и резкое изменение в отдельные годы, что сказывается на ведении хозяйственной деятельности в частности на сельское хозяйство.

Ключевые слова: климатические показатели, среднегодовые температуры, сумма осадков, сумма активных температур, ГТК, изменение климата.

Цитирование. Кулик К. Н., Истомин С. А. Лебедева Т. Н. Агроклиматические условия Калачской возвышенности в пределах Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 13-24. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-01.

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. Одним из основных факторов хозяйственной деятельности является климат, который определяет развитие погодозависимых отраслей экономики в особенности таких, как сельское, лесное и водное хозяйство. Оценка климатических условий и их возможных изменений в применении к анализу состояния и развития наземных экосистем является чрезвычайно важной задачей науки и практики [1-6].

Изменение климата – важнейшая глобальная проблема XXI в., которая представляет угрозу благополучию человечества. Примерно от 3,3 до 3,6 млрд. человек живут в условиях, подверженных изменению климата, вследствие чего возникает проблема продовольственной и экологической безопасности населения (Climate Change 2023: Synthesis Report,

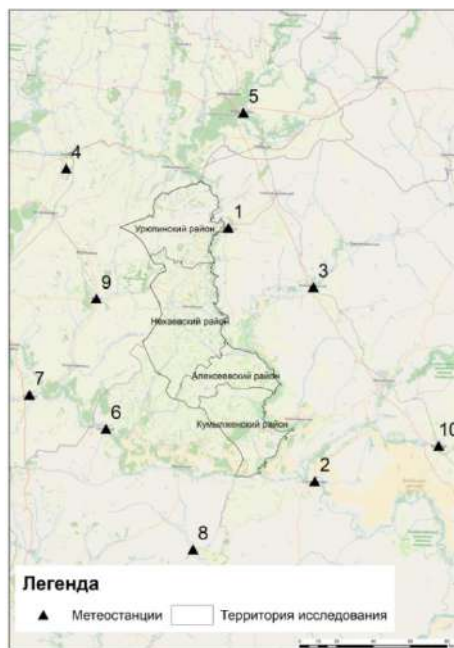
H. Lee and J. Romero and etc., 2023). По данным «World Meteorological Organization» на Земле в период с 1970 по 2021 гг. отмечено 11778 стихийных бедствий, которые вызваны различными экстремальными климатическими явлениями, при которых погибло более 2 млн человек, а экономический ущерб составил 4,3 трлн долларов США (United in Science 2023 Sustainable development edition, World Meteorological Organization (WMO) ets., 2023).

Для аридных регионов характерны индивидуальные и глобальные особенности климатических изменений. Проблема адаптации хозяйственной деятельности особенно актуальна, так как оказывается значительное влияние на производительность погодозависимых отраслей экономики, в частности на сельское хозяйство. Изменения могут иметь отрицательные и положительные последствия с точки зрения результатов производства, и адаптироваться необходимо к обоим видам [2, 4, 7-10].

В настоящее время Калачская возвышенность в пределах Волгоградской области испытывает сильную антропогенную нагрузку, связанную в первую очередь с сельскохозяйственной деятельностью. Зональные почвы представлены черноземом обыкновенным и южным, азональные – песчаные и пойменные. Основу растительного покрова составляют культурные растения, но там, где естественная растительность сохранилась, она демонстрирует значительное видовое разнообразие полноценного степного комплекса. Калачская возвышенность является типичной для ЕТР и может служить неким эталонным полигоном для изучения агроклиматических особенностей для схожих территорий [7, 11, 12].

Целью исследования являлось изучение основных климатических показателей Калачской возвышенности в пределах Волгоградской области.

Материалы и методы. Источниками информации является архив погоды с информационного ресурса «Погода и климат», а также материалы разработанной базы данных (База данных климатических...Кулик, 2023) по 10-ти метеорологическим станциям, расположенным в Волгоградской, Ростовской и Воронежской областях (рисунок 1).



Условные обозначения: 1 – № 34240 (г. Урюпинск); 2 – № 34357 (г. Серафимович); 3 – № 34254 (г. Новоаннинский); 4 – № 34139 (Каменно-Степное сельское поселение); 5 – № 34146 (г. Борисоглебск); 6 – № 34344 (ст. Казанская); 7 – № 34336 (г. Богучар); 8 – № 34445 (ст. Боковская); 9 – № 34247 (г. Калач); 10 – № 34356 (г. Фролово)

Legend: 1 – No 34240 (Uryupinsk); 2 – No 34357 (Serafimovich); 3 – No 34254 (Novoanninsky); 4 – No 34139 (Kamenno-Stepnoye rural settlement); 5 – No 34146 (Borisoglebsk); 6 – No 34344 (Kazanskaya station); 7 – No 34336 (Boguchar); 8 – No 34445 (Bokovskaya station); 9 – No 34247 (Kalach); 10 – No 34356 (Frolovo)

Рисунок 1 – Расположение метеостанций, использованных для исследования территории Калачской возвышенности в пределах Волгоградской области

Figure 1 – Location of meteorological stations used to study the territory of the Kalachskaya Upland within the Volgograd Region

С целью определения современных климатических показателей для региона исследований по каждой метеостанции осуществлена выборка основных климатических показателей (температура воздуха, количество осадков). За период с 2011 по 2022 гг. проанализировано более 300 тыс. измерений.

Влияние климата на сельскохозяйственное производство часто оценивается с помощью специальных прикладных климатических индексов – агроклиматических показателей. Одним из таких показателей является сумма активных температур, которая представляет собой биологический минимум температуры, необходимой для развития растительных сообществ. Среди количественных показателей распространение получил гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова (ГТК), по которому определяют степень увлажнения и выделяют природные зоны (1) (Анализ и картографирование агроклиматических В. П. Воронина, Е. А. Литвинов, С. И. Калмыков, 2009) [13-15].

$$ГТК = \frac{10 * \sum P_{10}}{\sum T_{10}} \quad (1)$$

где Р – сумма осадков за период со среднесуточными температурами воздуха выше 10 °С, мм; Т – сумма среднесуточных температур воздуха за тот же период, °С.

По характеру влагообеспеченности в ГТК выделяют следующие зоны: >1,51 – избыточная; 1,5-1,41 – повышенная; 1,40-1,11 – достаточная оптимальная; 1,10-0,76 – недостаточная; 0,75-0,61 – низкая (слабая засуха); 0,6-0,4 – очень низкая (средняя засуха); 0,40-0,21 – исключительно низкая (сильная засуха); <0,20 – катастрофически низкая (очень сильная засуха) [16].

По ГТК выделяют семь природных зон: пустыня – <0,2; полупустыня – 0,4-0,21; степь на южных черноземных и каштановых почвах – 0,7-0,41; типичная степь – 1,0-0,71; лесостепь – 1,3-1,1; тайга и лиственные леса – 1,6-1,31; тайга – >1,61 [17].

Для проведения ретроспективного анализа климатических условий осуществлен анализ среднегодовой температуры воздуха и суммы осадков с 1964 по 2023 гг.

Результаты и обсуждение. Зональные границы природных зон определяют температура и осадки, которые влияют на доминирование одного или нескольких типов растительности [18].

Для анализа данной территории построены картосхемы среднегодовой температуры и суммы осадков за период 2012-2022 гг. (рисунок 2).



Условные обозначения: 1 – Среднегодовая температура воздуха, °С; 2 – 425-450 мм; 3 – 451-475 мм; 4 – 476-500 мм; 5 – 501-525 мм; 6 – 526-550 мм

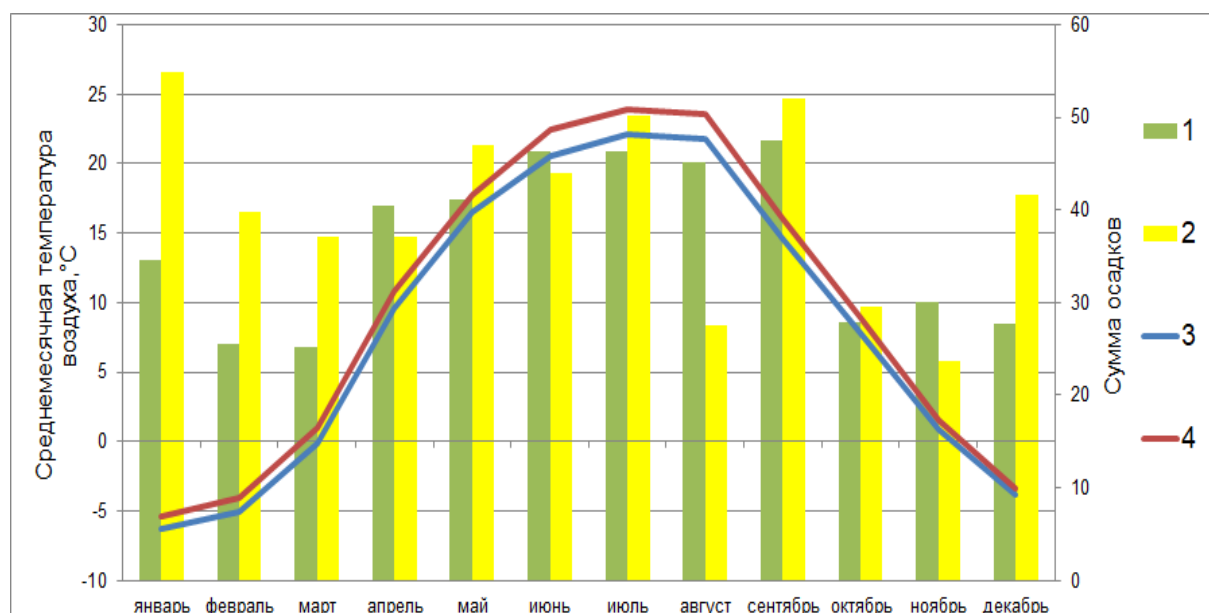
Рисунок 2 – Средняя среднегодовая температура воздуха и количество осадков за 2012-2022 гг. на территории Калачской возвышенности в пределах Волгоградской области

Figure 2 – Average annual air temperature and precipitation for 2012-2022 in the Kalachskaya Upland within the Volgograd Region

На исследуемой территории наблюдается изменение среднегодовых температур в широтном направлении. Разница между северной и южной частью составляет около 1 °С. На картосхеме изотерма 8,5 °С проходит северней ст. Нехаевская, 9 °С по южной границе Шакинской дубравы и далее северней ст. Слащевская.

Наряду с оценкой средних температур необходима и оценка влагообеспеченности местности, так как в условиях богарного земледелия продуктивность растений при наличии других факторов роста определяется влагой (Рациональное использование..., Гулянов Ю. А., 2007). В пределах Калачской возвышенности выпадение осадков определяется западным переносом воздушных масс, что объясняет закономерное их сокращение по направлению к востоку. Так наибольшее среднегодовое количество осадков отмечается в ст. Казанская и Каменно-Степном сельском поселении (572 мм), минимальное в г. Урюпинск (437,65 мм).

Одним из условий развития хозяйственной деятельности является распределение температуры воздуха и количества осадков по сезонам. Для оценки изменения построена климатограмма на основе данных метеостанций, расположенных в г. Урюпинск (север территории исследования) и г. Серафимович (юг территории исследования) (рисунок 3).



Условные обозначения: 1 – Средняя сумма осадков в г. Урюпинск за 2012-2022 гг.; 2 – Средняя сумма осадков в г. Серафимович за 2012-2022 гг.; 3 – Средняя среднемесячная температура воздуха в г. Урюпинск за 2012-2022 гг.; 4 – Средняя среднемесячная температура воздуха в г. Серафимович за 2012-2022 гг.

Рисунок 3 – Климатограмма городов Урюпинск и Серафимович
Figure 3 – Climatic diagram of the cities of Uryupinsk and Serafimovich

Максимум температур приходится на июль (от 22 до 24 °С), минимум на январь (от -6 до -5,5 °С). Весна наступает в конце марта – начале апреля, когда устанавливаются положительные температуры, лето – в первой или второй декаде мая (среднесуточная температура достигает 15 °С и полностью прекращаются заморозки). Начало осени отмечается в третьей декаде сентября – первой декаде октября, когда среднесуточная температура воздуха понижается до 10 °С и прекращается активная вегетация растений.

Количество осадков распределено неравномерно: в г. Серафимович отмечается максимум в январе, тогда как в г. Урюпинск в сентябре. Осадки весенне-летнего периода являются одним из решающих условий формирования урожая зерновых культур в условиях богарного земледелия.

В земледелии необходимо учитывать показатель суммы активных температур, так как порог в 10 °С важен для развития растительных сообществ. Результат анализа показателя представлен на картосхеме (рисунок 4).



Условные обозначения: Сумма активных температур, °С: 1 – 3100-3300; 2– 3301-3400; 3 – 3401-3600.

Рисунок 4 – Средний показатель суммы активных температур за 2012-2022 гг. на территории Калачской возвышенности в пределах Волгоградской области

Figure 4 – Average sum of active temperatures for 2012-2022 on the territory of the Kalachskaya Upland within the Volgograd Region

Наибольшая сумма активных температур отмечается в юго-восточной части Калачской возвышенности, далее на север происходит постепенное снижение. В целом территория исследований хорошо обеспечена теплом, что позволяет выращивать различные культуры: озимую и яровую пшеницу, кукурузу, ячмень, подсолнечник, просо, овощи (Погода и климат, Сажин А. Н. и др., 2017).

На основе базы данных (База данных климатических...Кулик, 2023) рассчитаны показатели ГТК за период 2012-2022 гг. (таблица 1).

Таблица 1 – Значение ГТК на метеостанциях за 2012-2022 гг.

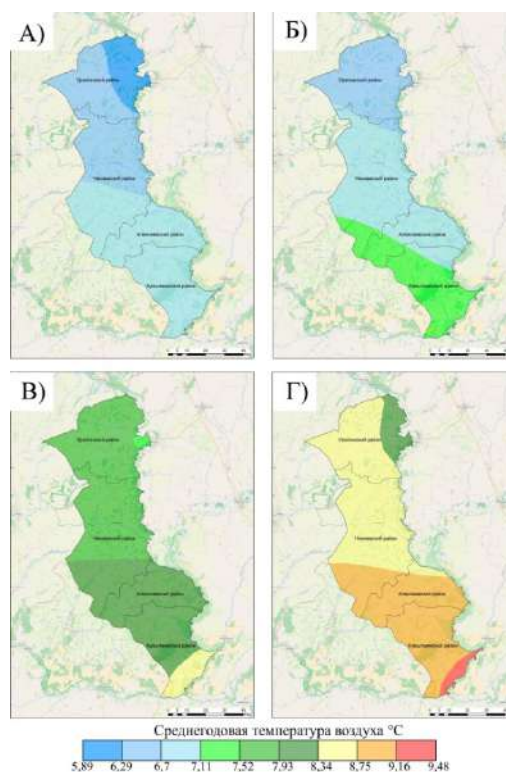
Table 1 – State Customs Committee indicators for 2012-2022.

Метеостанции / Weather stations	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Среднеголетний 2012-2022/ Long-term average
г. Урюпинск / Uryupinsk (№ 34240)	0,9	0,8	0,6	0,7	0,9	0,9	0,4	0,7	0,5	1,0	0,8	0,7
г. Серафимович / Serafimovich (№ 34357)	0,7	0,8	0,6	0,3	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	1,0	0,6	0,6
г. Новоаннинский / Novoanninsky (№ 34254)	1,4	0,8	0,6	0,6	1,0	0,8	0,7	0,7	0,9	0,8	1,0	0,8
Каменно-Степное сельское поселение / Kamenno-Stepnoye rural settlement (№ 34139)	1,1	1,3	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7	0,8	0,5	0,9	1,1	0,9
г. Борисogleбск / Borisoglebsk (№ 34146)	1,2	1,0	0,5	0,7	1,0	0,6	0,6	0,5	0,3	0,8	0,7	0,7
ст. Казанская / Kazanskaya (№ 34344)	1,0	0,8	0,5	0,3	1,2	0,9	1,2	1,0	0,7	0,8	1,1	0,9
г. Богучар / Boguchar (№34336)	0,7	0,9	0,8	0,4	1,0	0,8	0,7	1,0	0,5	0,7	0,8	0,8
ст. Боковская / Bokovskaya (№ 34445)	0,9	0,8	0,9	0,6	0,9	0,9	0,7	0,7	0,5	0,8	0,8	0,8
г. Калач / Kalach (№ 34247)	1,0	0,8	0,6	0,5	0,8	0,9	0,9	0,8	0,5	0,7	1,2	0,8
г. Фролово / Frolovo (№ 34356)	0,8	0,7	0,4	0,3	1,0	0,6	0,7	0,5	0,4	0,8	0,9	0,7

На территории исследования среднемноголетний ГТК за 2012-2022 гг. по характеру влагообеспеченности относится к «недостаточной» или «низкой (слабой засухи)». Засушливым можно отметить 2015 г., когда по данным с метеостанций в городах Серафимович и Фролово, а также в ст. Казанская – сильная засуха, а в городах Калач, Богучар, Новоаннинский и в ст. Боковская – средняя засуха. В 2020 г. сильная засуха отмечается в городах Борисоглебск и Фролово, а средняя засуха в городах Богучар, Калач, Серафимович, Урюпинск, ст. Боковская и Каменно-Степном сельском поселении. В периоды сильной засухи показатель суммы активных температур не сильно отклонялся от среднемноголетнего (2012-2022 гг.) значения, тогда как сумма осадков была значительно ниже среднего значения (База данных климатических...Кулик, 2023).

Практически вся Калачская возвышенность в пределах Волгоградской области по среднемноголетнему показателю ГТК относится к зоне «типичная степь», кроме показателей на метеостанциях в городах Фролово и Серафимович, относящихся к зоне «степь на южных черноземных и каштановых почвах».

Для оценки динамики изменения температуры проанализированы данные с метеостанций в период с 1964 по 2023 гг. (рисунок 5).



Условные обозначения: А – 1964-1979 гг.; Б – 1980-1995 гг.; В – 1996-2011 гг.; Г – 2012-2023 гг.

Рисунок 5 – Изменения среднегодовой температуры воздуха на территории Калачской возвышенности в пределах Волгоградской области

Figure 5 – Changes in average annual air temperature in the territory of the Kalachskaya Upland within the Volgograd Region

Минимальная среднегодовая температура за период с 1964 по 2023 гг. отмечена в Каменно-Степном сельском поселении в 1987 г. – 3,5 °С, тогда как максимальная температура зафиксирована в г. Серафимович в 2020 г. – 10,2 °С. Период с 1964 по 1979 гг. самый холодный. В последующие временные промежутки отмечается рост температур с юго-западным переносом. Во временной промежуток 1980-1995 гг. рост среднегодовой температуры составил 0,2-0,4 °С. Активный рост данного показателя отмечен в интервале 1996-2011 гг. и составил примерно 1 °С. В период с 2012 по 2023 гг. температура повысилась на 0,8-0,9 °С по сравнению с 1996-2011 гг.

В результате с 1964 по 2023 гг. отмечается постоянный рост среднегодовой температуры воздуха. Для определения тренда был построен график среднегодовой температуры воздуха с 1964 по 2023 гг. по данным с метеостанций, расположенных в городах Серафимович и Урюпинск (рисунок 6).

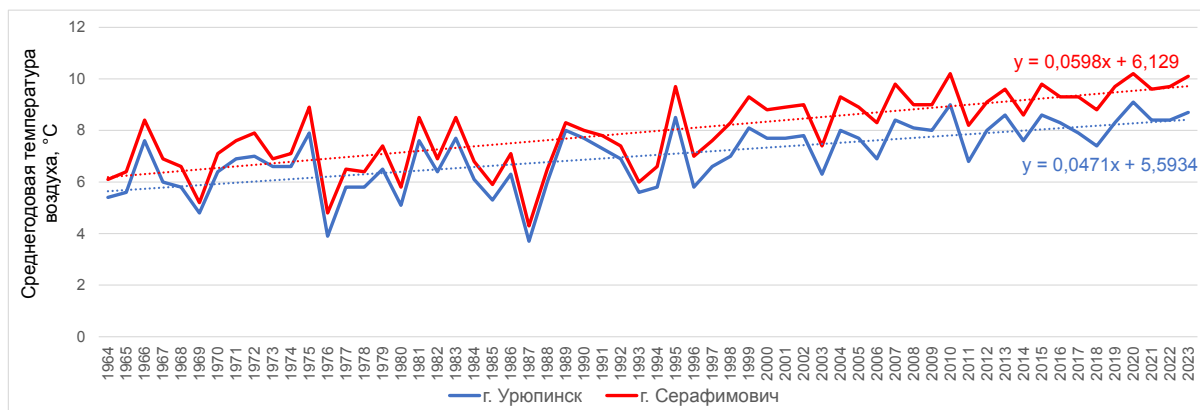
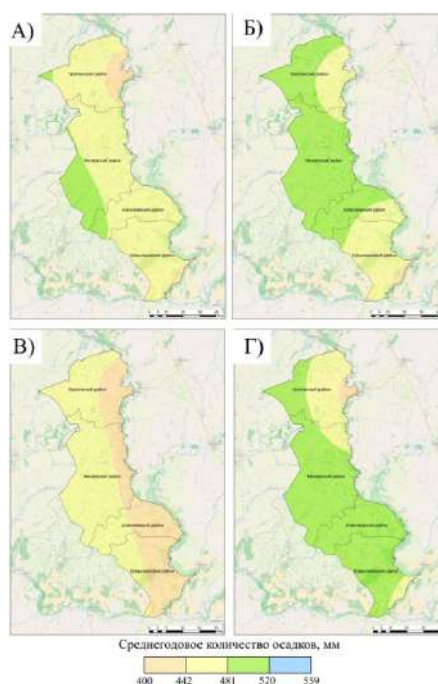


Рисунок 6 – График динамики среднегодовой температуры воздуха (°C) в период с 1964 по 2023 гг. по данным метеостанций городов Урюпинск и Серафимович

Figure 6 – Graph of the dynamics of average annual air temperature (°C) in the period from 1964 to 2023 according to weather stations in the cities of Uryupinsk and Serafimovich

В результате анализа среднегодовых температур на метеостанциях отмечена тенденция их увеличения. С 1964 г. тренд показывает рост температуры со скоростью 0,0598 °C в год в г. Серафимович и 0,0471 °C в г. Урюпинск. Данные показатели роста температур сопоставимы с проводимыми исследованиями и со средними показателями по России, по прогнозам современных сценариев о дальнейшем потеплении данный тренд сохранится [2, 3, 5, 8].

Для оценки динамики изменения количества осадков проанализированы данные с метеостанций в период с 1964 по 2023 гг. (рисунок 7).



Условные обозначения: А) 1964-1979 гг.; Б) 1980-1995 гг.; В) 1996-2011 гг.; Г) 2012-2023 гг.

Рисунок 7 – Изменения суммарного годового количества осадков на территории Калачской возвышенности в пределах Волгоградской области

Figure 7 – Changes in the total annual precipitation in the Kalachskaya Upland within the Volgograd region

Минимальная годовая сумма осадков зафиксирована в г. Серафимович – 182 мм в 1982 г, а максимум в г. Богучар – 778 мм в 1976 г. С 1964 по 2023 гг. в количестве выпавших осадков наблюдаются периоды. С 1964 по 1979 гг. отмечается более засушливый период по сравнению с 1980-1995 гг. С 1996 по 2011 гг. идет снова снижение среднегодового количества осадков, а в промежутке 2012-2023 гг. более увлажненный период.

Для изучения количества осадков был построен график изменения суммарного годового количества осадков по годам (1967-2023 гг.) на метеостанциях в г. Серафимович и г. Калач.

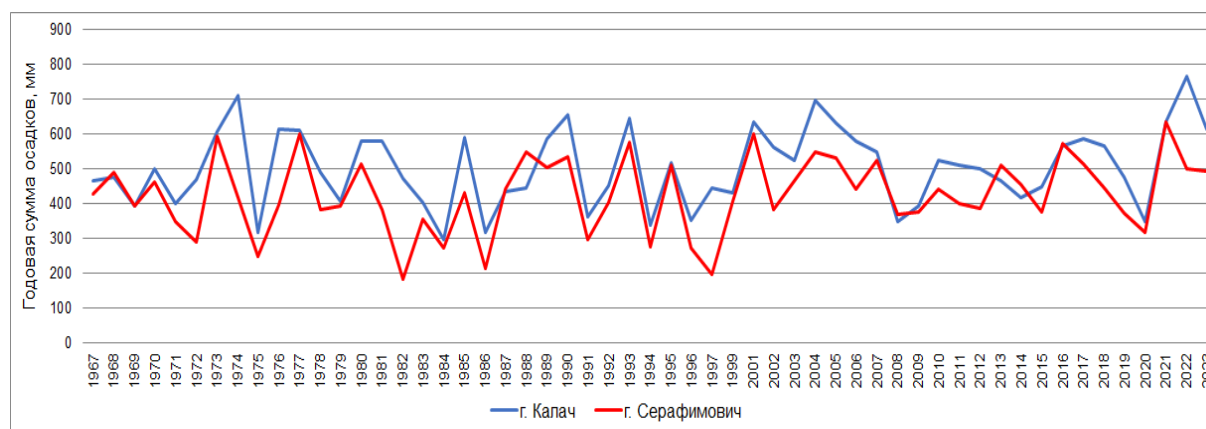


Рисунок 8 – График динамики суммарного годового количества осадков с 1967 по 2023 гг. по данным метеостанций городов Калач и Серафимович

Figure 8 – Graph of the dynamics of the total annual precipitation from 1967 to 2023 according to weather stations in the cities of Kalach and Serafimovich

За период с 1967 по 2023 гг. среднегодовое количество осадков в г. Калач составляет 503 мм, а г. Серафимович – 425 мм. Максимум осадков отмечен на метеостанции в г. Калач в 2022 г. – 765 мм, в г. Серафимович в 2021 – 634 мм. Минимум зафиксирован в г. Калач в 1984 г. и составил 295 мм, в г. Серафимович в 1982 г. – 182 мм. На графике видно, что количество осадков на исследуемой территории резко изменяется в отдельные годы. Засушливые годы оказывают существенное влияние на богарное земледелие, которое активно развито на Калачской возвышенности.

Заключение. На развитие природопользования влияет множество климатических факторов, для учета которых разработан широкий набор показателей, из которых обычно на практике выбирается несколько ведущих, таких как температура воздуха, количество осадков, сумма активных температур. Для количественных показателей климата используются различные климатические коэффициенты, например ГТК.

Одним из центров развития сельскохозяйственной деятельности в Волгоградской области является Калачская возвышенность. Среднегодовая температура за 2012-2022 гг. колеблется от 8 до 9,4 °С, изменяясь в широтном направлении. Максимум температур приходится на июль (от 22 до 24 °С), минимум на январь (от -6 до -5,5 °С). Годовая сумма осадков на территории исследования уменьшается в направлении с запада на восток с 542 до 437 мм. Сумма средних активных температур за промежуток 2012-2022 гг. колеблется в пределах 3200-3500 °С.

По результатам анализа агроклиматических условий рассматриваемая местность пригодна для выращивания сельскохозяйственных культур, таких как картофель, помидоры, горох, фасоль, озимые и яровые зерновые культуры, подсолнечник, кукуруза и многие другие (Погода и климат, Сажин А. Н. и др., 2017).

В результате анализа динамики основных климатических показателей определены основные особенности изменения за последние годы. С 1964 г. происходит увеличение среднегодовой температуры с 5,64-6,2 °С до 8,37-9,66 °С, что составляет примерно 0,04-0,06 °С в год. Для осадков характерны циклы, засушливые периоды – 1964-1979 гг. и 1996-2011 гг., а периоды увлажнения – 1980-1995 гг. и 2012-2023 гг.

Conclusions. The development of nature management is influenced by many climatic factors, for which a wide range of indicators has been developed, from which several leading ones are usually selected in practice, such as air temperature, precipitation amount, and the sum of active temperatures. Various climatic coefficients are used for quantitative climate indicators, for example, the GTC.

One of the centers for the development of agricultural activity in the Volgograd Region is the Kalach Upland. The average annual temperature for 2012-2022 fluctuates between 8 and 9.4 °C, changing in the latitudinal direction. The maximum temperature occurs in July (from 22 to 24 °C), the minimum in January (from -6 to -5.5 °C). The annual precipitation in the study area decreases from west to east from 542 to 437 mm. The sum of average active temperatures for the period 2012-2022 fluctuates within 3200-3500 °C.

According to the results of the analysis of agroclimatic conditions, the area in question is suitable for growing agricultural crops such as potatoes, tomatoes, peas, beans, winter and spring grain crops, sunflower, corn and many others (Weather and Climate, Sazhin A. N. et al., 2017).

As a result of the analysis of the dynamics of the main climatic indicators, the main features of the changes in recent years were determined. Since 1964, there has been an increase in the average annual temperature from 5.64-6.2 °C to 8.37-9.66 °C, which is approximately 0.04-0.06 °C per year. Precipitation is characterized by cycles, dry periods – 1964-1979 and 1996-2011, and humid periods – 1980-1995 and 2012-2023.

Библиографический список

1. Korneeva E. A., Belyaev A. I. Assessment of the Impact of Forest Reclamation Measures for the Adaptation of Agriculture to Climate Change in the South of the Russian Plain. Forests. 2023. V. 14. No 8. P. 1593.
2. Эдельгериев Р. С. Х., Иванов А. Л., Донник И. М. и др. Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство): Национальный доклад. М: ООО "Издательство МБА", 2021. Т. 3. 700 с.
3. Дмитриева В. А., Сушков А. И. Температурный режим Воронежской области в условиях меняющегося климата. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2023. № 2. С. 56-63. DOI 10.17308/geo/1609-0683/2023/2/56-63.
4. Пугачева А. М., Беляев А. И., Трубакова К. Ю., Ромадина О. Д. Региональные изменения климата в сухих степях и их связь с засухами. Аридные экосистемы. 2022. Т. 28, № 4(93). С. 13-21. DOI 10.24412/1993-3916-2022-4-13-21.
5. Актеньева Е. М., Алейникова А. М., Алексеев Г. В. и др. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: Национальный доклад. Санкт-Петербург: Издательство «Наукоемкие технологии», 2022. 676 с.
6. Иванов А. Л., Куст Г. С., Донник И. М. и др. Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство): Национальный доклад. М: Издательство МБА, 2019. 476 с.
7. Губарев Д. И., Левицкая Н. Г., Деревягин С. С. Влияние изменений климата на деградацию почв в аридных зонах Поволжья. Аридные экосистемы. 2022. Т. 28, № 1(90). С. 20-27. DOI 10.24412/1993-3916-2022-1-20-27.
8. Болгов И. А., Матвеев Ш., Маштаков Д. А. Геоинформационная оценка климатических условий Саратовской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. 1(73). 403-411. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-45.
9. Титкова Т. Б., Золотокрылин А. Н., Тарасова М. А. Соотношение тепла и влаги в сельскохозяйственных районах юга России в летний период при изменении климата. Метеорология и гидрология. 2023. № 9. С. 72-85.
10. Золотокрылин, А. Н. Черенкова Е. А., Титкова Т. Б. Биоклиматическая субгумидная зона на равнинах России: засухи, опустынивание/деградация. Аридные экосистемы. 2018. Т. 24, № 1(74). С. 13-20.
11. Тубалов А. А. Агроресомелиоративное картографирование ландшафтов, подверженных развитию эрозии. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4(68). С. 543-553.
12. Истомина С. А., Хныкин А. С. Геоинформационный анализ агроландшафтов Калачской возвышенности на примере полигона «Солонка». Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 3(75). С. 174-184. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-20.
13. Арчаков Д. И., Турчин Т. Я., Кулакова Е. С. Агроклиматические условия Казанско-Вешенского песчаного массива. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 3(75). С. 156-165. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-16.
14. Шумова, Н. А. Количественные показатели климата в приложении к оценке гидротермических условий в Республике Калмыкия. Аридные экосистемы. 2021. Т. 27, № 4(89). С. 13-24.
15. Юферев В. Г., Ткаченко Н. А. Динамика осадков и температуры в летний период на территории Волгоградского Заволжья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2(62). С. 467-474. DOI 10.32786/2071-9485-2021-02-46.
16. Карпович К. И., Шарипова Р. Б., Сабитов М. М. Агроклиматические показатели Ульяновской области. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 3(35). С. 9-13.
17. Шумова, Н. А. Анализ климатических условий в Республике Калмыкия за 1966-2017 гг. Аридные экосистемы. 2020. Т. 26, № 3(84). С. 23-29.
18. Пугачева А. М. Климатические флуктуации сухих степей и их роль в процессе демуляции. Аридные экосистемы. 2020. Т. 26, № 3(84). С. 14-22.

References

1. Korneeva E. A., Belyaev A. I. Assessment of the Impact of Forest Reclamation Measures for the Adaptation of Agriculture to Climate Change in the South of the Russian Plain. *Forests*. 2023. V. 14. No. 8. P. 1593.
2. Edelgeriev R. S. Kh., Ivanov A. L., Donnik I. M., et al. Global climate and soil cover of Russia: drought manifestations, prevention and control measures, mitigation of consequences and adaptation measures (agriculture and forestry): National report. Moscow: ООО "MBA Publishing House", 2021. Vol. 3. 700 p.
3. Dmitrieva V. A., Sushkov A. I. Temperature regime of the Voronezh region in a changing climate. *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geocology*. 2023. No. 2. P. 56-63. DOI 10.17308/geo/1609-0683/2023/2/56-63.
4. Pugacheva A. M., Belyaev A. I., Trubakova K. Yu., Romadina O. D. Regional climate changes in dry steppes and their relationship with droughts. *Arid ecosystems*. 2022. Vol. 28, No. 4(93). P. 13-21. DOI 10.24412/1993-3916-2022-4-13-21.
5. Akentyeva E. M., Aleinikova A. M., Alekseev G. V., et al. Third Assessment Report on Climate Change and its Consequences in the Russian Federation: National Report. St. Petersburg: Science-Intensive Technologies Publishing House, 2022. 676 p.
6. Ivanov A. L., Kust G. S., Donnik I. M., et al. Global climate and soil cover of Russia: desertification and land degradation, institutional, infrastructural, technological adaptation measures (agriculture and forestry): National report. Moscow: MBA Publishing House, 2019. 476
7. Gubarev D. I., Levitskaya N. G., Derevyagin S. S. The impact of climate change on soil degradation in arid zones of the Volga region. *Arid ecosystems*. 2022. Vol. 28, No. 1(90). P. 20-27. DOI 10.24412/1993-3916-2022-1-20-27.
8. Bolgov I. A., Matveev Sh., Mashtakov D. A. Geoinformation assessment of climatic conditions of the Saratov region. *News of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2024. 1(73). 403-411. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-45.
9. Titkova T. B., Zolotokrylin A. N., Tarasova M. A. Heat and moisture ratio in agricultural areas of southern Russia in summer under climate change. *Meteorology and hydrology*. 2023. No. 9. P. 72-85.
10. Zolotokrylin, A. N. Cherenkova, E. A., Titkova T. B. Bioclimatic subhumid zone on the plains of Russia: droughts, desertification/degradation. *Arid ecosystems*. 2018. Vol. 24, No. 1(74). P. 13-20.
11. Tubalov A. A. Agroforestry mapping of landscapes subject to erosion. *News of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2022. No. 4(68). P.543-553.
12. Istomin S. A., Khnykin A. S. Geoinformation analysis of agrolandscapes of the Kalach Upland using the Solonka landfill as an example. *News of the Lower Volga Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2024. No. 3(75). P.174-184. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-20.
13. Archakov D. I., Turchin T. Ya., Kulakova E. S. Agroclimatic conditions of the Kazan-Veshensky sand massif. *News of the Lower Volga Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2024. No. 3(75). P. 156-165. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-16.
14. Shumova, N. A. Quantitative climate indicators in application to the assessment of hydrothermal conditions in the Republic of Kalmykia. *Arid ecosystems*. 2021. Vol. 27, No. 4(89). P. 13-24.
15. Yuferov V. G., Tkachenko N. A. Dynamics of precipitation and temperature in summer in the Volgograd Trans-Volga region. *News of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2021. No. 2(62). P. 467-474. DOI 10.32786/2071-9485-2021-02-46
16. Karpovich K. I., Sharipova R. B., Sabitov M. M. Agroclimatic indicators of the Ulyanovsk region. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2016. No. 3 (35). P. 9-13.
17. Shumova, N. A. Analysis of climatic conditions in the Republic of Kalmykia for 1966-2017. *Arid ecosystems*. 2020. Vol. 26, No. 3 (84). P. 23-29.
18. Pugacheva A. M. Climatic fluctuations of dry steppes and their role in the demutation process. *Arid ecosystems*. 2020. Vol. 26, No. 3(84). P. 14-22.

Информация об авторах

Кулик Константин Николаевич, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов, Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), профессор Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Волгоградский государственный университет" ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7124-8116>, e-mail: kulikn@yandex.ru

Истомин Сергей Александрович, младший научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), аспирант Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Волгоградский государственный университет". ORCID: 0000-0003-1511-832X, e-mail: istomin-s@vfanc.ru

Лебедева Татьяна Николаевна, младший научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: 0000-0002-5271-9768, e-mail: lebedeva-t@vfanc.ru

Author's Information

Kulik Konstantin Nikolaevich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), Professor of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Volgograd State University", ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7124-8116>, e-mail: kulikn@yandex.ru

Istomin Sergey Aleksandrovich, Junior Researcher in the Laboratory of Hydrology of Agroforestry Landscapes of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), post-graduate student of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Volgograd State University", ORCID: 0000-0003-1511-832X, e-mail: istomin-s@vfanc.ru

Lebedeva Tatyana Nikolaevna, Junior Researcher in the Laboratory of Hydrology of Agroforestry Landscapes of the Federal State Budgetary Scientific Institution "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: 0000-0002-5271-9768, e-mail: lebedeva-t@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-02

ECOLOGICAL STABILITY OF POTATO VARIETIES OF DIFFERENT GEOGRAPHICAL ORIGIN CULTIVATED ON LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE NORTH-WESTERN CASPIAN REGION

Tyutyuma N. V., Tyutyuma A. V., Bondarenko A. N.

*Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Solenoe Zaymische, Astrakhan Region, Russian Federation*

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

Received 12.09.2024

Submitted 10.11.2024

***The research was conducted within the framework of the research topic 2022...2024. FNMW-2022-0012
"To develop improved zonal resource-saving agrotechnologies that ensure an increase in soil fertility, crop productivity and product quality in the natural and climatic conditions of the Northern Caspian region"***

Summary

The results of cultivation of various potato varieties on light chestnut soil with drip irrigation method are presented. Promising varieties have been identified that contribute to the formation of high yields of the studied crop.

Abstract

Introduction. Potatoes occupy an important place among vegetable crops and occupy the third position after rice and wheat in terms of importance in the food industry. One of the main advantages of potatoes is its high yield potential. Currently, the introduction of high-yielding potato varieties with high adaptation potential in Russia contributes to the stabilization and growth of potato production in various geographical areas with different levels of humidity and thermal regime. An important requirement for potato varieties is their ability to be highly environmentally adaptable and individually adaptable to changes in the environment. The main purpose of this study was to study the time required for the ecological degeneration of potato planting material from the super elite to the first reproduction, depending on the varieties. **Object.** Potato varieties: Gulliver, Openwork, Nevsky, Leader, Handsome, Red Scarlet, Bullfinch, Impala, Courtney, Miami, Luck. **Materials and methods.** An assessment of the reaction of 11 potato varieties from the collection of the Leningrad Research Institute of Agricultural Sciences "BELOGORKA" – a branch of the Federal State Budgetary Educational Institution "FITZ Potatoes named after A. G. Lorch", and the agrofirma LLC "Sedek", to sudden changes in climatic conditions – in this case, to high summer temperatures and drought during cultivation, will help determine the most suitable varieties for each farm, whether it is a peasant or a private subsidiary farm. In this experiment, the agricultural technology of cultivation of the studied crop was based on the already existing zonal recommendation for the Lower Volga region for potato cultivation. **Results and conclusions.** This paper presents the results of field studies conducted on an experimental irrigated area during 2021...2023. The soil of the experimental site is represented by a light chestnut saline type. According to the results of the work carried out, it was found that by the third year of using the planting material, most varieties showed a decrease in yield by about 50% due to a significant decrease in the number and weight of tubers from the bush, as well as a reduction in the average weight from the bush. Even the most productive varieties in the first year of use do not guarantee environmental sustainability and preservation of the initial yield level. The smallest decrease in the average weight of one tuber was observed in three years in the varieties Red Scarlet – 46.9%, Leader – 44.8% and Handsome – 42.6%.

Keywords: *potato varieties, potato cultivation, soil conditions of cultivation, potato growing, potato yield.*

Citation. Tyutyuma N. V., Tyutyuma A. V., Bondarenko A. N. Ecological stability of potato varieties of different geographical origin cultivated on light chestnut soils of the north-western Caspian region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 24-32 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-02.

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 635.21:631.445.51(470.46)

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ РАЗЛИЧНОГО
ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ, ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ
НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ****Тютюма Н. В., доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН****Тютюма А. В.****Бондаренко А. Н., доктор сельскохозяйственных наук**ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»
с. Солёное Займище, Астраханская область, Российская Федерация*Исследования проведены в рамках тематики НИР 2022...2024 гг. FNMW-2022-0012**«Разработать усовершенствованные зональные ресурсосберегающие агротехнологии, обеспечивающие повышение плодородия почвы, продуктивности сельскохозяйственных культур и качества продукции в природно-климатических условиях Северного Прикаспия»*

Актуальность. Картофель занимает важное место среди овощных культур и занимает третью позицию после риса и пшеницы по значимости в пищевой отрасли. Одним из основных преимуществ картофеля является высокий потенциал урожайности. В настоящее время внедрение в производство высокоурожайных сортов картофеля с высоким потенциалом адаптации на территории России способствует стабилизации и росту производства картофеля в различных географических зонах с различным уровнем влажности и теплового режима. Важным требованием к сортам картофеля является их способность к высокой экологической адаптации и индивидуальной приспособляемости к изменениям в окружающей среде. Основная цель данного исследования заключалась в изучении времени, необходимого для экологического вырождения посадочного материала картофеля от суперэлиты до первой репродукции в зависимости от сортов. **Объект изучения.** Сорта картофеля: Гулливер, Ажур, Невский, Лидер, Красавчик, Ред Скарлет, Снегирь, Импала, Кортни, Майами, Удача. **Материалы и методы.** Оценка реакции 11 сортов картофеля из коллекции ФГБНУ Ленинградский НИИСХ «БЕЛОГОРКА» – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха» и агрофирмы ООО «Седек» на резкие изменения климатических условий, в данном случае – на высокие летние температуры и засуху в процессе выращивания поможет определить наиболее подходящие сорта для каждого хозяйства, будь то крестьянское или личное подсобное хозяйство. В данном эксперименте агротехника возделывания изучаемой культуры опиралась на уже действующую зональную рекомендацию для Нижневолжского региона при возделывании картофеля. **Результаты и выводы.** В данной работе приведены результаты полевых исследований, проведенных на опытном орошаемом участке в течение 2021...2023 гг. Почва экспериментального участка представлена светло-каштановым солонцеватым типом. По итогам проведенной работы было установлено, что к третьему году использования посадочного материала большинство сортов показало снижение урожайности примерно на 50% из-за значительного уменьшения числа и веса клубней с куста, а также сокращения средней массы с куста. Даже самые продуктивные сорта на первом году использования не гарантируют экологическую устойчивость и сохранение первоначального уровня урожайности. Наименьшее снижение средней массы одного клубня отмечено за три года у сортов Ред Скарлет – 46,9%, Лидер – 44,8% и Красавчик – 42,6%.

Ключевые слова: сорта картофеля, возделывание картофеля, почвенные условия возделывания, картофелеводство, урожайность картофеля.

Цитирование. Тютюма Н. В., Тютюма А. В., Бондаренко А. Н. Экологическая устойчивость сортов картофеля различного географического происхождения, возделываемых на светло-каштановых почвах Северо-Западного Прикаспия. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 24-32. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-02.

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. Картофель является одной из основных культур в сельском хозяйстве [1, 5, 6, 9]. В мировом производстве продукции растениеводства он занимает одно из первых мест наряду с пшеницей, рисом и кукурузой [2-4, 7, 8, 10].

Согласно информации Росстата, в 2023 году 1,32% общей посевной площади было занято именно под данной культурой. Несмотря на сокращение посевных площадей на 13 тысяч гектаров в прошлом году, урожай картофеля вырос на более чем 9%, достигнув 20,5 миллионов тонн.

График 1. Посевные площади картофеля в разрезе категорий хозяйств, тыс. га



График 2. Валовой сбор картофеля в разрезе категорий хозяйств, млн т



(<https://www.agroxxi.ru/analiz-rynka-selskhozjaistvennyh-tovarov/analiz-rynka-uvelichenieproizvodstva-kartofelja-nesmotrja-na-sokraschenie-ploschadei.html>)

С учетом современных высокоурожайных сортов, эффективных средств защиты растений и инновационных технологий для аридных районов Северо-Западного Прикаспия, важным остается вопрос об экологической устойчивости этих сортов. Как известно, южные регионы России, в том числе и Астраханская область, по почвенным и природно-климатическим условиям относятся к третьей зоне сортообновления.

Территория Северо-Западного Прикаспия отличается низким уровнем влажности, чрезвычайно высокими летними температурами и сильным вырождением сортов картофеля за счет поражения вирусными инфекциями.

С учетом современных стандартов новой системы семеноводства были установлены и четко ограничены сроки допустимого применения потенциальных способностей высококачественных клубней. Хозяйства для выращивания товарного картофеля должны использовать семенной материал не ниже III-V репродукций. Срок сортообновления по зонам различен: для III-ей зоны, в которую входит и Астраханская область, – не более 4 лет.

Научной информации по экологической устойчивости и вырождению сортов картофеля практически нет.

Не каждый фермер или эксперт может точно сказать, как долго новый перспективный сорт будет сохранять свою продуктивность и когда нужно прекратить его размножение или заменить его на более устойчивый к вредителям и болезням. На орошаемом опытном поле ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» сортоизучением и интродукцией новых сортов картофеля в отделе земледелия и комплексной мелиорации занимаются уже в течение последних 18 лет. Ранее большой вклад в изучение данного направления внесла к.с.-х.н. Мухортова Т. В. На сегодняшний день за этот период изучено более 60 сортов картофеля различных научных организаций (ФГБНУ Ленинградский НИИСХ «БЕЛОГОРКА» – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха» и агрофирмы ООО «Седек».

Полевые эксперименты проводились на орошаемом участке. Почвы светло-каштановые, легкие, суглинистые по гранулометрическому составу. В пахотном слое (0-25 см) содержится до 1,1% гумуса, реакция почвенного раствора близка к нейтральной (рН 7,2-7,6). Изучение экологической устойчивости проводилось на группе коммерческих сортов в течение трех лет (2021...2023 гг.), начиная с суперэлиты (2021 г.) и заканчивая первой репродукцией (2023 г.).

Цель проведения полевых исследований заключалась в изучении продолжительности процесса экологического вырождения посадочного материала картофеля, начиная от сортов суперэлиты до первой репродукции.

В рамках исследования были поставлены следующие **задачи**:

- оценка фитосанитарного состояния посадок картофеля в каждой новой репродукции;

- определение снижения общей урожайности клубней картофеля в первой и последующих репродукциях;

- выявление негативных изменений в структуре урожая в зависимости от новой репродукции, связанных с экологическим вырождением.

В полевом эксперименте была выбрана следующая схема размещения: клубни высаживались на расстоянии 35 см друг от друга в ряду и располагались в шахматном порядке по обе стороны от капельной ленты, что способствовало лучшему освещению растений. Таким образом, схема сева выглядела следующим образом: 1,4 м x 0,35 м с нормой посадки 50,0 тысячи клубней на гектар.

Материалом изучения служили сорта картофеля отечественной селекции для коммерческого использования: Гулливер, Ажур, Невский, Гулливер, Лидер, Красавчик, Ред Скарлет, Снегирь, Импала, Кортни, Майами, Удача и сорта коллекции агрофирмы «СЕ-ДЕК». Каждый сорт был высажен в 4-х кратной повторности для большей точности и достоверности проведения статистической обработки урожайных данных.

Методы исследования – общепринятые в растениеводстве (Методика исследований по культуре картофеля. М.: НИИКХ, 1967. 263 с.; Белик В. Ф., Бондаренко Г. А. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве. – М., 1979. 210 с.; Белик В. Ф., Советкина В. Е. Овощеводство. – М.: Колос. – 1981. 380 с.; Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. – М.: ВНИИ овощеводства, 2011. 648 с.; Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск четвертый картофель, овощные и бахчевые культуры. М.: «Министерство сельского хозяйства РФ». 2015. 61 с.



Рисунок 1 – Посадка картофеля
Figure 1 – Planting potatoes



Рисунок 2 – Цветение картофеля
Figure 2 – Potato blooming

Плотность посадок картофеля оценивалась дважды на протяжении вегетационного периода: при всходах (75%) и перед сбором урожая. Также проводили визуальный анализ фитосанитарного состояния картофеля, ориентируясь на выпадение больных и ослабленных растений. Оценивались степень поражения посадочных материалов вирусами, основываясь на выявлении нитевидных ростков. Перед высадкой осуществлялась выбраковка зараженных экземпляров. Для проведения опытов отбирались клубни, не имеющие явных признаков болезни. После их выкопки клубни помещались в специальное хранилище, где сохранялись до следующего года для дальнейшего исследования.

В процессе работы с посадочным материалом картофеля использовали сорта в течение трех лет, начиная с суперэлита и заканчивая первой репродукцией. Этот подход позволяет максимально сохранить генетическую чистоту и высокие агрономические характеристики сорта. Перед посадкой осуществлялся тщательный отбор семенных клубней, который проводился визуально. При этом особое внимание уделялось здоровью ростков: на посадку оставлялись исключительно клубни с крепкими, хорошо развитыми ростками.

Клубни, у которых наблюдались тонкие, нитевидные ростки, выбраковывались, так как они могли быть поражены вирусными заболеваниями, что могло негативно сказаться на урожайности и качестве картофеля.

Для более точного учета поражаемости вирусными инфекциями проводился мониторинг на 100 клубнях каждого сорта, и эта процедура повторялась трижды. Результаты фиксировались в процентном соотношении, что позволяло получить более полное представление о состоянии посадочного материала.

Результаты исследований и их обсуждение. Важно отметить, что в мае среднесуточная температура воздуха не превышала +19,8 °С. Также, в среднем за месяц, относительная влажность воздуха составила 38,4%, при этом сумма активных температур выше 10°С была равной +633,5 °С (таблица 1).

Уже в июне, среднесуточная температура воздуха составляла в среднем + 23,5 °С. При этом надо учитывать, что за данный месяц температура воздуха изменялась от +11,2 °С до +32,6 °С. За июнь сумма осадков была равной всего 11,9 мм. Относительная влажность воздуха составляла 33,5%. В июле среднесуточная температура воздуха доходила до уровня +28,0 °С. Относительная влажность воздуха 52,0%. Последний месяц лета – август тоже отличался достаточно низким количеством осадков – 4,4 мм. Среднесуточная температура воздуха в данный период времени варьировала от +19,8 до +27,5 °С. По результатам проведенной оценки можно заключить, что практически по каждому сорту на новой репродукции отмечено увеличение инфицированного посадочного материала. Снижение урожайности на второй год изучения показало, что максимальная потеря урожая 22,4 т/га была у сорта Удача, 21,4 т/га была у сорта Гливер и 20,0 т/га у сорта Кортни. В процентном соотношении урожайности снижение выглядело следующим образом. Максимальное снижение относительно 2021 года к 2022 году было зафиксировано у сорта Гулливер – 40,4% и у сорта Удача – 34,0%.

Таблица 1 – Агрометеорологические условия вегетационного периода, среднее за 2021...2023 гг.

Table 1 – Agrometeorological conditions of the growing season, average for 2021...2023

Месяц / Month	Температура воздуха среднесуточная, °C / Daily average air temperature, °C				Осадки, мм / Precipitation, mm				Σ активных температур > 10 °C, °C / Active temperature range > 10 °C, °C				Относи- тельная влажность воздуха, % / Relative humidity, %
	I	II	III	Среднее за месяц / Monthly average	I	II	III	За месяц / Per month	I	II	III	За месяц / Per month	Среднее за месяц / Monthly average
Май / May	18,1	20,7	20,6	19,8	-	-	-	-	199,8	206,7	227,0	633,5	38,4
Июнь / June	18,6	22,8	29,1	23,5	11,9	-	-	11,9	185,8	228,4	290,6	704,8	33,5
Июль / July	26,8	27,0	30,0	28,0	23,7	10,6	6,0	40,3	268,9	269,5	296,6	835,0	52,0
Август / August	22,6	25,7	25,1	24,5	3,3	1,1	0	4,4	226,9	257,7	250,6	735,2	41,0
За вегета- ционный период / During the growing season	24,0				56,6				908,5				41,2

При дальнейшем использовании посадочного материала репродукции элита (в 2022 г.) наблюдалось абсолютное снижение урожайности у этих сортов. Более полная картина экологического вырождения сортов картофеля отражена в результатах изучения в таблице 1. Еще более существенный недобор урожая из-за экологической неустойчивости отмечен на

третий год изучения. Максимальное снижение урожайности уже в 2023 году по сравнению с 2021 годом было отмечено у сортов Ред Скарлет – 67,8%, Невский – 46,9% и Лидер – 46,1% (таблица 2).



Рисунок 3 – Картофель сорт Майами
Figure 3 – Miami potato variety



Рисунок 4 – Картофель сорта Ажур
Figure 4 – Potatoes of the Openwork variety

Таблица 2 – Биологическая урожайность сортов картофеля и их экологическое вырождение, в зависимости от генерации за период исследований 2021...2023 гг.
Table 2 – Biological yield of potato varieties and their ecological degeneration, depending on generation during the research period 2021...2023

№ п/п	Сорт / Variety	Урожайность, т/га / Yield, t/ha		Снижение урожайности на 2-й год / Yield reduction for the 2nd year		Урожайность в 2023 г., I репрод, т/га / Yield in 2023, t/ha	Снижение урожайности по сравнению с 2021 г. / Lower yields compared to 2021	
		2021 г. супер-элита / The super elite	2022 г. элита / 2022 Elite	т/га / t/ha	%		т/га / t/ha	%
ФГБНУ ФИЦ картофеля имени А.Г.Лорха / FGBNU FITZ potato named after A.G.Lorch	Гулливвер / Gulliver	52,4	31,0	21,4	40,4	15,2	37,2	29,0
	Ред Скарлет / Red Scarlet	55,2	45,1	10,1	18,3	21,1	34,1	67,8
	Невский / Nevsky	48,0	47,7	0,3	0,6	22,5	25,5	46,9
	Снегирь / Snegir	54,3	44,5	9,8	18,1	18,9	35,4	34,0
	Кортни / Courtney	61,3	41,3	20,0	32,6	17,1	44,2	27,0
ООО «СеДеК» / SeDeK LLC	Импала / Impala	49,8	34,2	15,6	31,3	15,9	33,9	31,9
	Майами / Miami	54,8	44,4	10,4	18,9	17,2	37,6	31,4
	Лидер / Leader	12,8	9,3	3,5	27,3	5,9	6,9	46,1
	Удача / Udacha	65,9	43,5	22,4	34,0	23	42,9	34,9
	Ажур / Azhur	66,5	63,7	2,8	4,2	24,5	42,0	36,8
	Красавчик / Krasavchik	34,0	21,4	12,6	37,1	12,9	21,1	38,2
НСР₀₅		1,86	1,44			0,82		

Таблица 3 – Характеристика основных элементов структуры урожая картофеля,
в зависимости от репродукции, 2021...2023 гг.
Table 3 – Characteristics of the main elements of the potato crop structure, depending on reproduction, 2021...2023

Сорт / Variety	Высота растений, см / Plant height, cm			2021 г.		2022 г.		2023 г.		Средняя масса одного клубня, г./ The average weight of one tuber, g.			Снижение средней массы клуб. в 2021 г. относительно 2023 г./ Reduction of club weight in 2021. regarding 2023	
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Клубней с куста / Tubers from the bush		Клубней с куста / Tubers from the bush		Клубней с куста / Tubers from the bush		2021 г.	2022 г.	2023 г.	г./g.	%
				Кол-во, шт. / Quantity, pcs	Вес, г. / Weight, g.	Кол-во, шт. / Quantity, pcs	Вес, г. / Weight, g.	Кол-во, шт. / Quantity, pcs	Вес, г./ Weight, g.					
Гулливер / Gulliver	65,2	62,0	59,4	8,8	1034,0	5,3	604,5	5,6	293,5	118,1	115,3	52,2	65,9	55,8
Ред Скарлет / Red Scarlet	62,8	63,8	62,0	8,4	825,3	7,1	669,8	7,2	411,5	107,1	94,1	56,9	50,2	46,9
Невский / Nevsky	74,7	76,2	72,5	12,1	946,7	8,8	773,8	7,5	439,5	119,0	87,7	58,4	60,6	50,9
Снегирь / Snegir	70,7	69,0	68,4	13,8	1071,7	9,4	874,5	7,7	367,5	93,8	88,5	47,5	46,3	49,4
Кортни / Courtney	82,6	80,9	79,1	11,4	1400,7	10,9	1211,7	9,0	331,5	123,5	110,9	36,6	86,9	70,4
Импала / Impala	94,6	85,7	84,4	9,2	983,3	7,0	573,8	6,6	307,5	114,2	81,4	46,4	67,8	59,4
Майами / Miami	92,9	88,9	86,7	13,9	1081,9	9,6	873,5	8,1	333,5	91,7	88,5	40,9	50,8	55,3
Лидер / Leader	69,1	70,0	64,3	7,2	243,7	6,0	219,5	5,4	107,5	35,7	36,4	19,7	16,0	44,8
Удача / Udacha	68,8	63,7	62,6	12,2	1423,9	9,0	855,9	8,7	449,5	128,0	94,6	51,4	76,6	59,8
Ажур / Azhur	70,5	68,8	66,4	10,3	1317,1	10,1	1258,5	8,9	479,5	136,0	121,9	53,6	82,4	60,6
Красавчик / Krasavchik	80,7	78,9	77,1	8,0	665,9	5,8	413,5	5,0	247,5	85,9	71,1	49,3	36,6	42,6

Как видим, практически все изучаемые сорта подвержены экологическому вырождению в значительной степени на третий год посадки клубнями первой репродукции. Как отразился этот процесс на изменении элементов структуры урожая, представлено в таблице 3.

Многолетние исследования урожайности картофеля выявили тревожную тенденцию к снижению продуктивности у большинства изученных сортов. Анализ данных за три года (2021-2023) показал значительное уменьшение как количества клубней на кусте, так и их средней массы. В 2021 году сорт Майами демонстрировал максимальное количество клубней – 13,9 штук на куст. Однако к 2023 году эта цифра значительно снизилась: у сорта Красавчик – до 5,0 клубней, а у сорта Лидер – до 5,4. Это указывает на серьезные проблемы, связанные с истощением почвы, возможностью накопления болезней и вредителей, а также недостатком питательных веществ, которые не компенсируются современными агротехническими методами.

Также отрицательно выглядит ситуация с уменьшением средней массы клубней. Наиболее существенное снижение (70,4%) зафиксировано у сорта Кортни. Аналогичная картина наблюдается у сортов Ажур (60,2%), Удача (59,8%), Импала (59,4%), Гулливер (55,8%) и Майами (55,3%). Эти данные свидетельствуют о том, что генетический потенциал этих сортов не способен компенсировать негативные факторы окружающей среды. Важно отметить, что подобное снижение урожайности может быть связано не только с биологическими факторами, но и с изменением климата – частые засухи, экстремальные температуры и изменение режима осадков могут значительно повлиять на развитие клубней.

В то же время, некоторые сорта продемонстрировали относительно меньшее снижение средней массы клубня: Ред Скарлет (46,9%), Лидер (44,8%) и Красавчик (42,6%). Однако и эти показатели свидетельствуют о существенном снижении урожайности. Это подчёркивает необходимость разработки новых, более устойчивых сортов, которые способны противостоять неблагоприятным условиям и сохранять продуктивность на протяжении длительного периода.

Выводы. В связи с выше изложенным рекомендуется в случае трехлетнего использования (от суперэлиты до первой репродукции) сортового посадочного материала в условиях аридной зоны Северо-Западного Прикаспия и повышенной солнечной инсоляции в вегетационный период картофеля, использовать на товарные цели сорта с биологической урожайностью выше 50,0 т/га. На семенные цели использовать от суперэлиты до I репродукции только самые экологически устойчивые такие, как: Красавчик, Лидер, Ред Скарлет.

Возможно, длительное культивирование одних и тех же сортов приводит к накоплению негативных мутаций и снижению генетического разнообразия, что делает растения более уязвимыми к болезням и стрессовым факторам.

Поиск устойчивых к различным стресс-факторам сортов является приоритетной задачей. Включение в исследование показателей устойчивости к фитофторозу, парше, вирусам и нематодам дало бы более полную картину и помогло бы в создании стратегии устойчивого картофелеводства. Необходимо комплексное изучение проблемы, сочетающее полевые эксперименты, лабораторные анализы и моделирование. Только такой подход позволит разработать эффективные меры по предотвращению дальнейшего снижения урожайности картофеля.

Conclusions. In connection with the above, it is recommended in the case of three-year use (from super elite to the first reproduction) of varietal planting material in the arid zone of the North-western Caspian Sea and increased solar insolation during the growing season of potatoes, to use varieties with biological yields above 50.0 t/ha for commercial purposes. For seed purposes, use from the super elite to the First reproduction only the most environmentally sustainable such as: Handsome, Leader, Red Scarlet. Perhaps prolonged cultivation of the same varieties leads to the accumulation of negative mutations and a decrease in genetic diversity, which makes plants more vulnerable to diseases and stress factors. The search for varieties resistant to various stress factors is a priority task. The inclusion of indicators of resistance to fluorosis, scab, viruses and nematodes in the study would give a more complete picture and could help in creating a strategy for sustainable potato production. A comprehensive study of the problem is needed, combining field experiments, laboratory analyses and modeling. Only such an approach will make it possible to develop effective measures to prevent further reduction in potato yields.

Библиографический список

1. Бондаренко А. Н. Усовершенствованные способы возделывания сортов среднеспелого картофеля в условиях Северо-Западного Прикаспия. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 53-65.
2. Бондаренко А. Н., Мухортова Т. В., Мягкова Е. Г. Возделывание картофеля при совместном капельном и спринклерном орошении - перспективная инновация для крестьянско-фермерских хозяйств аридной зоны. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4 (44). С. 97-105.
3. Васильев А. А. Влияние сбалансированного питания, протравливания и сроков посадки картофеля на урожайность и качество клубней. Земледелие. 2021. № 2. С. 22-26.
4. Мальцев С. В. Об эффективности обработки семенных клубней картофеля этиленом. Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 1. С. 44-53.
5. Плещачёв Ю. Н., Роменская О. Н. Влияние микробиологических удобрений азотовит и фосфатовит на продуктивность картофеля в Нижнем Поволжье. Аграрный научный журнал. 2018. № 1. С. 24-26.
6. Спиридонов А. М., Бронштейн П. М., Рачеева А. И. Влияние новых удобрений на урожайность и качество картофеля. Аграрная Россия. 2020. № 2. С. 3-6.
7. Тиранова Л. В., Тиранов А. Б., Григорьев А. В. Ресурсосберегающая технология возделывания картофеля на дерново-подзолистой почве в условиях Новгородской области. Аграрная Россия. 2019. № 3. С. 3-6.
8. Gaj R., Murawska B., Fabisiak-Spychaj E., et al. The impact of cover crops and foliar application of micro-nutrients on accumulation of macronutrients in potato tubers at technological maturity stage. European journal of horticultural science. 2018. No 83 (6). Pp. 345-355.
9. Rittl T., Grønmyr F., Bakken I., Løes A.-K. Effects of organic amendments and cover crops on soil characteristics and potato yields. Acta Agriculturae Scandinavica. Section B - Soil & Plant Science. 2023. V. 73. Pp. 13-26.
10. Vejchar D., Stehlik M., Mayer V. Influence of tied ridging technology on the rate of surface runoff and erosion in potato cultivation. Agronomy Research. 2017. No 15 (5). Pp. 2207-2216.

References

1. Bondarenko A. N. Improved methods of cultivation of varieties of mid-season potatoes in the conditions of the North-Western Caspian region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 1 (69). Pp. 53-65.
2. Bondarenko A. N., Mukhortova T. V., Myagkova E. G. Potato cultivation with joint drip and sprinkler irrigation – a promising innovation for peasant farms of the arid zone. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2016. № 4 (44). Pp. 97-105.
3. Vasilyev A. A. Effect of Balanced Nutrition, Dressing and Planting Dates of Potatoes on Tuber Yield and Quality. Agriculture. 2021. № 2. Pp. 22-26.
4. Maltsev S. V. On the effectiveness of treatment of seed tubers of potatoes with ethylene. Agricultural biology. 2021. V. 56. № 1. Pp. 44-53.
5. Pleskachev Y. N., Romenskaya O. N. Effect of microbiological fertilizers azotovite and phosphatovite on potato productivity in the Lower Volga region. Agrarian Scientific Journal. 2018. № 1. Pp. 24-26.
6. Spiridonov A. M., Bronstein P. M., Racheeva A. I. Effect of new fertilizers on potato yield and quality. Agrarian Russia. 2020. № 2. Pp. 3-6.
7. Tiranova L. V., Tiranov A. B., Grigoriev A. V. Resource-saving technology of potato cultivation on sod-podzolic soil in the Novgorod region. Agrarian Russia. 2019. № 3. Pp. 3-6.
8. Gaj R., Murawska B., Fabisiak-Spychaj E., et al. The impact of cover crops and foliar application of micronutrients on accumulation of macronutrients in potato tubers at technological maturity stage. European journal of horticultural science. 2018. No 83 (6). Pp. 345-355.
9. Rittl T., Grønmyr F., Bakken I., Løes A.-K. Effects of organic amendments and cover crops on soil characteristics and potato yields. Acta Agriculturae Scandinavica. Section B – Soil & Plant Science. 2023. V. 73. Pp. 13-26.
10. Vejchar D., Stehlik M., Mayer V. Influence of tied ridging technology on the rate of surface runoff and erosion in potato cultivation. Agronomy Research. 2017. No 15 (5). Pp. 2207-2216.

Информация об авторах

Тютюма Наталья Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, директор ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, кв. Северный, д. 8), e-mail: pniiiaz@mail.ru

Тютюма Андрей Владимирович, заведующий отделом механизации и инженерного обеспечения науки, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, кв. Северный, д. 8), e-mail: pniiiaz@mail.ru

Бондаренко Анастасия Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией агротехнологий овощных культур, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, кв. Северный, д. 8), e-mail: pniiiaz@mail.ru

Author's Information

Tyutyuma Natalia 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, Chernoyarsky District, Solenoye Zaymische Village, Severny Quarter, 8), e-mail: pniiiaz@mail.ru

Tyutyuma Andrey Vladimirovich, Head of the Department of Mechanization and Engineering Support of Science, 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: pniiiaz@mail.ru

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, Solenoye Zaymische Village, Severny Quarter, 8), e-mail: pniiiaz@mail.ru

**WATER CONSUMPTION OF VINEYARDS DURING THE PERIOD OF FRUITING
WITH IRRIGATION BY DRIP IRRIGATION SYSTEMS IN THE CRIMEA****Babichev A. N., Balakay G. T., Babenko A. A., Dolgov V. Yu.***Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems
Novocherkassk, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: balakaygt@rambler.ru

Received 14.10.2024

Submitted 04.12.2024

Abstract

Introduction. The increasing demand for fresh grapes in the food market, due to the wide variety of nutrients useful for humans contained in berries, made to pay the increased attention to the development of table viticulture in order to ensure food security. The technologies introduced in the zone of insufficient moisture should be aimed at resource conservation and, first of all, at saving water resources. Drip irrigation is one of the economical irrigation types. **Research object.** Young vineyard plantations irrigated by drip irrigation. **Materials and methods.** The studies were carried out according to generally accepted methods of planting and conducting research in the village of Pavlovka, Belogorsk district, Republic of Crimea. Seedlings were planted in November 2021, and the studies were carried out in 2022-2024 on options with different differentiated irrigation regimes. **Results and conclusions.** As a result of the conducted research, the water consumption characteristics of young plantations of table grape varieties in the Foothill Zone of the Republic of Crimea were determined with drip irrigation systems. Irrigation contributed to a 2-3-fold increase in the number of established vines, their average length per plant, and vine ripening by the dormant period in the first three years of research. Higher leaf area index values of 3.35 m²/m² and dry weight of 2.45 kg/bush were formed when maintaining soil moisture in the 0.6 m layer above 80% HB (MWC – minimum water capacity). The yield inventories in the third year of research showed that this variant had the highest yield – 2.84 t/ha against 1.29 t/ha in the variant without irrigation, but the quality indicators decreased, respectively: sugar content from 22.0 to 16.7% and acidity from 8.7 g/l in the variant without irrigation to 16.7 g/l with irrigation.

Keywords: young vineyards, vine length, grape irrigation regimes, grape yield, grape water consumption.

Citation. Babichev A. N., Balakay G. T., Babenko A. A., Dolgov V. Yu. Water consumption of vineyards during the period of fruiting with irrigation by drip irrigation systems in the Crimea. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 33-41 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-03.

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 631.674.6:634.8

**ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ВИНОГРАДНИКОВ В ПЕРИОД ВСТУПЛЕНИЯ В ПЛОДНОШЕНИЕ
ПРИ ПОЛИВЕ СИСТЕМАМИ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ КРЫМА****Бабичев А. Н., доктор сельскохозяйственных наук****Балакай Г. Т., доктор сельскохозяйственных наук, профессор****Бабенко А. А., аспирант****Долгов В. Ю., аспирант***Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации
г. Новочеркасск, Российская Федерация*

Актуальность. Увеличивающийся спрос на рынке продовольственных продуктов на свежий виноград, из-за большого разнообразия содержащихся в ягодах полезных для человека питательных веществ, заставляет обратить повышенное внимание на развитие столового виноградарства в целях обеспечения продовольственной безопасности. Внедряемые технологии в зоне недостаточного увлажнения должны быть направлены на ресурсосбережение и в первую очередь на экономию водных ресурсов. Капельное орошение является одним из экономных видов орошения. **Объект исследований.** Молодые плантации виноградников, орошаемые капельным способом полива. **Материалы и методы.** Исследования проводились по общепринятым методикам закладки и проведения исследований в селе Павловка Белогорского района Республики Крым. Саженцы высаживались в ноябре

2021 г., а исследования проводились в 2022-2024 гг. на вариантах с различным дифференцированным режимом орошения. **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований определены особенности водопотребления молодых плантаций виноградников столовых сортов в условиях Предгорной зоны Республики Крым при поливе системами капельного орошения. Орошение способствовало в первые три года исследований увеличению количества образовавшихся побегов в 2-3 раза, их средней длины на одно растение и вызревание лозы к периоду покоя. Более высокие показатели индекса листовой поверхности $3,35 \text{ м}^2/\text{м}^2$ и сухая масса $2,45 \text{ кг/куст}$ формировались при поддержании влажности почвы в слое 0,6 м выше 80% НВ, учет урожая на третий год исследований показал, что в этом варианте была самая высокая – $2,84 \text{ т/га}$ против $1,29 \text{ т/га}$ в варианте без орошения, но показатели качества снижались, соответственно: сахаристость с 22,0 до 16,7% и кислотность с 8,7 г/л в варианте без орошения до 16,7 г/л при орошении.

Ключевые слова: молодые виноградники, длина лозы, режимы орошения винограда, урожайность винограда, водопотребление винограда.

Цитирование. Бабичев А. Н., Балакай Г. Т., Бабенко А. А., Долгов В. Ю. Водопотребление виноградников в период вступления в плодоношение при поливе системами капельного орошения в условиях Крыма. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 33-41. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-03.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Виноград относится к основным культурам, широко используемым в питании в свежем виде и после переработки. Высоко ценятся напитки, получаемые из ягод, так как, приобретая новое качество, они сохраняют все питательные вещества и стимулируют протекание положительных процессов в организме людей.

Качество ягод во многом зависит от почвенных и климатических условий. Наиболее благоприятные условия создаются в регионах с достаточной тепло- и влагообеспеченностью [1, 2]. Как показали исследования на юге России, в т. ч. в Крыму имеется дефицит естественных осадков, поэтому гарантированную высокую урожайность можно получить только на орошаемых землях [2, 3, 4]. При этом для получения ягод с высоким качеством необходимо соблюдать определенные режимы орошения по основным периодам роста и развития растений [5, 6, 7, 8]. Капельный способ орошения является одним из перспективных и ресурсосберегающих, позволяющий получить стабильные урожаи столового винограда высокого качества [9, 10, 11, 12]. В отличие от зрелых плодоносящих плантаций виноградников на новых посадках в первые три года основная цель заключается в получении здоровых растений с хорошо развитой корневой системой, расположенной на расчетной глубине, и с развитой надземной массой, сформированной заданной формой куста в зависимости от сорта и планируемой технологии выращивания и уборки [13, 14]. В значительной мере на эти процессы влияет влажность почвы в период до вступления винограда в пору плодоношения. Исследований по изучению водопотребления молодых плантаций виноградников в зависимости от дифференцированных режимов орошения в условиях Крыма при поливе системами капельного орошения не проводилось. Поэтому целью исследований являлось – установить особенности водопотребления молодых плантаций виноградников в первые три года вегетации в зависимости от дифференцированных режимов орошения в условиях Крыма при поливе системами капельного орошения.

Методика исследований. Климатические условия опытного участка определялись по данным ближайшей метеостанции. В пахотном слое содержание гумуса 3,2%, в слое 30-60 см 2,42%, обеспеченность фосфором и калием очень высокая. Закладка опытного участка проводилась по общепринятым методикам закладки и проведения исследований Б. А. Доспехова (1985), В. Н. Плешакова (1983), Т. Н. Кононенко (1993) и другим: «Теоретические и экспериментальные исследования капельного орошения» (1978), «Методические рекомендации по агротехническим исследованиям в виноградарстве Украины» (2004) и «Методика расчета режима капельного орошения плодового сада» (2012).

Схемой опыта было заложено четыре варианта: 1) без орошения (контроль 1, для определения прибавки урожайности; 2) 80% НВ в слое 0,6 м в течение всей вегетации (80-80-80%) (контроль 2); 3) 65% НВ в слое 0,6 м от начала сокодвижения до начала роста побегов; 80% НВ в слое 0,6 м после начала роста побегов до конца побегообразования; 65% НВ в слое 0,6 м от конца побегообразования – опадания листьев (65-80-65%); 4) 65% НВ в слое 0,6 м от начала сокодвижения до начала роста побегов; 70% НВ в слое 0,6 м после начала роста побегов до конца побегообразования; 65% НВ в слое 0,6 м от конца побегообразования до опадания листьев (65-70-65%).

Высаживали саженцы в ноябре 2021 г. после ленточного внесения расчетной дозы удобрения ($N_{80}P_{60}K_{60}$), по схеме 1,7 м междурядья и по 1 м в ряду. Оценка состояния растений определялась по первому и второму годам исследований по приросту лозы: количество, средняя длина, масса, площадь листовой поверхности, длина вызревшей лозы, а на третий год (начало плодоношения) учитывали урожайность винограда ручным сбором кистей винограда. Высаживался районированный столовый сорт винограда Подарок Ирине. Даты полива, поливные нормы и пороговые значения увлажнения назначались по методике, разработанной Шкурой В. Н., Штанько А. С., Васильевым С. М. [15, 16]. Поливные нормы выдавались однократно. Количество капельниц на 1 га составило около 12 тыс. На каждой повторности варианта опыта количество кустов составляло 10 шт. Опыт проводился в трехкратной повторности. Пятка куста залегала на глубине 30-35 см. Технология возделывания соответствовала рекомендациям зональных систем земледелия для юга России, на примере [14].

Результаты исследований. Географическое расположение опытного участка в предгорной лесостепной зоне Крыма во многом определяет климат как теплый с безморозным периодом 151-240 сут., со средней температурой января около 2 °С, июля – 22,9 °С. Осадки выпадают в основном в осенний и зимний периоды со средним годовым количеством около 550 мм. Почвы представлены черноземом обыкновенным солонцеватым. Физической глины в слое 0-30 см 57%, в слое 30-60 см – 45%, почва по гранулометрическим показателям отнесена в слое 0-30 см к суглинкам тяжелым, в слое 30-60 см суглинкам средним. В 0-100 см слое плотность сложения почвы составляет 1,35 г/см, наименьшая влагоемкость – 28,5%, порозность – 49,4%. За вегетационный период май – сентябрь 2022 г. сумма среднесуточных температур составила 3361,6 °С, сумма осадков составила 485,6 мм, ГТК равен 1,44 и характеризуется как влажный. В 2023 г. сумма температур составила 3517 °С, осадков выпало 221,5 мм, ГТК равен 0,60 близок к среднемноголетнему показателю. В 2024 г. сумма среднесуточных температур составила 3236,9 °С и сумма осадков 140,8 мм, ГТК = 0,43 и характеризуется как крайне сухой.

Для установления оптимального варианта увлажнения почвы проводились фенологические наблюдения и, в динамике, измерялись длины лоз, площадь листовой поверхности, масса растений, вызревание побега, чистая продуктивность фотосинтеза, водопотребление.

Наблюдения показали, что растения за период 2022-2024 гг. на всех вариантах возобновили вегетацию одновременно: началось сокодвижение 20-25 апреля, распускание почек – в первой декаде мая. В дальнейшем, после начала поливов, наблюдались различия в росте и развитии растений.

Наблюдения за ростом и развитием растений проводились в первых декадах: июня, июля, августа и сентября. Общая длина всех лоз в среднем на одно растение определялись в первый год вегетации (без обрезки), осенью 2022 г. проводилась обрезка с формированием штамба веерного типа, в 2023 и 2024 гг. учитывался прирост всех лоз в динамике и осенью проводились учеты вызревшей лозы и обрезка с формированием штамба.

Количество образовавшихся лоз в среднем на одно растение в первый год наблюдений изменялось с 1,9 шт. в варианте 1 до 3,4 шт. в варианте 2. Снижение уровня увлажнения в варианте 3 до 65% в начале и конце вегетации приводило к уменьшению количества лоз до 3,2 и 2,7 шт., а при одновременном уменьшении порога увлажнения до 70% в основной период роста в варианте 4 их количество уменьшилось до 2,7 шт. на 1 растение (рисунок 1).

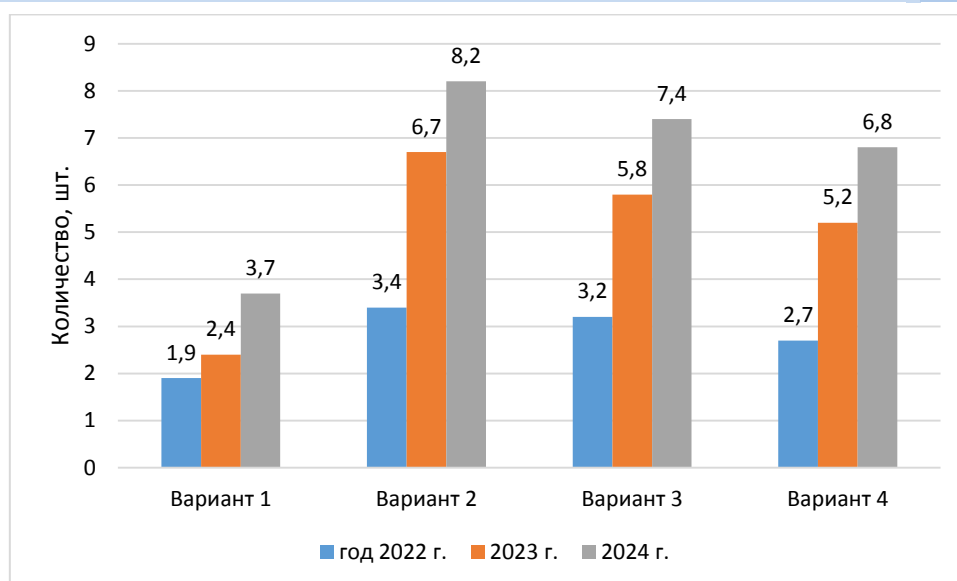


Рисунок 1 – Количество образовавшихся лоз на кустах винограда в зависимости от режима орошения, 2022-2024 гг.

Figure 1 – Number of vines formed on grape bushes depending on the irrigation regime, 2022-2024

В последующие годы количество лоз на кустах увеличилось в варианте 1 до 3,7 шт., в варианте 2 до 8,2 шт. Следующим показателем роста и развития растений винограда является и средняя длина одной лозы (рисунок 2).

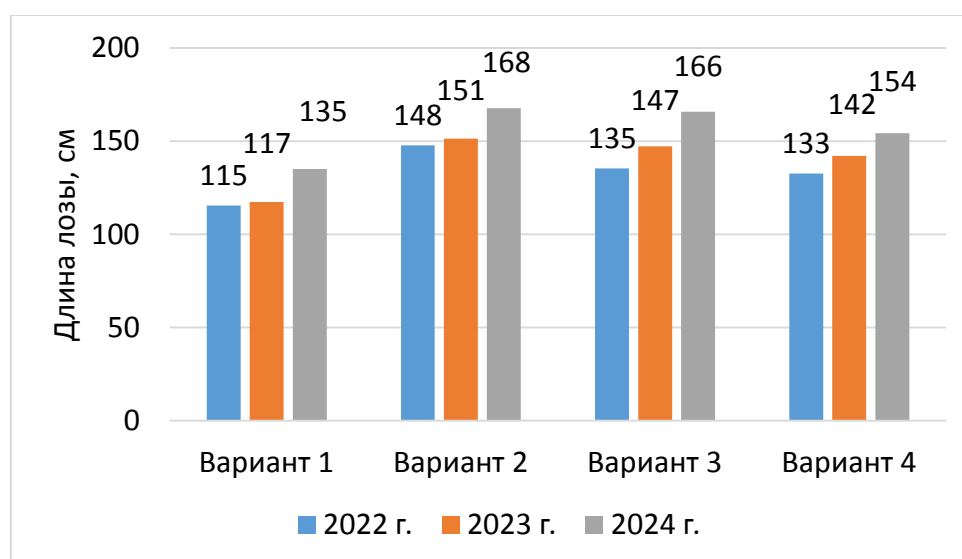


Рисунок 2 – Длина лозы в зависимости от режима орошения, 2022-2024 гг.

Figure 2 – Length of one vine bush in a vineyard depending on the irrigation regime, 2022-2024

В 2022 г. наименьшая длина лозы 115 см была в варианте 1 (без орошения), при поддержании влажности почвы выше 80% НВ, в варианте 2 средняя длина увеличилась до 148 см, а при снижении порога увлажнения до 70% в основные периоды роста (вариант 4), длина лозы уменьшилась до 133 см. В последующие 2023-2024 гг. при общей тенденции увеличения длины лозы на всех вариантах, например, в варианте 2 до 168 см в 2024 г. закономерности влияния условий увлажнения сохранились такие же, как и в 2022 г. Такая же закономерность сохраняется в вариантах и по длине вызревшей лозы, по которой оценивается и прогнозируется выживаемость растений винограда в зимний период (рисунок 3).

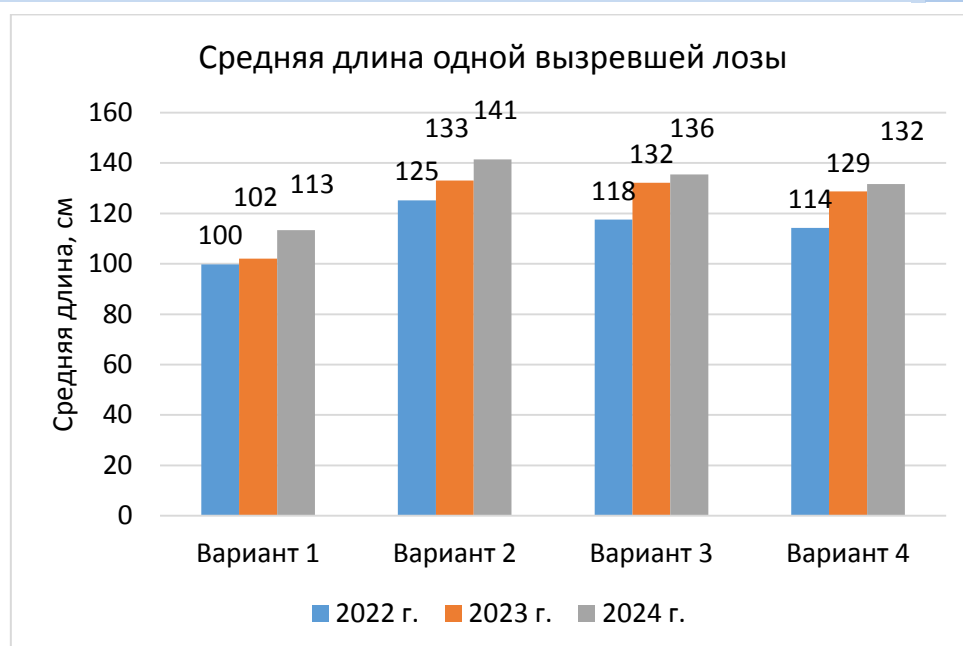


Рисунок 3 – Средняя длина одной вызревшей лозы в зависимости от режима орошения, 2022-2024 гг.
Figure 3 – Average length of one mature vine bush in a vineyard depending on the irrigation regime, 2022-2024

Наблюдения за приростом листовой поверхности и надземной массы растений велись в динамике в 2022 по 2024 гг. В таблице 1 приводятся данные наблюдений в 2024 г.

Таблица 1 – Влияние режима орошения на площадь листовой поверхности и массу растений виноградника, сентябрь, в среднем за 2024 г.

Table 1 – Influence of irrigation regime on leaf area and vineyard plant mass, September, average for 2024

Вариант опыта / Experiment variant	Индекс листовой поверхности, м ² /м ² / Leaf area index, m ² /m ²	Средняя сухая надземная масса годового прироста лозы одного растения, кг/куст / Average dry above-ground mass of annual growth of one plant vine, kg/bush	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/(м ² ·день) / Net photosynthetic productivity, g/(m ² day)
Вариант 1 / Experiment variant 1	1,65	0,78	3,16
Вариант 2 / Experiment variant 2	3,35	2,45	4,88
Вариант 3 / Experiment variant 3	3,12	1,98	4,23
Вариант 4 / Experiment variant 4	2,78	1,62	3,88

Данные таблицы 2 показывают, что индекс листовой поверхности на контроле без орошения составил в 2024 г. 1,65 м²/м² и постепенно повышается с улучшением условий увлажнения почвы в варианте 4 до 2,78, в варианте 3 до 3,12 и достигает наибольшего значения в варианте 2 до 3,35 м²/м² при поддержании влажности почвы 80% в течение всей вегетации. Большая площадь листовой поверхности в варианте 2 и лучшие условия увлажнения почвы позволили растениям формировать большую массу годового прироста лозы одного растения до 2,45 кг/куст против 0,78 кг/куст в варианте 1 без орошения.

В первые два года после посадки саженцев нами обрывались грозди (в соответствии с рекомендациями по возделыванию плантаций виноградников) и только на 3-й год были оставлены грозди для определения соответствия их сортоходу, и определения урожайности по вариантам (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность винограда в 2024 г., начало плодоношения, на 3-й год после высадки саженцев
Table 2 – Grape yield in 2024, start of fruit bearing, in the 3rd year after seedling planting

Вариант опыта / Experiment variant	Среднее / Average	Прибавка урожая (контроль 1) / Yield increase (control 1)		Сахари- стость, % / Sugar content, %	Кислот- ность, г/л / Acidity, g/l
		$\pm \Delta$	т/га		
Вариант 1 / Experiment variant 1	1,29	0	0	22,0	8,7
Вариант 2 / Experiment variant 2	2,84	1,55	120	16,7	16,5
Вариант 3 / Experiment variant 3	2,51	1,22	95	18,4	12,3
Вариант 4 / Experiment variant 4	2,45	1,16	90	21,4	9,2
НСР ₀₅ , т	0,04	-	-	-	-

В первый год начала плодоношения (третий год после посадки саженцев) более высокая урожайность в 2,51 т/га получена в варианте 2 с поддержанием влажности почвы выше 80% в течение всей вегетации, против 1,29 т/га на контроле без орошения, прибавка составила 1,55 т/га или 120%. В других орошаемых вариантах 3 и 4 при снижении влажности почвы в начале и к концу вегетации урожайность снизилась до 2,51 и 2,45 т/га или на 25 и 30%. Для ягод столового винограда важно качество по показателям сахаристости и кислотности. По показателю сахаристости и кислотности выделяется 1 вариант без орошения, где сахаристость была наибольшей среди вариантов – 22,0%, а кислотность наименьшей – 8,7 г/л. В орошаемых вариантах урожайность выше, но качество ягод снижается, в варианте 2 эти показатели составляют соответственно 16,7% и 16,5 г/л и несколько улучшается качество при снижении порога увлажнения в период созревания ягод до 65% НВ (вариант 4), где сахаристость составляет 21,4% и кислотность 9,2 г/л.

Для поддержания заданной влажности почвы в вариантах режима орошения проводилось разное количество поливов, что отразилось на суммарном водопотреблении растений (таблица 3).

Таблица 3 – Водопотребление виноградника на третий год после посадки, 2024 г.
Table 3 – Water consumption of the vineyard in the third year after planting, 2024

Вариант опыта / Experiment variant	Поступление влаги, м ³ /га / Moisture inflow, m ³ /ha			Суммарное водопотребление, м ³ /га / Consumptive use, m ³ /ha	Коэффициент водопотребления, м ³ /т / Evapotranspiration ration m ³ /t
	Из почвы / From soil	Осадки / Precipitation	Оросительная норма / Irrigation rate		
Вариант 1 / Experiment variant 1	924	2416	0	3340	2589
Вариант 2 / Experiment variant 2	598	2824	1640	5062	1783
Вариант 3 / Experiment variant 3	734	2824	1167	4725	1882
Вариант 4 / Experiment variant 4	828	2824	1013	4666	1904

Наибольшая оросительная норма 1640 м³/га в среднем за 2022-2024 гг. была в варианте 2 с поддержанием влажности почвы выше 80% НВ в слое 0,6 м в течение всей вегетации, что способствовало увеличению суммарного водопотребления до 5062 м³/га, против 3340 м³/га на контроле без орошения. Основная доля суммарного водопотребления поступила с осадками от 72% в варианте без орошения до 56% в варианте 2. Более экономно влага использовалась на водопотребление в варианте 2, где коэффициент водопотребления составил 1783 м³/т против 2589 м³/т на контроле без орошения.

Выводы. В условиях Крыма с недостаточным природным увлажнением саженцы винограда в первые три года после посадки положительно отзываются на орошение, увеличивая ежегодно в 2-3 раза количество образовавшихся побегов, их средней длины на одно растение и вызревание лозы к осени.

Поддержание влажности почвы в варианте 2 выше 80% НВ в слое 0,6 м в течение всей вегетации в 2024 г. способствовало повышению индекса листовой поверхности с 1,65 на варианте без орошения до 3,35 м²/м², увеличивается соответственно в 3,1 раза сухая масса надземной части растений с 0,78 до 2,45 кг/куст и повышается чистая продуктивность фотосинтеза с 3,16 до 4,88 г/(м²·день). Это способствовало формированию более высокой урожайности ягод на третий год после посадки саженцев, 2,84 т/га в варианте 2 против 1,29 т/га в варианте без орошения, но в тоже время наблюдается снижение качества урожая: снижается сахаристость с 22,0% в варианте 1 до 16,7% в варианте 2 и повышается кислотность с 8,7 до 16,7 г/л.

Суммарное водопотребление, на третий год после высадки саженцев (2024 г.), в варианте 2 в течение всей вегетации было самым высоким – 5062 м³/га против 3340 м³/га на варианте без орошения, но за счет более высокой урожайности коэффициент водопотребления был самым низким 1783 м³/т, против 2589 м³/т в варианте без орошения.

Conclusions. Under the Crimean conditions with insufficient natural moisture, grape seedlings respond positively to irrigation in the first three years after planting, increasing annually the number of established vines by 2-3 times, their average length per plant and vine ripening by autumn.

Maintaining soil moisture in variant 2 above 80% MWC in the 0.6 m layer during the entire growing season in 2024 contributed to an increase in the leaf area index from 1.65 in the variant without irrigation to 3.35 m²/m², the dry mass of the aboveground part of plants increases accordingly by 3.1 times from 0.78 to 2.45 kg/bush and the net productivity of photosynthesis increases from 3.16 to 4.88 g/(m² day). This contributed to the formation of a higher grape yield, in the third year after planting seedlings, 2.84 t/ha in variant 2 versus 1.29 t/ha in the variant without irrigation, but at the same time a decrease in the quality of the crop is observed: sugar content decreases from 22.0% in variant 1 to 16.7% in variant 2 and acidity increases from 8.7 to 16.7 g/l.

The total consumptive use, in the third year after planting seedlings (2024), in the variant 2 layer throughout the growing season was the highest – 5062 m³/ha versus 3340 m³/ha in the variant without irrigation, but due to the higher yield, the water consumption coefficient was the lowest 1783 m³/t, versus 2589 m³/t in the variant without irrigation.

Библиографический список

1. Бабичев А. Н., Монастырский В. А., Бабенко А. А. Анализ проведения водных мелиораций на виноградниках в России. Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 1. С. 165-183.
2. Юдаев И. В., Буланова Ю. А. Влияние орошения виноградников на продуктивность и качество винограда в зоне Волго-Донского междуречья. Плодородие. 2013. № 5. С. 21-22.
3. Бабичев А. Н., Бабенко А. А., Баева А. М. Рост и развитие растений винограда столовых сортов первого года жизни при поливе системами капельного орошения в условиях Республики Крым. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1 (89). С. 26-35.
4. Свиридова А. Д., Власов А. И. Перспективы отечественного виноградарства (на примере Ростовской области и Республики Крым). Экономика и экология территориальных образований. 2021. Т. 5. № 3. С. 74-86.
5. Bellvert J., Mata M., Vallverdu X., Marsal J. Optimizing precision irrigation of a vineyard to improve water use efficiency and profitability by using a decision-oriented vine water consumption model. Precision Agric. 2021. V. 22. Pp. 319-341.
6. Williams L. E., Phene C. J., Grimes D. W., Trout T. J. Water use of young Thompson Seedless grapevines in California. Irrigation Science. 2003. V. 22. № 1. Pp. 1-9.
7. Верзилин А. В., Верзилин А. А. Виноград в Центральном Черноземье: монография. Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2018. 118 с.
8. Борисенко М. Н., Березовская С. П. Орошение виноградников Крыма – стратегически важный элемент получения винограда высокого качества. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 54 (06). С. 33-51.
9. Уржумова Ю. С., Малышева В. А., Егоров С. В. Способы орошения виноградников в условиях Ростовской области. Мелиорация и водное хозяйство: материалы конференции (Шумаковские чтения). Новочеркасск: Лик, 2019. Ч. 1. С. 136-141.
10. Чижевская Н. А. Капельное орошение виноградников в Темрюкском районе. Современные проблемы и пути их решения в науке, производстве и образовании. 2019. № 8. С. 188-191.
11. Сторчоус В. Н. Капельное орошение – резерв эффективности использования земли, воды и энергии. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 5(55). С. 30-33.

12. Сторчоус В. Н. Капельное орошение – резерв экономии воды при выращивании винограда, плодовых и овощных культур в Крыму. Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Серия: Сельскохозяйственные науки. 2014. № 161. С. 123-129.

13. 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.

14. Клименко А. И. и др. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022-2026 годы. Ростов-на-Дону, 2022. 736 с.

15. Штанько А. С., Шкура В. Н. Расчет поливной нормы при капельном орошении древесно-плодовых культур в садовых насаждениях. Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14. № 1. С. 1-18.

16. Васильев С. М., Шкура В. Н., Штанько А. С. Капельные оросительные системы. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2019. 179 с.

References

1. Babichev A. N., Monastyrsky V. A., Babenko A. A. Analysis of water reclamation in Russian vineyards. Land Reclamation and Hydraulic Engineering. 2023. V. 13. № 1. Pp. 165-183.

2. Yudaev I. V., Bulanov Yu. A. Effect of irrigation on the yield and quality of grape in the Volga-Don inter-fluve. Fertility. 2013. № 5. Pp. 21-22.

3. Babichev A. N., Babenko A. A., Baeva A. M. Growth and development of table grape plants of the first year of life under drip irrigation in the Republic of Crimea. Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2023. № 1 (89). Pp. 26-35.

4. Sviridova A. D., Vlasov A. I. Prospects for domestic viticulture (on the example of Rostov Region and the Republic of Crimea). Economy and Ecology of Territorial Formations. 2021. Vol. 5. No 3. Pp. 74-86.

5. Bellvert J., Mata M., Vallverdu X., Marsal J. Optimizing precision irrigation of a vineyard to improve water use efficiency and profitability by using a decision-oriented vine water consumption model. Precision Agric. 2021. V. 22. Pp. 319-341.

6. Williams L. E., Phene C. J., Grimes D. W., Trout T. J. Water use of young Thompson Seedless grapevines in California. Irrigation Science. 2003. V. 22. No 1. Pp. 1-9.

7. Verzhilina A. V., Verzhilina A. A. Grapes in the Central Black Earth Region: monograph. Michurinsk: Michurinsky State Agrarian University Publ., 2018. 118 p.

8. Borisenko M. N., Berezovskaya S. P. Irrigation of Crimean vineyards as a strategic element to obtain the grapes of high quality. Fruit Growing and Viticulture of South Russia. 2018. № 54 (06). Pp. 33-51.

9. Urzhumova Yu. S., Malysheva V. A., Egorov S. V. Ways of irrigating vineyards in Rostov region. Land Reclamation and Water Management: Proceed. of the All-Russian Scientific and Practical Conf. (Shumakov Readings). Novocherkassk, Lik Publ., 2019. Part 1. Pp. 136-141.

10. Chizhevskaya N. A. Drip irrigation of vineyards in the Temryuk region. Modern Problems and Ways of their Solution in Science, Production and Education. 2019. № 8. Pp. 188-191.

11. Storchous V. N. Drip irrigation as the reserve of effective use of land, water and energy. Bullet. of Orenburg State Agrarian University. 2015. № 5 (55). Pp. 30-33.

12. Storchous V. N. Drip irrigation as a reserve of water saving when growing grapes, fruits and vegetables in the Crimea. Scientific Works of the Southern Branch of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Crimean Agrotechnological University". Series: Agricultural Sciences. 2014. № 161. Pp. 123-129.

13. Babichev A. N., Babenko A. A. Application of mineral fertilizers in the formation of young vineyard plantations with drip irrigation in the conditions of the Republic of Crimea. Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 92. No 1. Pp. 87-98.

14. Klimenko A. I., et al. Zonal Farming Systems in Rostov Region for 2022-2026. Rostov-on-Don, 2022. 736 p.

15. Shtanko A. S., Shkura V. N. Irrigation rate calculation during drip irrigation of tree-fruit crops in garden plantings. Land Reclamation and Hydraulic Engineering. 2024. V. 14. Pp. 1-18.

16. Vasiliev S. M., Shkura V. N., Shtanko A. S. Drip irrigation systems. Novocherkassk: RosNIIPM, 2019. 179 p.

Информация об авторах

Бабичев А. Н., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 190), ORCID: 0000-0003-1146-7530, e-mail: babichevan2006@yandex.ru

Балакай Г. Т., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 190), ORCID: 0000-0001-8021-6853, e-mail: balakaygt@rambler.ru

Бабенко А. А., аспирант, научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 190), ORCID: 0000-0002-7582-4907, e-mail: al.al.al.1980@yandex.ru

Долгов В. Ю., аспирант, инженер, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 190), e-mail: slava.dolgov.2001@mail.ru

Author's Information

Babichev A. N., Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (Russian Federation, 346421, Rostov region, Novocherkassk, Baklanovsky ave., 190), ORCID: 0000-0003-1146-7530, e-mail: babichevan2006@yandex.ru

Balakay G. T., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (Russian Federation, 346421, Rostov region, Novocherkassk, Baklanovsky ave., 190), ORCID: 0000-0001-8021-6853, e-mail: balakaygt@rambler.ru

Babenko A. A., Postgraduate Student, Researcher of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (Russian Federation, 346421, Rostov region, Novocherkassk, Baklanovsky ave., 190), ORCID: 0000-0002-7582-4907, e-mail: al.al.al.1980@yandex.ru

Dolgov V. Yu., Postgraduate Student, Engineer of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (Russian Federation, 346421, Rostov region, Novocherkassk, Baklanovsky ave., 190), e-mail: slava.dolgov.2001@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-04

RECLAMATION STATE OF A BARLEY FIELD IN THE SOUTH OF RUSSIA

**Belyaev A. I., Petrov N. Yu., Solodovnikov A. P., Petrov Yu. N., Belyaev I. A.,
Gorbacheva A. S., Voronov S. I., Voronin S. M.**

*Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: npetrov60@list.ru

Received 01.10.2024

Submitted 09.12.2024

The study was carried out within the framework of the State task "Digital technologies for managing agroforestry systems based on mathematical modeling, dynamic characteristics of the bioproductivity of forest strips and agrophytocenoses in the changing climate of Southern Russia"

Abstract

Introduction. The modern intensification of spring barley grain production in the Lower Volga region is based on the search for new ways to improve technological techniques in the technology of its cultivation. This is, first of all, the study of dynamic changes in the water balance, as the research was carried out in the acutely arid Trans-Volga zone. In addition, it is the optimization of the nutritional regime, through the use of biologically active substances and the introduction of mineral fertilizers, as well as their complex action. To establish the responsiveness of different varieties to the studied agricultural practices. **Object.** For the experiment, spring barley varieties included in the State Register for the Lower Volga region were involved, these are: Kamyshinsky 23 (control) and Novonikolaevsky. Pre-sowing treatment with biologically active substances was used: Crezacin and Vermicompost. The recommended doses from the manufacturer. **Materials and methods.** Field research was conducted in 2020...2023 on the territory of the farm "Churbakov A. V." of the Volgograd region. Calculation of fertilizers and doses of biologically active substances were planned for yields: 1.0 t/ha; 2.0 and 4.0 t/ha. **Results and conclusions.** The experiment conducted in an acutely arid zone showed that the main limiting factor was the water consumption of barley, followed by the nutritional regime. A peculiar balance was established: lack of nutrients, barley consumed more water to form yields, as in the control version. As a result, these variants had the highest water consumption coefficient: Kamyshinsky variety 23 – 193.8 m³/ha (with a yield of 1.83 t/ha), and Novonikolaevsky variety – 187.9 m³/ha (with a yield of 1.92 t/ha). The improvement of the nutritional regime led to a significant decrease in the coefficient of water consumption for the formation of the crop. Its lowest values were observed on the Biohumus + N52 P22 variant and in the Kamyshinsky 23 variety it was 101.4 m³/ha (with a yield of 3.28 t/ha), and in the Novonikolaevsky variety it was 92.6 m³/ha (with a yield of 3.42 t/ha).

Keywords: *barley varieties, Novonikolaevsky, Kamyshinsky 23, Biohumus, Cresatsin, mineral nutrition of barley.*

Citation. Belyaev A. I., Petrov N. Yu., Solodovnikov A. P., Petrov Yu. N., Belyaev I. A. Gorbacheva A. S., Voronov S. I., Voronin S. M. Reclamation state of a barley field in the south of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 41-47 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-04.

Author's contribution. The authors of this study were directly involved in the formulation of the program, the planning of the experiment, the accounting and analysis of the data obtained, in the presentation of conclusions and the formation of proposals for production. The authors of this article have studied and approved the final version of the article.

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

УДК 631.52:633.16

МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ЯЧМЕННОГО ПОЛЯ НА ЮГЕ РОССИИ

Беляев А. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Петров Н. Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Солодовников А. П., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Петров Ю. Н., кандидат сельскохозяйственных наук
Беляев И. А., соискатель
Горбачева А. С., кандидат экономических наук, доцент
Воронов С. И., доктор биологических наук, член-корреспондент РАН
Воронин С. М., доктор технических наук, профессор

ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследование выполнено в рамках Гос. задания «Цифровые технологии управления агролесосистемами на основе математического моделирования, динамических характеристик биопродуктивности лесных полос и агрофитоценозов в условиях изменяющегося климата Юга России»

Актуальность. Современная интенсификация производства зерна ярового ячменя в Нижневолжском регионе базируется на поиске новых путей совершенствования технологических приемов в технологии его возделывания. Это, прежде всего, изучение динамических изменений водного баланса, так исследования проводились в остро засушливой Заволжской зоне. Кроме того, это оптимизация питательного режима, за счет применения биологически активных веществ и внесения минеральных удобрений, а также их комплексного действия. Установить отзывчивость разных сортов на изучаемые агроприемы. **Объект.** В эксперименте изучались сорта ярового ячменя, которые включены в Государственный реестр по Нижневолжскому региону, это: Камышинский 23 (контроль) и Новониколаевский. Применяли предпосевную обработку биологически активными веществами: Крезацин и Биогумус. Дозы, рекомендованные от производителя. **Материалы и методы.** Полевые исследования были проведены в 2020...2023 года на территории КХ «Чурбаков А. В.» Волгоградского региона. Расчет удобрений и дозы применения биологически активных веществ были распланированы под урожайности: 1,0 т/га; 2,0 и 4,0 т/га. **Результаты и выводы.** Проведенный эксперимент в остро засушливой зоне показал, что основным лимитирующим фактором являлось водопотребление ячменя, на втором месте – питательный режим. Устанавливался своеобразный баланс: нехватка элементов питания, ячмень больше потреблял воды на формирование урожайности, как в контрольном варианте. В результате на этих вариантах отмечался самый высокий коэффициент водопотребления: у сорта Камышинский 23 – 193,8 м³/га (при урожайности 1,83 т/га), а у сорта Новониколаевский – 187,9 м³/га (при урожайности – 1,92 т/га). Улучшение питательного режима приводило к существенному снижению коэффициента водопотребления на формирование урожая. Наименьшие значения его наблюдались на варианте Биогумус+ N₅₂ P₂₂ и у сорта Камышинский 23 он составлял – 101,4 м³/га (при урожайности 3,28 т/га), а у сорта Новониколаевский – 92,6 м³/га (при урожайности – 3,42 т/га).

Ключевые слова: сорта ячменя, Новониколаевский, Камышинский 23, Биогумус, Крезацин, минеральное питание ячменя.

Цитирование. Беляев А. И., Петров Н. Ю., Солодовников А. П., Петров Ю. Н., Беляев И. А., Горбачева А. С., Воронов С. И., Воронин С. М. Мелиоративное состояние ячменного поля на юге России. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 41-47. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-04.

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. Питательные вещества, наряду с водой, светом, теплом, воздухом, относятся к ряду незаменимых и равнозначных факторов жизнедеятельности растений. Они состоят из 80% и более воды, и весь состав биохимических и физиологических мероприятий операции осуществляется при достаточно оводненной среде в клетках. Недостаток воды в данном случае приводит к уменьшению и даже остановке хода физиологических операций, это, в конечном итоге, приводит к уменьшению урожайности, а реже и гибели. В период вегетации растения потребляют и используют постоянно существенное количество воды. Кроме того, итоговый расход воды тратится на испарение с поверхности почвы и транспирацию возделываемой культуры. Общее водопотребление выступает одним из ведущих звеньев, которые характеризуют процесс становления урожайности ярового ячменя в остро аридной зоне [3, 9].

Для познания наиболее полной картины того или любого агротехнического способа необходимо знать процесс расходования воды производимой культурой и какой общий объем воды необходим на получение единицы выращенной продукции. В этой связи следует познать особенности водопотребления и коэффициенты общего водопотребления, необходимые на формирование продукции, особенно для остро засушливых регионов [1, 7].

При содержании достаточных объемов продуктивной влаги в корнеобитаемом горизонте почвы конкретного почвенно-климатического региона общее водопотребление может существенно изменяться в зависимости от наличия тепловых ресурсов в годы постановки эксперимента, а также сортовых особенностей. В Заволжском регионе, который относится к неустойчивой по увлажнению, необходимость ячменя на получение высоких и устойчивых урожайностей, существенно превышают имеющие их запасы. Потребность ярового ячменя во влаге нельзя рассматривать в отрыве от урожайности. Они определяются объемами продуктивной влаги на момент высева и пополнением ее за счет выпадающих в момент вегетации атмосферных осадков. Формирующийся дефицит воды следует восполнить другими агротехническими мероприятиями. Природные характеристики Волгоградского Заволжья представляют собой существенный потенциал выращивания зерновой продукции, в том числе ячменя [2, 10].

Для плодотворной борьбы с атмосферной и почвенной засухой, которые присущи для данной зоны, используется набор мероприятий, среди которых ведущее значение принадлежит технологии выращивания. Высокую урожайность ячменя можно формировать только при достаточном водоснабжении, но при этом необходимо помнить об экономии в расходовании продуктивной влаги и ее использовании растениями [5].

В нашем эксперименте, кроме метеофакторов, на показатель общего водопотребления определенное воздействие оказывали почвенная характеристика, используемый уровень агротехники (биологически активные вещества и минеральное питание).

Материалы и методы. Полевой эксперимент был проведен на полях КХ «Чурбакова А. В.» в 2021...2023 гг., находящегося в Быковском районе Волгоградского региона, в зоне каштановых почв. Размеры опытной делянки составляли 7,2 м x 20,0 м = 144, м². Повторность в опыте была четырехкратная. Варианты эксперимента размещались по предшественнику паровая озимь. Расположение – систематическое. Посев проводили в первой декаде апреля сеялкой СЗ–3,6, с обязательным прикатыванием после посева. Норма высева составляла 4,0 миллиона всхожих зерен на гектар. Обработывали семенной материал биопрепаратами-добавками за трое суток до высева. После обработки осуществляли перемешивание посевного материала до приобретения семян сыпучести.

В соответствии с разработанной программой эксперимента нами была принята схема проведения полевого исследования, которая базировалась на методических рекомендациях Б. А. Доспехова и др. Путь к поставленной цели проходил через решение как конкретных, так и совокупных задач управления продукционным процессом в системе «почва-погода-растение».

Для формирования 1 тонны зерна ячменя с соответствующим количеством листостебельной массы требуется: азота – 25,0 кг, фосфора – 10,0 кг, калия 15,0 кг. По итогу требуется применять:

- на 1,0 т/га азота – 25,0 кг/га, фосфора – 10,0 кг/га, калия – 15,0 кг/га. С учетом коэффициента возмещения – азота – 26,0; фосфора – 11,1; калия 21,4.

- на 2,0 т/га – азота – 50,0 кг/га, фосфора – 20,0 кг/га, калия – 30,0 кг/га. С учетом коэффициента возмещения – азота – 52,0; фосфора – 22,2; калия – 42,8.

- на 4,0 т/га – азота – 100,0 кг/га, фосфора – 40,0 кг/га, калия – 60,0 кг/га. С учетом коэффициента возмещения – азота – 104,0; фосфора – 44,0; калия – 85,6.

В связи с тем, что наличие подвижного калия в изучаемой каштановой почве было высокое, было принято решение этот вид удобрения не применять.

1. Контроль – без обработки.

2. Крезацин.

3. Крезацин+ N₂₆ P₁₁.

4. Крезацин+ N₅₂ P₂₂.

5. Крезацин+ N₁₀₄ P₄₄.

6. Биогумус.

7. Биогумус+ N₂₆ P₁₁.

8. Биогумус+ N₅₂ P₂₂.

9. Биогумус+ N₁₀₄ P₄₄.

Расчетные количество удобрений было внесено дробно: все фосфорные удобрения вносились под основную обработку. Азот: 50% осенью и 50% под предпосевную культивацию.

Результаты и обсуждения. Урожайность ярового ячменя находится в прямой зависимости от величины суммарного водопотребления и коэффициента водопотребления. Величина расхода воды на формирование урожайности в посевах ячменя напрямую связано с питательным режимом, а именно обеспеченностью элементами питания в период вегетации. Результаты полученных наблюдений определены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Урожайность и водный баланс в посевах ярового ячменя сорта Камышинский 23, среднее за 2020...2023 гг.

Table 1 – Yield and water balance in spring barley crops of Kamyshinsky variety 23, average for 2020...2023

Агрофон / Agronomic background	Урожайность / Yield, t/ha т/га	Суммарное водопотребление, м ³ /га / Total water consumption, m ³ /ha	Коэффициент водопотребления, м ³ /т / Water consumption coefficient, m ³ /t
Контроль / control	1,83	3547	193,8
Крезацин / Cresacine	2,39	3468	145,1
N ₂₆ P ₁₁	2,63	3406	129,5
N ₅₂ P ₂₂	2,84	3372	118,7
N ₁₀₄ P ₄₄	2,75	3385	123,1
Крезацин+ N ₂₆ P ₁₁ / Cresacine+ N ₂₆ P ₁₁	2,96	3304	111,6
Крезацин + N ₅₂ P ₂₂ / Cresacine + N ₅₂ P ₂₂	3,09	3245	105,1
Крезацин+ N ₁₀₄ P ₄₄ / Cresacine + N ₁₀₄ P ₄₄	3,02	3269	108,2
Биогумус / Biohumus	2,51	3418	136,1
Биогумус+ N ₂₆ P ₁₁ / Biohumus + N ₂₆ P ₁₁	3,11	3387	108,9
Биогумус+ N ₅₂ P ₂₂ / Biohumus + N ₅₂ P ₂₂	3,28	3326	101,4
Биогумус+ N ₁₀₄ P ₄₄ / Biohumus + N ₁₀₄ P ₄₄	3,21	3357	104,5

Таблица 2 – Урожайность и водный баланс в посевах ярового ячменя сорта Новониколаевский, среднее за 2020...2023 гг.

Table 2 – Yield and water balance in spring barley crops of the Novonikolaevsky variety, average for 2020...2023

Агрофон / Agronomic background	Урожайность / Yield, t/ha т/га	Суммарное водопотребление, м ³ /га / Total water consumption, m ³ /ha	Коэффициент водопотребления, м ³ /т / Water consumption coefficient, m ³ /t
Контроль / Control	1,92	3609	187,9
Крезацин / Cresacine	2,48	3443	138,8
N ₂₆ P ₁₁	2,74	3381	123,4
N ₅₂ P ₂₂	2,98	3316	111,2
N ₁₀₄ P ₄₄	2,85	3351	117,5
Крезацин+ N ₂₆ P ₁₁ / Cresacine+ N ₂₆ P ₁₁	3,12	3284	105,2
Крезацин+ N ₅₂ P ₂₂ / Cresacine + N ₅₂ P ₂₂	3,24	3202	98,8
Крезацин+ N ₁₀₄ P ₄₄ / Cresacine + N ₁₀₄ P ₄₄	3,19	3235	101,4
Биогумус / Biohumus	2,72	3412	125,4
Биогумус+ N ₂₆ P ₁₁ / Biohumus + N ₂₆ P ₁₁	3,23	3225	99,8
Биогумус+ N ₅₂ P ₂₂ / Biohumus + N ₅₂ P ₂₂	3,42	3167	92,6
Биогумус+ N ₁₀₄ P ₄₄ / Biohumus + N ₁₀₄ P ₄₄	3,36	3196	95,1

Оценка полученного материала говорит о том, что максимальное количество воды на формирование урожайности ячмень потреблял на делянках, где не применялось минеральное питание. Так, на данном варианте сорта Камышинский 23 коэффициент водопотребления составлял 193,8 м³/га (урожайность – 1,83 т/га), на сорте Новониколаевский эти величины составляли 187,9 м³/га (урожайность – 1,92 т/га). Работа с семенным материалом биологически активными веществами приводила к уменьшению коэффициента водопотребления и с наилучшей позиции зарекомендовало себя биологически активное вещество Биогумус. На этом варианте показатель коэффициента водопотребления равнялись на сорте Камышинский 23 – 136,1 м³/га (урожайность 2,51 т/га) на сорте Новониколаевский – 125,4 м³/га (урожайность – 2,72 т/га).

Наибольший эффект был получен на варианте совместного применения минерального питания и работа биологически активным веществом Биогумус (Биогумус+ N₅₂ P₂₂). У сорта Камышинский 23 значения коэффициента водопотребления составляли – 101,4 м³/га (урожайность – 3,28 т/га), на сорте Новониколаевский – 92,6 м³/га (урожайность – 3,42 т/га). Дальнейшее увеличение дозировки вносимого минерального питания не приводило к положительному эффекту.

Закключение. В результате проведенного исследования установлено положительное влияние совместного применения минерального питания и обработка семян биологически активными веществами на водопотребление ярового ячменя и величину урожайности. Наиболее отзывчивым на изучаемый агроприем был сорт Новониколаевский, который на варианте Биогумус+ N₅₂ P₂₂ способен в засушливой зоне Волгоградского Заволжья формировать урожайность ярового ячменя 3,42 т/га при коэффициенте водопотребления 2,6 м³/га.

Conclusions. As a result of the conducted research, the positive effect of the combined use of mineral nutrition and seed treatment with biologically active substances on the water consumption of spring barley and the yield was established. The most responsive to the studied agricultural approach was the Novonikolaevsky plant, which, using the Bio-humus+ N₅₂ P₂₂ variant, is capable of forming a yield of spring barley of 3.42 t/ha in the arid zone of the Volgograd Volga region with a water consumption coefficient of 2.6 m³/ha.

Библиографический список

1. Амоако О. А. Урожайность и технологические показатели зерна ярового ячменя в зависимости от приемов агротехники. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 3 (31). С. 119-123.
2. Бугаев П. Д., Ламмас М. Е. Фотосинтетическая деятельность посевов ячменя при применении химических и биологических препаратов. Кормопроизводство. 2013. № 8. С. 11-13.
3. Белопухов С. Л. и др. Влияние биопрепаратов на фотосинтетическую активность посевов ячменя. Агрохимический вестник. 2013. № 5. С. 19-21.
4. Осипова Л. В. и др. Влияние абиотических стрессов на растения ярового ячменя при предпосевной обработке семян селеном и кремнием. Агрохимия. 2015. № 9. С. 54-60.
5. Глуховцев В. В., Савина Н. В., Апаликов А. А. Использование листовых подкормок в технологии возделывания ярового ячменя в аридных условиях Среднего Поволжья. Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 1. С. 9-11.
6. Митрофанов Д. В., Ткачева Т. А. Воздействие агрометеорологических условий, минеральных удобрений, предшественников и влажности почвы на урожайность зерна ярового ячменя в степной зоне Южного Урала. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 84-97.
7. Бельтюков Л. П. и др. Отзывчивость сортов ярового ячменя на различные технологии возделывания в южной зоне Ростовской области. Зерновое хозяйство России. 2015. № 4. С. 64-68.
8. Плескачев Ю. Н., Воронов С. И., Грабов Р. С. Совершенствование системы основной обработки при возделывании ярового ячменя. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 88-95.
9. Сапега В. А., Турсумбекова Г. Ш. Характеристика основных параметров среды, урожайность и адаптивная способность сортов ярового ячменя. Достижения науки и техники АПК. 2015. № 2. С. 17-20.
10. Янковский Н. Г., Доценко С. Н. Отзывчивость сортов ярового ячменя на внесение минеральных удобрений. Зерновое хозяйство России. 2013. № 2. С. 31-33.
11. 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.
12. Dawson I. K., et al. Barley: a translational model for adaptation to climate change. New Phytol. 2015. V. 206. Pp. 913-931.
13. Tokhetova L. A., Akhmedova G. B., Akzhunis R. A. The use of multivariate factor analysis in the selection of spring barley for adaptability to various environmental conditions. Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2020. No 4 (107). Pp. 70-80.

References

1. Amoako O. A. Productivity and technological indicators of spring barley grain depending on agricultural techniques. Izvestiya Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education. 2013. No 3 (31). Pp. 119-123.
2. Bugaev P. D., Lammas M. E. Photosynthetic activity of barley crops in the use of chemical and biological preparations. Fodder production. 2013. No 8. Pp. 11-13.
3. Belopukhov S. L., et al. The influence of biological products on the photosynthetic activity of barley crops. Agrochemical Bulletin. 2013. No 5. Pp. 19-21.
4. Osipova L. V. et al. The effect of abiotic stresses on spring barley plants during pre-sowing seed treatment with selenium and silicon. Agrochemistry. 2015. No 9. Pp. 54-60.
5. Glukhovtsev V. V., Savina N. V., Apalikov A. A. The use of leaf fertilizing in the technology of cultivation of spring barley in arid conditions of the Middle Volga region. Russian agricultural science. 2016. No 1. Pp. 9-11.
6. Mitrofanov D. V., Tkacheva T. A. The effect of agrometeorological conditions, mineral fertilizers, precursors and soil moisture on the yield of spring barley grain in the steppe zone of the Southern Urals. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: science and higher professional education. 2021. No 4 (64). Pp. 84-97.
7. Belyukov L. P. et al. Responsiveness of spring barley varieties to various cultivation technologies in the southern zone of the Rostov region. Grain farming in Russia. 2015. № 4. Pp. 64-68.
8. Pleskachev Y. N., Voronov S. I., Grabov R. S. Improvement of the Basic Processing System in the Cultivation of Spring Barley. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020. № 1 (57). Pp. 88-95.
9. Sapega V. A., Tursumbekova G. Sh. Characteristics of the main parameters of the environment, yield and adaptive ability of spring barley varieties. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2015. № 2. Pp. 17-20.
10. Yankovsky N. G., Dotsenko S. N. Responsiveness of spring barley varieties to the application of mineral fertilizers. Grain farming in Russia. 2013. № 2. Pp. 31-33.
11. 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.
12. Dawson I. K., et al. Barley: a translational model for adaptation to climate change. New Phytol. 2015. V. 206. Pp. 913-931.
13. Tokhetova L. A., Akhmedova G. B., Akzhunis R. A. The use of multivariate factor analysis in the selection of spring barley for adaptability to various environmental conditions. Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2020. No 4 (107). Pp. 70-80.

Информация об авторах

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

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

Солодовников Анатолий Петрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова (Российская Федерация, 410012, г. Саратов, пр. Петра Столыпина, 4/3), e-mail: solodovnikov-sgau@yandex.ru

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, д. 97).

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

Горбачева Анна Семеновна, кандидат экономических наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26).

Воронов Сергей Иванович, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, директор ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФИЦ «Немчиновка») (Российская Федерация, 143026, г. Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8103-3909>, e-mail: vsi08@mail.ru

Воронин Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Калмыцкий ГУ имени Б. Б. Гордодовикова» (Российская Федерация, 358009, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11), e-mail: s.voronin-l@yandex.ru

Author's Information

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

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

Solodovnikov Anatoly Petrovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov (Russian Federation, 410012, Saratov, Peter Stolypin Ave., 4/3), e-mail: solodovnikov-sgau@yandex.ru

Petrov Yuri 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).

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

Gorbacheva Anna Semenovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26).

Voronov Sergey Ivanovich, Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal Research Center Nemchinovka (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoy Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8103-3909>, e-mail: vsi08@mail.ru

Voronin Sergey Mikhailovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358009, Republic of Kalmykia, Elista, Pushkin str., 11), e-mail: s.voronin-l@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-05

**LANDSCAPE APPROACH IN LANDSCAPING OF ACTIVE RECREATION AREAS
IN URBAN PARKS****Voronina V. P., Kurapina N. V., Medveditskova O. N.***Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: v.p.voronina@mail.ru

Received 15.09.2024

Submitted 20.11.2024

Summary

A comprehensive analysis of active recreation areas in the city parks of Volgograd and Sochi was carried out and two landscape approaches to their greening were implemented. A scientifically based selection of an assortment of woody and herbaceous plants that are resistant to urbanized stress and meet the socio-ecological requirements of the population was used.

Abstract

Introduction. The consolidation of urban development leads to the degradation of park areas, increases the negative impact on plants and reduces the socio-ecological comfort of the urban environment. Scientific and practical interest in active recreation areas in the style of "Luna Park" has grown significantly, where landscape principles of landscaping are applied and attractions are placed, as this allows you to create unique themed entertainment areas. **Objects.** Species of ornamental rocks and perennial plants, well adapted to local conditions, possessing phytocenotic resistance, high decorative value. **Materials and methods.** In the active recreation areas (Luna parks) in the Central Park in Volgograd (2956 m²) and the Riviera Park in Sochi (4950 m²), landscaping

projects were developed and implemented. The range of decorative species was selected taking into account their further growth in the open ground on stationary sites or in other areas of the park. The assessment of the ecological condition, decorativeness, and phytosanitary stability was carried out according to generally accepted methods. **Results and conclusion.** Two approaches have been implemented in the landscaping of active recreation areas. In the Central Park of Volgograd, on the initial (zero) territory, entertainment themed areas and landscaping were designed, which emphasized geographical or historical identity. For this purpose, 10 coniferous and 4 deciduous species were planted, and shrubs and 10 species of perennial grasses were used to create mobile compositions in containers. In the Riviera Park in Sochi, where adult plantings grow (12 species of trees, 12 shrubs, 5 perennials), a bioecological assessment of the plantings was carried out, and the amusement parks are competently integrated into the existing green space, where color accents and delimiting elements such as microphytocenoses in containers are added. The development of new approaches based on landscape principles of landscaping makes it possible to create active recreation areas in the park that competently combine the needs of plants and citizens.

Keywords: *landscape gardening, active recreation areas, amusement parks, city parks, decorative compositions, tree and shrub plantations.*

Citation. Voronina V. P., Kurapina N. V., Medveditskova O. N. Landscape approach in landscaping of active recreation areas in urban parks. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 47-64 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-05.

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 635.92

ЛАНДШАФТНЫЙ ПОДХОД В ОЗЕЛЕНЕНИИ ЗОН АКТИВНОГО ОТДЫХА В ГОРОДСКИХ ПАРКАХ

Воронина В. П., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Курапина Н. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Медведицкова О. Н., аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Уплотнение городской застройки приводит к деградации парковых зон, усиливается негативное воздействие на растения и снижается социально-экологическая комфортность городской среды. Значительно вырос научный и практический интерес к зонам активного отдыха в стиле «Луна-парка», где применяются ландшафтные принципы озеленения и размещаются аттракционы, так как это позволяет создавать уникальные тематические зоны с развлечениями. **Объекты.** Виды декоративных пород и многолетних растений, хорошо адаптированные к местным условиям, обладающие фитоценотической устойчивостью, высокой декоративной ценностью. **Материалы и методы.** В зонах активного отдыха (Луна-парках) в ЦПКиО в г. Волгоград (2956 м²) и парка «Ривьера» в г. Сочи (4950 м²) были разработаны и реализованы проекты по ландшафтному озеленению территорий. Ассортимент декоративных видов был подобран с учетом их дальнейшего произрастания в открытом грунте на стационарных площадках или в других зонах парка. Оценка биоэкологического состояния, декоративности, фитосанитарной устойчивости проводилась по общепринятым методикам. **Результаты и выводы.** При ландшафтном озеленении активных зон отдыха было реализовано два подхода. В Центральном парке Волгограда, на исходной (нулевой) территории запроектированы развлекательные тематические площадки и озеленительные насаждения, которые подчеркивали географическую или историческую идентичность. Для этого было высажено 10 хвойных и 4 лиственные породы, а для создания мобильных композиций в контейнерах использовались кустарники и 10 видов многолетних трав. В парке «Ривьера» в Сочи, где произрастают взрослые насаждения (12 видов деревьев, 12 – кустарников, 5 – многолетников), проведена биоэкологическая оценка насаждений, а площадки с аттракционами грамотно вписаны в существующее зеленое пространство, где добавлены цветочные акценты и разграничивающие элементы, такие как микрофитоценозы в контейнерах. Разработка новых подходов, основанных на ландшафтных принципах озеленения, позволяет создавать в парке зоны активного отдыха, грамотно сочетающие потребности растений и горожан.

Ключевые слова: *ландшафтное озеленение, зоны активного отдыха, Луна-парки, городские парки, декоративные композиции, древесно-кустарниковые насаждения.*

Цитирование. Воронина В. П., Курапина Н. В., Медведицкова О. Н. Ландшафтный подход в озеленении зон активного отдыха в городских парках. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 47-64. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-05.

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. Многие исследователи считают, что современная городская среда зачастую не отвечает социальным и экологическим потребностям жителей [1, 2]. Стремительный рост многоэтажных зданий, где под озеленение отводится небольшая территория, усугубляет противоречие между обществом и природной средой. Парковые зоны чаще всего располагаются в исторической части города, где зеленые насаждения страдают от возрастных заболеваний, представлены бедным породным составом [3, 4, 5, 6, 7]. При регулярном отдыхе в парках горожанами отмечается «досадная» случайность в зонировании и обустройстве территории. Площадки, где концентрируются жители, выглядят особенно неопрятно из-за хаотичного размещения небольших торговых павильонов, каких-либо тематических выставок и др. Малопосещаемые территории парка имеют дикий, заброшенный вид древесно-кустарниковых насаждений, поэтому у отдыхающих нет яркого позитивного впечатления от общения с живой природой. Исследователи отмечают, что в южных городах Российской Федерации, страдающих от избытка солнца, мало тенистых деревьев, водных поверхностей [2, 3, 6, 7].

К современным озеленителям пришло понимание важности оценки не только экологического состояния парковых насаждений, которые повсеместно страдают от повышенной антропогенной нагрузки (повышенная рекреационная нагрузка, промышленное загрязнение атмосферы и почвы), но и изменения профессионального подхода к проектированию и обустройству зон отдыха. Многие исследователи рекомендуют ориентироваться на создание экологических парков, где также учитываются экономические затраты на создание и содержание парков. Научные исследования, направленные на анализ и оценку эффективности интеграции растительных элементов в городской ландшафт, особенно в контексте популярных городских достопримечательностей, представляют значительный интерес для разработки стратегий устойчивого городского развития [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12], повышения качества жизни горожан и оптимизации экологической функциональности городских пространств.

В настоящее время существуют единичные примеры озеленения активных зон отдыха, отсутствует научный подход к подбору ассортимента растений, учитывающий природно-климатические условия в контексте с тематикой обустройства площадки.

Поэтому целью наших исследований являлся комплексный анализ зон активного отдыха в городском парке и научно-обоснованный подбор ассортимента древесных и травянистых растений, адаптированный к урбанизированной среде и имеющий высокие эстетические и экологические показатели.

Материалы и методы. Объектом изучения являлся видовой ассортимент, применяемый для формирования активных зон отдыха (Луна-парков) в Южном федеральном округе: ЦПКиО в г. Волгоград и парка "Ривьера" в г. Сочи, где были реализованы новые подходы к озеленению, позволяющие привлекать высоко декоративные виды древесной и травянистой флоры, которые гармонично сочетаются с мобильными центрами досуга и развлечений, требуют минимальных лесоводственных и агротехнических уходов.

Парк ЦПКиО в г. Волгограде занимает площадь 2956 м², сформирован в зоне с резко континентальным климатом, где средняя температура зимой составляет -8-12 °С, в июле-августе около +22-24 °С, что соответствует 4-й Зоне зимостойкости (USDA). Из-за низкого количества выпадающих осадков (около 400 мм/год) требуется регулярный полив растений. Парк «Ривьера» в г. Сочи расположен на площади 4950 м². Для территории характерно наличие субтропического климата, с тёплой дождливой зимой и влажным, но солнечным летом. Среднегодовая температура составляет +15,3 °С, за год выпадает 1644 мм осадков. Зона морозостойкости (USDA) – 9a/9b.

Зона морозостойкости (USDA) определялась согласно Ir.M.H.A. Hofman; Drs. M.B.M. Raveslot "Winterhardheid van boornkwekeriioewassen" (1998), где при зонировании учитываются агроклиматические особенности местности. **Зимостойкость:** USDA 1 – температурный диапазон $<-45,5^{\circ}\text{C}$, USDA 2 – $-45,5-40,1^{\circ}\text{C}$, USDA 3 – $-40,0-34,5^{\circ}\text{C}$, USDA 4 – $-34,4-28,9^{\circ}\text{C}$, USDA 5 – $-28,8-23,4^{\circ}\text{C}$, USDA 6 – $-17,7-12,3^{\circ}\text{C}$; USDA 7 – $-12,2-6,7^{\circ}\text{C}$; USDA 8 $^{\circ}\text{C}$.

При подборе посадочного материала были задействованы европейские и российские питомники, а также лично выращенные декоративные растения.

Ассортимент древесных и травянистых видов подбирался с учетом их перспективности к дальнейшему росту в открытом грунте на стационарных площадках, например в буферной зоне или в других зонах активного отдыха.

Оценка экологического состояния, декоративности, фитосанитарной устойчивости осуществлялась по общепринятым методикам. Наиболее успешным методом, который включает в себя предварительный анализ природно-климатических факторов местности и экологических особенностей растений перед реализацией плана (проекта), является метод тематического исследования (кейс-стадий). При этом методе учитываются: территориальная близость парковой зоны, количество и возрастная структура отдыхающих, сезонность и ежедневная (почасовая) загруженность, что позволяет грамотно обустроить парковую территорию, сочетать озеленительные и игровые зоны непосредственно в активной зоне отдыха.

Оценка экологического состояния растений проводилась визуально по балльной системе: здоровые растения 1,0-1,5 балла; слабо ослабленные 1,6-2,5; сильно ослабленные 2,6-3,5; умирающие 3,6-4,5; сухостой 4,6 и выше [13].

Уход за растениями осуществляется после завершения работ по озеленению. Полив выполняется автоматической системой, которая учитывает гидротермические параметры окружающей среды и фенологическое развитие растений. Высаженные растения (приствольные круги) мульчируют (геотекстиль, галька), чтобы свести к минимуму агротехнический уход. Удаление сорняков проводят раз в неделю (на такой площади обычно не более 15-20 шт.), дважды в сезон для сформированных растений (спирали, тосканы, триболы и т.п.) требуется поддерживающая стрижка, многолетники оставляем без обрезки до весны.

Результаты и обсуждение. Анализ застройки современных городских территорий, в том числе Волгограда, Сочи, показал, что чаще всего происходит уплотнение жилой застройки, что приводит к увеличению количества высотных жилых зданий, уменьшению площади, которая выделяется под озеленение [8, 14, 11, 15, 16]. Здесь наблюдается социально-экологическое противоречие, когда люди получают более благоустроенное жилье, но менее комфортные прилегающие территории, как, например, дворики около пятиэтажек, что серьезно ухудшает экологические, санитарно-гигиенические и др. параметры, связанные с оздоровлением городской среды. Поэтому современные ландшафтные дизайнеры, озеленители ищут новые подходы к освоению неблагоустроенных территорий, реновацию существующих зеленых зон (парков, скверов, пешеходных зон и др.). Ильина И. Н., [17] считает, что современный этап благоустройства Москвы, является примером повышения качества городской среды, который ориентирован на создание «города, удобного для жизни».

При ландшафтном подходе в озеленении, являющемся наиболее современным методом и адаптированным к социально-природной среде, необходимо осуществлять выделение функциональных зон (активная, пассивная, буферная), которые могут располагаться дискретно на территории парка, чтобы максимально оптимизировать доступность к рекреации жителей. Современные городские парки – это динамическое пространство, которое должно отвечать требованиям различных поколений, поэтому важно правильно зонировать территорию парка. Для повышения социальной значимости парка как рекреационного объекта необходимо провести тщательный анализ экологического состояния существующих насаждений и их роль в формировании благоприятной окружающей среды. Классическое исполнение зоны активного отдыха включает большое количество площадей, где преобладает оформление в виде цветочных и газонных композиций, небольших водоемов, фонта-

нов, асфальтированных или плиточных покрытий, фонарное освещение. На таких территориях располагаются игровые зоны, которые часто не имеют тематических различий и разграничений, а озеленение считается необязательным или второстепенным [18, 19]. Поэтому целостное восприятие таких зон, чаще всего из-за отсутствия индивидуальности, приводят к унификации, однообразию, невозможности эти зоны соотносить (идентифицировать) с каким-либо конкретным городом или парком [20, 21].

Современные городские парки, где проводят ландшафтное зонирование территории, в качестве рекламного хода, стали зоны активного отдыха называть «Луна-парк». Согласно С. И. Ожегова, Н. Ю. Шведовой, 1997, Луна-парк – это городской парк с аттракционами и увеселительными павильонами. Впервые термин «Luna park» и территория, где были собраны несколько аттракционов, появился в США в 1901 году. Авторами проекта стали Ф. Томпсон и Э. Данди, которые назвали парковую зону по названию корабля «Луна», участвовавшего в аттракционе «Полёт на Луну» (https://en.wikipedia.org/wiki/Luna_Park 1903). В царской России первый Луна-парк в стиле Лондонского парка открыли в Санкт-Петербурге в 1912 году, чтобы развлекать публику захватывающими путешествиями (<https://www.citywalls.ru/house>). Сейчас идею Луна-парка активно продвигают в Москве, Волгограде, Оренбурге, Сочи.

При ландшафтном обустройстве активных зон отдыха можно реализовать два подхода. В первом случае, как в ЦПКиО в г. Волгограда, на исходной (нулевой) территории запроектированы развлекательные тематические площадки, которые необходимо «оживить» озелененными пространствами, чтобы изолировать один аттракцион от другого и подчеркнуть географическую или историческую идентичность. Во втором случае, как в парке «Ривьера» в г. Сочи, где на парковой территории произрастают взрослые насаждения, площадки с аттракционами необходимо грамотно вписать в существующее зеленое пространство, добавив цветовые акценты и разграничивающие элементы, такие как микрофитоценозы в контейнерах.

ЦПКиО в городе Волгоград. В 2019 году для размещения Луна-парка была выделена асфальтированная площадка площадью 2 956 кв.м., на которой смонтировали 15 аттракционов с тематикой путешествия. Для создания композиционного единства объекта соорудили деревянный настил, деревянные ящики (контейнеры) для растений и обзорный мостик, (рисунки 1, 2). Формы контейнеров для размещения растений были подобраны в соответствии с дизайнерской тематикой, имели ограждающую, объединяющую и эстетическую функции. Были высажены растения, устойчивые к засушливым условиям, отвечающие требованиям в активной зоне отдыха, поддерживающие тематику каждого аттракциона (таблицы 1, 2), смонтирована автоматическая система полива, произведено мульчирование. В 2020 г. из-за COVID-19, зона «Луна-парка» была демонтирована, а аттракционы и растения размещены и рассажены по всему парку.

Наиболее сложным и важным этапом проекта озеленения является правильный подбор растений и их размещение в парке, так как даже незначительные микрорландшафтные и почвенные особенности влияют на успешность не только лесокультурных работ, но и долговечность насаждений [5, 8, 11, 22]. Большой научно-практический опыт работы в городских парках позволил почти безупречно разработать и внедрить новаторские идеи в ЦПКиО в г. Волгограда и в парке «Ривьера» в г. Сочи.

При подборе растений, которые будут расти в контейнерах, необходимо соблюдать особые требования к ассортименту, учитывать, что они будут произрастать в ограниченном пространстве. Растения должны быть фитоценотически совместимыми, не должны быть ядовитыми, обладать гипоаллергенными качествами, способными расти в ограниченном объеме почвенного субстрата и сохранять жизнеспособность при следующей пересадке на постоянное место.

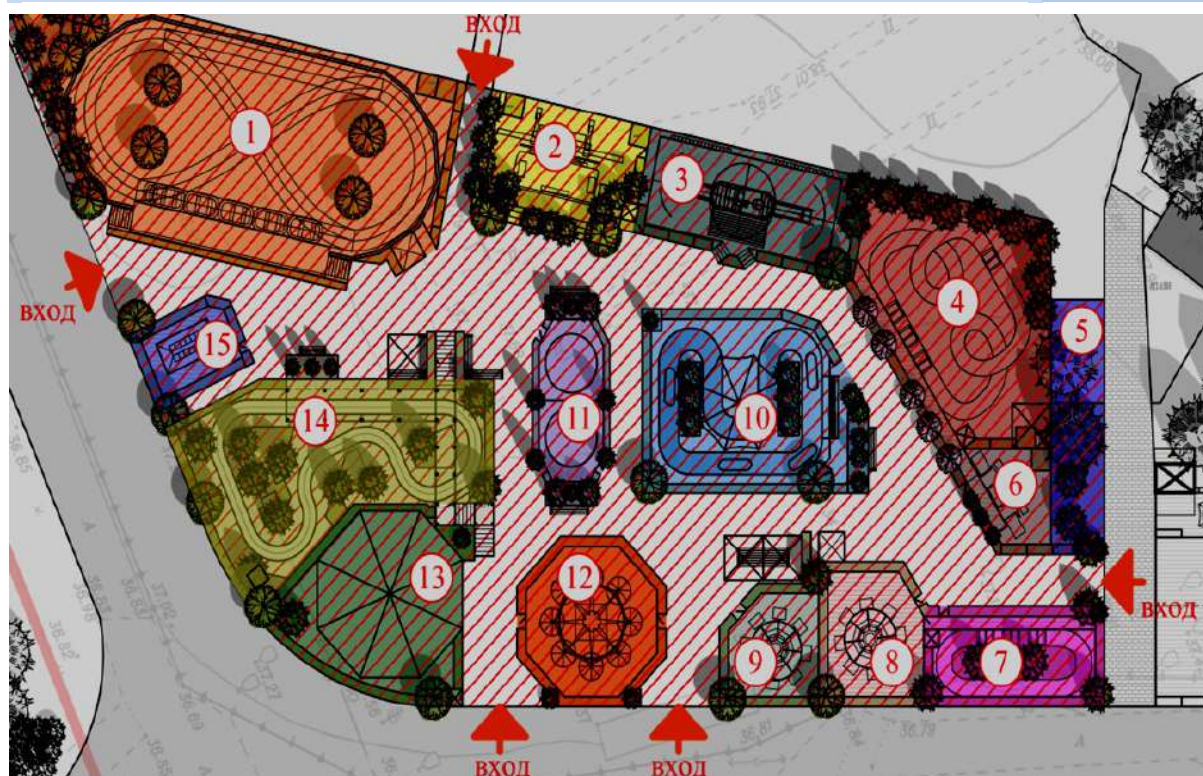


Рисунок 1 – План активной зоны отдыха (Луна-парк) в ЦПКиО в Волгограде
1 – «Гусеница»; 2 – «Желтая подводная лодка», 3 – «Рокин таг», 4 – «Эйфелева башня»,
5 – Техническая зона, 6 – «Мини колесо обозрения», 7 – «Паровозик», 8 – «Мини-джет марс»,
9 – «Мини-джет машинки», 10 – «Индийская река «Каное», 11 – Зона аттракционов для малышей
«Мини цепочка», «Мини лошадки», 12 – «Воздушные шары», 13 – Стеклопавильон с качалками,
14 – «Дилижанс», 15 – «Качели»

Figure 1 – Plan of the active recreation area (Luna Park) in the Central Park in Volgograd
1 – "Caterpillar"; 2 – "Yellow submarine", 3 – "Rokin Tag", 4 – "Eiffel Tower", 5 – Technical zone,
6 – "Mini Ferris wheel", 7 – "Steam train", 8 – "Mini jet Mars", 9 – "Mini-jet cars", 10 – "Indian river" Canoe",
11 – Amusement area for kids "Mini chain", "Mini loshadki", 12 – "Balloons",
13 – Glass pavilion with rocking chairs, 14 – "Stagecoach", 15 – "Swing"



Рисунок 2 – Ландшафтное озеленение активной зоны отдыха в Волгограде
Figure 2 – Landscaping of an active recreation area in Volgograd

Для создания древесно-кустарниковых композиций было использовано 14 видов, в том числе 10 видов хвойных растений, сохраняющих высокую декоративность в осенне-зимний период, таблица 1. Акцент в озелененном пространстве делается на разнообразии форм крон, которые могут иметь правильную геометрическую форму и образовывать запланированный объем в пространстве, перекликаясь с развлекательными аттракционами. Листопадные породы представлены: карликовыми формами (*Betula pendula Youngii*), видами, сформированными на штамбе (*Prunus triloba*), породами с широко округлыми ажурными кронами (*Acer platanoides*, (*Sorbus aucuparia*).

Для посадки применяются растения с закрытой корневой системой размер земляного кома должен соответствовать посадочной высоте растения, которая выбирается в зависимости от целевого назначения насаждения. Постоянное посадочное место в парке готовится в соответствии с дендрологическим планом, а также с учетом возрастных изменений породы и возможностью насыщения древесно-кустарниковых насаждений переносными контейнерными микрофитоценозами с древесными и травянистыми растениями.

Таблица 1 – Характеристика деревьев и кустарников для создания озелененного пространства в активной зоне отдыха ЦПКиО г. Волгоград

Table 1 – Characteristics of trees and shrubs for creating a green space in the active recreation area of the Central Park of Volgograd

№	Наименование / Name	Посадочная высота растения, м / Planting height of the plant, m	USDA	Декоративные качества кроны растения / Decorative qualities of the crown of the plant
1	2	3	4	5
1	Сосна обыкновенная / Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i>)	2,0-2,5**	1	Крона коническая в молодом возрасте, имеет высокую ажурность / The crown is conical at a young age, has a high openwork
2	Сосна кедровая европейская / European pine (<i>Pinus cembra</i>)	1,7**	4	В молодом возрасте крона плотная узкопирамидальная, затем формируется овальная форма с низко опущенными ветвями / At a young age, the crown is dense, narrowly pyramidal, then an oval shape is formed with low-hanging branches
3	Можжевельник скальный Скайрокет / Rock juniper Skyrocket (<i>Juniperus scopulorum Skyrocket</i>)	1,7**	4	Крона колонновидная, хвоя с сизым оттенком / The crown is columnar, needles with a bluish tinge
4	Туя западная Смарагд Тоскана / Thuja occidentalis Smaragd Tuscany (<i>Thuja occidentalis Smaragd Toscanae</i>)	2,0**	5	Узко колонновидная крона плотно насыщенная ветвями, имитация кипариса / Narrow columnar crown densely saturated with branches, imitation of cypress
5	Туя западная Смарагд спираль / Thuja occidentalis Smaragd spiral (<i>Thuja occidentalis Smaragd Spiral</i>)	1,7**	5	Крона коническая, очень плотная, часто многоствольная, сформированная в виде спирали / The crown is conical, very dense, often multi-stemmed, formed in the form of a spiral
6	Туя западная Смарагд Трибол / Thuja occidentalis Smaragd Tribol (<i>Thuja occidentalis Smaragd Tribol</i>)	1,7**	5	Крона сформирована в виде трех равноудаленных шаров, расположенных на вертикальном стволе / The crown is formed in the form of three equidistant balls located on a vertical trunk

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
7	Туя западная Смарагд Мультибол / <i>Thuja occidentalis Smaragd Multibol</i> (<i>Thuja occidentalis Smaragd Multibol</i>)	1,5**	5	Крона сформирована в виде шаров на отдельных стволах / The crown is formed in the form of balls on individual trunks
8	Туя западная Глобоза / <i>Thuja occidentalis Globosa</i> (<i>Thuja occidentalis Globosa</i>)	0,8 ***	5	Округлая форма кроны, хвоя светло-зеленая / Rounded crown shape, light green needles
9	Тис средний Хикси / <i>Yew Medium Hicksey</i> (<i>Taxus media Hicksii</i>)	1,5***	5	Гибридный сорт с кроной в виде широкой колонны, образует плотную крону из прямостоячих ветвей / A hybrid variety with a crown in the form of a wide column, forms a dense crown of erect branches
10	Тис средний Хилли / <i>Yees Medium Hilly</i> (<i>Taxus media Hillii</i>)	1,2***	5	Гибридный сорт, крона плотная, компактная, широкопирамидальная / Hybrid variety, the crown is dense, compact, broadly pyramidal
11	Береза повислая Юнги / <i>Hanging birch cabin boys</i> (<i>Betula pendula Youngii</i>)	1,7-2,0**	2	Карликовая форма с ажурной, очень плакучей и не густой кроной, напоминает зонтик / The dwarf form with an openwork, very weeping and not dense crown, resembles an umbrella
12	Клён остролистный (платановидный) / <i>Norway maple</i> (<i>sycamore</i>) (<i>Acer platanoides</i>)	5,0*	4	Крона широкоокруглая, достаточно ажурная / The crown is broadly rounded, quite openwork
13	Рябина обыкновенная / <i>Quicken</i> (<i>Sorbus aucuparia</i>)	4,0*	3	Крона яйцевидная, достаточно ажурная / The crown is ovate, quite openwork
14	Миндаль трехлопастный / <i>Three-lobed almonds</i> (<i>Prunus triloba</i>) штаб / trunk	1,2*	5	Округлая форма кроны на привитом штамбе / Rounded crown shape on grafted trunk

Размер контейнера: * – диаметр кома – 80 см, контейнер для посадки – 1,2 м x 1,2 м, высотой 1,0 м;

** – диаметр кома – 40 см, контейнер для посадки – 1,2 м x 1,2 м, высотой 0,8 м; *** – диаметр кома – 40 см, контейнер для посадки – 0,6 м x 0,5 м и высотой 0,8 м.

Container size: * – ball diameter – 80 cm, planting container – 1.2 m x 1.2 m, height 1.0 m; ** – diameter of the ball – 40 cm, container for planting – 1.2 m x 1.2 m, height 0.8 m; The diameter of the ball is 40 cm, the container for planting is 0.6 m x 0.5 m and the height is 0.8 m.

При формировании изолированных микрофитоценозов, произрастающих в контейнерах, должны соблюдаться принципы фитоценотической совместимости растений, чтобы одни виды не подавляли рост и развитие других видов, таблица 2. Центром композиции в микрофитоценозах могут быть древесные или древесно-кустарниковые группы растений, имеющие многоярусную структуру, где более высокие растения сосредоточены в центре, а низкорослые виды расположены по периметру. Чтобы подчеркнуть цветовую гамму древесных пород в микрофитоценозах, рекомендуется подбирать травянистые многолетники с другой цветовой гаммой. Используемые виды травянистых растений также должны служить как покрывное покрытие и не создавать негативных аллелопатических взаимодействий.

Таблица 2 – Характеристика травянистых видов для создания мобильных композиций озелененного пространства в активной зоне отдыха ЦПКиО г. Волгоград

Table 2 – Characteristics of herbaceous species for creating mobile compositions of green space in the active recreation area of the Central Park of Volgograd

№	Наименование / Name	Высота, м / Height, m	US DA	Цветовая гамма листьев / Color scheme of leaves	Особенности цветения / Flowering features	Потребность в агротехническом уходе / The need for agronomic care
1	2	3	4	5	6	7
1	Дербенник иволистный / Willow-leaved merlin (<i>Lythrum salicaria</i>)	0,4	4	Листья темно- зеленые / The leaves are dark green	Июль-август, прямостоячее метельчатое со- цветие фиолето- вого цвета / July- August, erect pa- nicate inflores- cence of purple color	Регулярный обиль- ный полив, удале- ние засохших ли- стьев и соцветий / Regular abundant watering, removal of dried leaves and inflorescences
2	Вейник остроцветковый Карл Форстер / Sharp-flowered reed grass Carl Forster (<i>Calamagrostis acutiflora Karl Foerster</i>)	0,5	4	Листья тон- кие, узкие, шириной до 1 см, имеют яркую темно- зеленую глян- цевую окраску / The leaves are thin, narrow, up to 1 cm wide, and have a bright dark green glossy color	Июль-сентябрь, метельчатые со- цветия имеют бежево- соломенную (до красно- коричнево- желтой) окраску / July-September, panicle inflores- cences have a beige-straw (to red-brown-yellow) color	Регулярный полив, удаление засохших листьев и соцветий / Regular watering, removal of dried leaves and inflores- cences
3	Котовник Фассена (кошачья мята) / Fassen's catnip (catnip) (<i>Nepeta faassenii</i>)	0,3	5	Листья серо- зеленые, опушенные / The leaves are gray-green, pubescent	Июль-август, со- цветия лавандо- вых оттенков / July-August, lav- ender inflores- cences	Регулярный полив, удаление засохших листьев и соцветий / Regular watering, removal of dried leaves and inflores- cences
4	Ковыль узколистый / Narrow-leaved feather grass (<i>Stipa tenuifolia</i>)	0,5	4	Ярко зеленая весной, летом темно зеле- ная / Bright green in spring, dark green in summer	Начало лета (ко- нец мая – начало июня) / Early summer (late May – early June)	Регулярный полив, удаление засохших листьев / Regular watering, removal of dried leaves
5	Лаванда узколистная Манстэд / Narrow-leaved lavender Manstead (<i>Lavandula angustifolia Munstead</i>)	0,5	5	Серебристо- зеленая листва с вы- раженным опушением / Silvery-green foliage with pronounced pubescence	Июль-август, со- цветия фиолето- вого оттенка / July-August, inflo- rescences of a purple hue	Периодически по- ливать, подкармли- вать, рыхлить грунт вокруг, ежегодно проводить обрезку / Periodically water, feed, loosen the soil around, prune annu- ally

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
6	Тысячелистник обыкновенный / Yarrow (<i>Achillea millefolium</i>)	0,5	2	Серо-зеленые листья сильно рассеченные / Gray-green leaves, strongly dissected	Июнь-август, соцветия вишнёвые, красно-коричневые, лимонно-жёлтые, оранжевые / June-August, inflorescences are cherry, red-brown, lemon-yellow, orange	Регулярный полив, удаление засохших листьев и соцветий / Regular watering, removal of dried leaves and inflorescences
7	Молиния тростниковая Морексе / Molinia reed Morexe (<i>Molinia caerulea Moorhexe</i>)	0,3	5	Листья узкие, сизо-зеленые, осенью золотисто-коричневые / The leaves are narrow, bluish-green, golden brown in autumn	Соцветие метельчатое с окраской от светло-бурой до темно-фиолетовой или пурпурной / The inflorescence is paniculate with a color from light brown to dark purple or purple	Обильный полив, подкормка, удаление засохших листьев и соцветий, выращивать около водных источников / Abundant watering, feeding, removal of dried leaves and inflorescences, grow near water sources
8	Осока Моррова / японская Вариегата / Morrova sedge / Japanese Variegata (<i>Carex morrowii / japonica Variegata</i>)	0,3	5	Листья пестрой окраски – светло-зеленый фон с сизой окантовкой / The leaves are variegated in color – a light green background with a bluish edging	Соцветия вырастают до 30 см, бурые, собраны в пучки / Inflorescences grow up to 30 cm, brown, collected in bunches	Обильный полив, удаление засохших листьев и соцветий / Abundant watering, removal of dried leaves and inflorescences
9	Пеннисетум лисохвостный Хамельн / Pennisetum foxtail Hameln (<i>Pennisetum alopec. Hameln</i>)	0,4	5	Листья длинные, узкие ярко зеленые летом, осенью золотисто-желтые / The leaves are long, narrow, bright green in summer, golden yellow in autumn	Пушистый колосок-метелка, имеет белые, красные, пурпурные оттенки / Fluffy spikelet-panicle, has white, red, purple shades	Регулярный полив, удаление засохших листьев и соцветий / Regular watering, removal of dried leaves and inflorescences
10	Погоз широколистный / Broad-leaved cattail (<i>Typha latifolia</i>)	0,7	3	Листья темно-зеленые / The leaves are dark green	Початок темно-коричневого цвета на конце стебля / The ear is dark brown at the end of the stem	Частый полив, подкормка, удаление засохших листьев, растет около воды / Frequent watering, feeding, removal of dried leaves, grows near water

Парк "Ривьера" в г. Сочи. Это площадка с аттракционами у Северного входа. Площадь участка 4 950 кв. м. Проект с 2022 г. находится в стадии активной реализации. Здесь построено 16 аттракционов, которые расположены на участках, вписанных в существую-

щий ландшафт с возрастными посадками. В данном случае композиционно объединяющим элементом послужили сами растения, (рисунок 3), для которых характерны групповые посадки с повторяющимися цветовыми элементами.



Рисунок 3 – Активная зона отдыха – Парк «Ривьера» в г. Сочи,
а) план 3D модель, б) ландшафтное озеленение

Figure 3 – Active recreation area – Park «Riviera» in Sochi, a) 3D model plan, b) landscape gardening

Анализ ассортимента существующих насаждений показывает наличие высокого биоразнообразия различных жизненных форм растений (таблица 3). Высокорослые деревья представлены 10 видами, среди которых 4 – это хвойные и вечнозеленые растения, сохраняющие декоративность в течение всего года. Также для создания многоярусных декоративных групп здесь имеется 12 видов кустарников (вечнозеленых – 5), отличающихся разнообразием форм кроны. Субтропическая атмосфера парка подчеркивается многолетними травянистыми растениями (8 видов), часто имеющими суккулентную структуру листьев.

Для формирования открытых и полуоткрытых пространств в активной зоне отдыха были добавлены крупногабаритные контейнеры, где в соответствии с тематикой (идеей) были созданы микрофитоценозы, сочетающие различные жизненные формы, цветовую гамму, габитус.

Таблица 3 – Виды, произрастающие в активной и буферной зонах парка «Ривьера», г. Сочи
Table 3 – Species growing in the active and buffer zones of the «Riviera» Park, Sochi

№	Наименование / Name	Жизненная форма / Lifeform	Таксационные показатели, м / Inventory indicators, m		Биоклима- тический потенциал, °C / Bioclimatic potential, °C	Практическое применение / Practical application
			Высота / height	ширина кроны / crown width		
1	2	3	4	5	6	7
1	Агава американская / American Agave (<i>Agave americana</i>)	травянистое многолетнее / herbaceous perennial	0,8	0,8	23,3-17,8	декоративные группы / decorative groups
2	Айлант высочайший / Ailanthus the highest (<i>Ailanthus altissima</i>)	дерево / tree	9,0	6,0	-23,3-17,8	создание тенистых аллей / creating shady alleys
3	Банан японский / Japanese banana (<i>Musa basjoo</i>)	травянистое многолетнее / herbaceous perennial	0,5-2,0	0,5-1,5	-17,7-12,3	декоративные группы / decorative groups

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
4	Барбарис Сулье / Barberry Soulier (<i>Berberis soulieana</i>)	вечнозеленый кустарник / evergreen shrub	0,4-1,5	0,5-1,2	-23,3-17,8	живая изгородь или низкорослые бордюры / hedges or low-growing borders
5	Бересклет японский <i>Japanese euonymus</i> <i>Euonymus japonicus</i>)	кустарник / bush	1,0	0,8	-23,3-17,8	красивые многоярусные композиции / beautiful multi-tiered compositions
6	Бересклет японский ф. «Мелколистный» <i>Euonymus japonica f.</i> "Small-leaved" <i>Euonymus</i> <i>japonicus Thunb. cv.</i> <i>Microphyllus</i>)	кустарник вечнозеленый / evergreen shrub	0,3-0,5	0,2-0,4	-23,3-17,8	живая изгородь или низкорослые бордюры / hedges or low-growing borders
7	Бешорнерия прицветниковая (мексиканская агава) / Beshorneria bract (Mexican agave) (<i>Beschorneria yuccoides</i>)	многолетник / perennial	0,6	0,6	-12,2-6,7	клумбовые композиции / flower beds
8	Бирючина овальнолистная / Oval-leaved privet (<i>Ligustrum ovalifolium</i>)	кустарник / bush	0,7-1,3	0,6-0,8	-17,7-12,3	живая изгородь / hedge
9	Бирючина блестящая / Shiny privet (<i>Ligustrum lucidum</i>)	вечнозеленое дерево / evergreen tree	1,0-3,0	1,0-3,0	-17,7-12,3	красивые многоярусные композиции / beautiful multi-tiered compositions
10	Бузина черная (древовидная) / Black elderberry (arborescent) (<i>Sambucus nigra</i>)	кустарник / bush	2,5	2,5	-28,8-23,4	красивые многоярусные композиции / beautiful multi-tiered compositions
11	Бутия Бонета / Butia Boneta (<i>Butia bonnetii</i>)	пальма, вечнозеленое / palm tree, evergreen	2,5	4,5	-17,7-12,3	создание аллей и солитеров / creating alleys and solitaires
12	Вяз граболистный / Hornbeam elm (<i>Ulmus carpinifolia</i>)	дерево / tree	7,5	3,5	28,8-23,4	создание групп / creating groups
13	Гортензия крупнолистная / Hydrangea grandifolia (<i>Hydrangea macrophylla</i>)	кустарник / bush	0,8	0,8	-23,3-17,8	красивые многоярусные композиции / beautiful multi-tiered compositions
14	Граб обыкновенный <i>Common hornbeam</i> <i>Carpinus betulus</i>)	дерево / tree	23,0	15,0	-28,8-23,4	создание солитеров, групп / creating solitaires, groups
15	Дуб иберийский / Iberian oak (<i>Quercus faginea</i>)	дерево / tree	24,0	17,0	-28,8-23,4	создание аллей и солитеров, групп / creation of alleys and solitaires, groups

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
16	Кедр гималайский / Himalayan cedar (<i>Cedrus deodara</i>)	дерево вечнозеленое / evergreen tree	23,0	12,0	17,7-12,3	создание аллей и солитеров, групп / creation of alleys and solitaires, groups
17	Кизильник горизонтальный / Cotoneaster horizontal (<i>Cotoneaster horizontalis</i>)	кустарник / bush	0,25	0,8	-23,3-17,8	живая изгородь или низкорослые бордюры / hedges or low-growing borders
18	Клен ясенелистный / Ash-leaved maple (<i>Acer negundo</i>)	дерево / tree	10,0	7,5	-34,4-28,9	создание групп / creating groups
19	Кордилина нераздельная / Cordylina inseparabile (<i>Cordylina indivisa</i>)	ложная пальма / false palm	0,8-2,5	0,8-1,5	-23,3-17,8	декоративные группы / decorative groups
20	Магнолия крупноцветковая / Magnolia grandiflora (<i>Magnolia grandiflora</i>)	вечнозеленое дерево / evergreen tree	6,0-12,0	5,0-7,0	-12,2-6,7	создание аллей и солитеров, групп / creation of alleys and solitaires, groups
21	Новозеландский лён (Формиум прочный) / New Zealand Linen (Formium Durable) (<i>Phormium tenax</i>)	травянистое многолетнее / herbaceous perennial	0,7-1,2	0,6-1,0	-17,7-12,3	декоративные группы / decorative groups
22	Олеандр гибридный / Hybrid oleander (<i>Nerium oleander</i>)	кустарник вечнозеленый / evergreen shrub	3,5	2,5	-12,2-6,7	красивые многоярусные композиции / beautiful multi-tiered compositions
23	Османтус разнолистный / Osmanthus variegifolia (<i>Osmanthus heterophyllus</i>)	вечнозеленый кустарник / evergreen shrub	5,0	4,0	-28,8-23,4	красивые многоярусные композиции / beautiful multi-tiered compositions
24	Платан западный / Sycamore occidentalis (<i>Platanus occidentalis</i>)	дерево / tree	25,0-28,0	15,0-19,0	-23,3-17,8	создание аллей и солитеров / creating alleys and solitaires
25	Спирея Вангутта / Spirea vangutta (<i>Spiraea vanhouttei</i>)	кустарник / bush	0,8-1,2	0,6-0,8	-34,4-28,9	живая изгородь / hedge
26	Самшит вечнозеленый / Boxwood evergreen (<i>Buxus sempervirens</i>)	кустарник вечнозеленый / evergreen shrub	0,8	0,8	-23,3-17,8	красивые многоярусные композиции / beautiful multi-tiered compositions
27	Таксодий остроконечный / Taxodium pointed (<i>Taxodium distichum</i>)	хвойное листопадное дерево / coniferous deciduous tree	28,0	15,0	-23,3-17,8	создание солитеров, групп / creating solitaires, groups
28	Трахикарпус Форчуна / Trachycarpus fortune (<i>Trachycarpus fortunei</i>)	пальма, вечнозеленое / palm tree, evergreen	0,8-5,0	2,0-2,5	-17,7-12,3	создание аллей и солитеров / creating alleys and solitaires

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
29	Хеномелес прекрасная / Chaenomeles the Beautiful (<i>Chaenomeles speciosa</i>)	кустарник / bush	1,2	1,2	-34,4-28,9	красивые многоярусные композиции / beautiful multi-tiered compositions
30	Эвкалипт прутовой / Eucalyptus twig (<i>Eucalyptus rodwayi</i>)	дерево вечнозеленое / evergreen tree	19,0	11,0	-12,2-6,7	создание ароматических многоярусных насаждений / creation of aromatic multi-tiered plantings
31	Ясень обыкновенный / Common ash (<i>Fraxinus excelsior</i>)	дерево / tree	8,5-23,0	14,0	-34,4-28,9	создание аллей и солитеров, групп / creation of alleys and solitaires, groups
32	Юкка славная / Yucca gloriosa (<i>Yucca gloriosa</i>)	многолетнее вечнозеленое / perennial evergreen	0,4-1,5	0,4-1,3	-17,7-12,3	декоративные группы / decorative groups

Анализ данных, представленных в таблицах, позволяет увидеть, как подбирается ассортимент растений в каждом конкретном примере с учетом исходных данных, уникальных требований и целей проекта.

В контексте поставленных задач по озеленению объекта в городе Сочи был определен минимальный дополнительный набор растительности, соответствующий местным природно-климатическим условиям, деликатно сочетающий существующие зеленые насаждения и оборудование для аттракционов. Для живой изгороди, выполняющей роль барьера между микрорайонами, использовался Кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus*). Можжевельник казацкий «Фемина» (*Juniperus sabina* «Femina»), благодаря широко раскидистой кроне, применяется как солитер или в группах с участием травянистых растений. Для создания атмосферы «диких» субтропиков хорошо себя зарекомендовали: Банан японский (*Musa basjoo*) и Псевдосаса японская (стреловидный бамбук) (*Pseudosasa japonica*). Для выравнивания цветового восприятия и создания ярких акцентных пятен хорошо подходят низкорослые многолетние растения: Астра кустарниковая (*Aster dumosum*), Вейник остроцветковый Карл Форстер (*Calamagrostis acutiflora* Karl Foerster), Ковыль узколистный (*Stipa tenuifolia*), Пеннисетум лихостовный (*Pennisetum alopecuroides*), Хоста гибридная «Патриот» (*Hosta hybrida* Patriot).

Ассортимент растений волгоградского и сочинского Луна-парка служит примером целенаправленного тематического подбора растений, который способствует созданию уникальной атмосферы для каждой развлекательной зоны.

Примером такого подхода может служить использование Тиса Хикси и Т. Хилли (*Taxus media Hicksii*; *T. media Hillii*) в непосредственной близости от аттракциона «Желтая подводная лодка», где они выполняют не только декоративную функцию, но и создают визуальное впечатление морских водорослей, усиливая подводную тематику.

Вдоль ограждения аттракциона «Эйфелева башня», высаженные деревца штамбовой формы Миндаля трехлопастного (*Prunus triloba*), дополненные розами, напоминают городские аллеи посадки, что придает данной зоне особый городской характер, напоминающий Францию.

Внутреннее пространство аттракциона «Дилижанс» оформлено в стиле хвойного леса (С. обыкновенная (*Pinus sylvestris*), С. кедровая европейская (*Pinus cembra*)) с добавлением луговых трав, а вокруг аттракциона «Индийская река «Каноз» были высажены Осока Моррова японская Вариегата (*Carex morrowii / japonica Variegata*), Ирис сибирский (*Iris sibirica*), Мискантус китайский (*Miscanthus sinensis*), Молиния тростниковая Морексе (*Molinia caerulea Moorhexe*), Дербенник иволистный (*Lythrum salicaria*), Рогоз широколистный (*Typha*

latifolia), Схеноплектус озерный (*Schoenoplectus lacustris*) и Береза повислая Юнги (*Betula pendula Youngii*). Лаванда узколистная Манстэд (*Lavandula angustifolia Munstead*), используемая в качестве композиционно объединяющего элемента, добавляет цветовой акцент и ароматическое восприятие к общей картине.

Особого внимания заслуживает использование различных видов можжевельников и туй для выращивания в крупногабаритных контейнерах. Перспективные образцы и сорта могут отличаться значительными вариациями окраски хвои, которая может быть темно-зеленого, голубоватого, желтоватого оттенков и иметь другие особенности. Еще одним интересным аспектом, привлекающим дендрологов и озеленителей, является разнообразие форм кроны (колоновидная, пирамидальная, овальная, шарообразная и др.), а при необходимости они хорошо переносят стрижку и можно смоделировать желаемую форму и поддерживать её в дальнейшем. Чтобы создать впечатление путешествия по Средиземноморью, были посажены Туи западные Смарагд Тоскана (*Thuja occidentalis Smaragd Toscane*), которые расположены таким образом, чтобы сформировались красивые, похожие на кипарисы аллеи. На входе, рядом с аттракционом «Воздушные шары», были посажены стриженные в виде спирали Туи западные Смарагд (*Thuja occidentalis Smaragd Spiral*) и Туи западные Смарагд Трибол (*Thuja occidentalis Smaragd Triobol*), чтобы подчеркнуть формальный стиль и привнести элементы классического садового искусства.

Таким образом, подбор ассортимента растений для озеленения Луна-парка – это тщательно продуманный процесс, учитывающий как функциональные, так и эстетические аспекты. Он основывается на биоэкологическом потенциале растений и способности адаптироваться к соответствующим климатическим условиям, интегрироваться с окружающей средой и тематическими аттракционами, а также на их вкладе в создание желаемой атмосферы и дифференцированным подходом в формировании различных зон развлечений. Можно подчеркнуть, что грамотный выбор растений способствует созданию уникального и привлекательного пространства, которое улучшает визуальные и сенсорные качества Луна-парка, делая его более привлекательным для посетителей и экономически рентабельным.

Заключение. Проанализированы два пути решения комплексного обустройства зон активного отдыха в городском парке, для которых были разработаны научно-практические основы ландшафтного озеленения с учетом природно-ресурсного потенциала территории, биоэкологических особенностей видов и социально-экологических потребностей жителей. Впервые на основе ландшафтного подхода, были разработаны и реализованы авторские идеи по обустройству активных зон отдыха в городском парке. Функциональное зонирование в границах активной зоны в Волгограде проводилось одновременно с размещением аттракционов и благоустройством территории. В Сочи-парке развлекательные аттракционы были интегрированы в существующие древесно-кустарниковые насаждения, где за основу ландшафтного облика была взята физиогномика насаждений, так чтобы развлекательные сооружения образовали единую гармонию. Динамичность активной зоны отдыха может быть реализована за счет смены аттракционов, а также за счет использования мобильных контейнеров-микрофитоценозов, которые можно перемещать в соответствии с тематическим зонированием. На основе комплексного подхода к подбору ассортимента растений (экологичность, безопасность, декоративность, фитоценотическая совместимость) были отобраны различные виды деревьев, кустарников, многолетних трав, которые наилучшим образом отвечают социально-экономическим требованиям населения, формируют устойчивые древесно-кустарниковые насаждения и многокомпонентные микрофитоценозы, растущие в контейнерах в контролируемых условиях. Видовой ассортимент растений может стать оригинальным примером ландшафтного озеленения активных зон отдыха (Луна-парков). При подборе древесных пород основной акцент делается на использовании хвойных видов со строгими геометрическими формами кроны. Для лиственных пород приоритетными являются высокорослые деревья с тенистой и объемной кроной, имеющей декоративные листья, а также различные почвоулучшающие кустарники.

Conclusions. Two ways of solving the complex arrangement of active recreation areas in the city park have been analyzed, for which the scientific and practical foundations of landscape gardening have been developed, taking into account the natural resource potential of the territory, the bioecological characteristics of species and the socio-ecological needs of residents. For the first time, on the basis of a landscape approach, the author's ideas for the arrangement of active recreation areas in an urban park were developed and implemented. Functional zoning within the boundaries of the active zone in Volgograd was carried out simultaneously with the placement of attractions and landscaping.

In Sochi Park, entertainment attractions were integrated into existing tree and shrub plantations, where the physiognomy of the plantations was taken as the basis for the landscape appearance, so that the entertainment facilities formed a single harmony. The dynamism of an active recreation area can be realized by changing attractions, as well as by using mobile containers-microphytocenoses, which can be moved in accordance with thematic zoning. Based on an integrated approach to the selection of a range of plants (environmental friendliness, safety, decorativeness, phytocenotic compatibility), various types of trees, shrubs, perennial grasses were selected that best meet the socio-economic requirements of the population, form stable tree and shrub plantations and multicomponent microphytocenoses growing in containers under controlled conditions. The species assortment of plants can become an original example of landscape gardening of active recreation areas (Amusement parks). When selecting tree species, the main emphasis is on the use of coniferous species with strict geometric crown shapes. For hardwoods, tall trees with a shady and voluminous crown with decorative leaves, as well as various soil-improving shrubs, are preferred.

Библиографический список

1. Анопченко Т. Ю., Мурзин А. Д., Ревунов Р. В. Состояние экологической сферы и векторы повышения эффективности рационального природопользования в Ростовской области. Экономика и экология территориальных образований. 2019. Т. 3. № 2. С. 57-64.
2. Мурзин А. Д. Экологический парк как инструмент обеспечения устойчивости городского пространства. Экономика и экология территориальных образований. 2019. Т. 3. № 4. С. 60-66.
3. Догадина М. А. и др. Декоративные кустарники в адаптивных системах озеленения урбоэкоосреды Центрально-Черноземного района РФ (на примере Орловской области). Journal of Agriculture and Environment. 2023. № 11 (39). <https://jae.cifra.science/archive/11-39-2023-november/10.23649/JAE.2023.39.20>.
4. Карташова Н. П., Селиванова А. С., Молодых М. С. Ландшафтные приемы создания городской системы озеленения. Лесотехнический журнал. 2018. № 2. С. 122-131.
5. Попова В. Т. и др. Видовой состав дендрофлоры и состояние интродуцентов парка Победы г. Воронежа. Лесотехнический журнал. 2019. № 2. С. 74-89.
6. Клемешова К. В., Келина А. В., Слепченко Н. А. Современное состояние озелененных территорий города Сочи. Известия ТСХА. 2019. № 4. С. 112-120.
7. Ширяева Н. В., Анненкова И. В. Устойчивость к вредным членистоногим и болезням древесных пород паркового ассортимента Сочинского Причерноморья. Ботанические сады в современном мире. 2023. № 3. С. 237-240.
8. Семенютина А. В., Ноянова Н. Г. Региональная специфика озеленения малых городов южной сухостепной зоны. Лесн. журн. 2019. № 6. С. 146-159.
9. Анопин В. Н., Махова С. И., Степанова Е. А., Махов И. Д. Экологический подход к выполнению зеленого строительства в условиях Волгограда. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2021. № 4 (85). С. 220-229.
10. Золотарева Е. В., Коренькова Е. А. Оценка влияния типа пространственных структур городских ландшафтных объектов на устойчивость древесных насаждений. Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2023. № 2 (25). С. 83-90.
11. Хужахметова А. Ш., Воронина В. П., Лазарев С. Е. Оценка пространственной структуры древесно-кустарниковых насаждений г. Волгограда по данным мультиспектральных космических снимков. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 218-232.
12. Jogan N., Küzmič F., Šilc U. Urban structure and environment impact plant species richness and floristic composition in a Central European city. Urban Ecosyst. 2022. № 25. Pp. 149-163.
13. Смирнова О. В. Методологические подходы и методы оценки климатического и сукцессионного состояния лесных экосистем (на примере восточноевропейских лесов). Лесоведение. 2004. № 3. С. 15-27.
14. Булдакова Е. А. Современные приемы организации зеленых зон в уплотненной застройке города. Современные научные исследования и инновации. 2012. № 5. <https://web.snauka.ru/issues/2012/05/12660>.
15. Григорьев В. А. Значение ландшафта в сохранении идентичности города. Комплексный подход в ландшафтной архитектуре городских пространств: проблемы и решения: сборник тезисов XIII международной конференции. Санкт-Петербург, 2019. С. 6-9.
16. Трубина Л. К., Сазонова Л. Е. Анализ подходов к формированию экологического каркаса городских территорий. Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. Сибирский госуниверситет геосистем и технологий. 2022. № 3. С. 169-174.
17. Ильина И. Н. Метафоры городского ландшафта: от прошлого к будущему. Integrated approach to the landscape architecture of urban spaces: problems and solutions. Conference Proceedings of the XIII International Conference "Urban Landscape Design". St.Petersburg, 2019. Pp. 22-23.
18. Петрашень Е. П., Сперанская В. С., Кузьмина А. О. Деструктивные ландшафты в контексте городского общественного пространства. Проблемы реабилитации, адаптации и интеграции. Вестник Санкт-Петербургского университета. Искусствоведение. 2018. Т. 18. № 4. С. 693-714.
19. Трубина Л. К., Сазонова Л. Е. Анализ формирования экологического каркаса городских территорий. Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. 2022. № 3. С. 169-174.

20. Шнайдер И. В., Матовникова Н. Г., Самойленко П. В. Комплексное благоустройство тематического парка развлечений в Центральном районе г. Волгограда. Евразийский Союз Ученых. 2020. № 4-1 (73). С. 65-70.
21. Pušić M., Narandžić T., Ostojić J., et al. Assessment and potential of ecosystem services of ornamental dendroflora in public green areas. Environ Sci Pollut Res. 2023. № 30. Pp. 2850-2865.
22. Русанова Е. А. Архитектурно-ландшафтные принципы проектирования рекреационного комплекса на реке Нерль. Architecture and Modern Information Technologies. 2023. № 3 (64). С.213-232.

References

1. Anopchenko T. Yu., Murzin A. D., Revunov R. V. The state of the environmental sphere and vectors of increasing the effectiveness of rational environmental management in the Rostov region. Economics and ecology of territorial entities. 2019. V. 3. No 2. Pp. 57-64.
2. Murzin A. D. Ecological park as a tool for ensuring the sustainability of urban space. Economics and ecology of territorial entities. 2019. V. 3. No 4. Pp. 60-66.
3. Guadina M. A., et al. Decorative shrubs in adaptive landscaping systems of urban environment of the Central Chernozem region of the Russian Federation (on the example of the Oryol region). Journal of Agriculture and Environment. 2023. No 11 (39). <https://jae.cifra.science/archive/11-39-2023-november/10.23649/JAE.2023.39.20>.
4. Kartashova N. P., Selivanova A. S., Molodykh M. S. Landscape techniques for creating an urban landscaping system. Forestry Journal. 2018. No 2. Pp. 122-131.
5. Popova V. T., et al. The species composition of the dendroflora and the state of the introducents of the Victory Park in Voronezh. Forestry journal. 2019. No 2. Pp. 74-89.
6. Klemeshova K. V., Kelina A. V., Slepchenko N. A. The current state of the green areas of the city of Sochi. News of the TLC. 2019. I. 4. Pp. 112-120.
7. Shiryayeva N. V., Annenkova I. V. Resistance to harmful arthropods and diseases of tree species of the park assortment of the Sochi Black Sea region. Botanical gardens in the modern world. 2023. No 3. Pp. 237-240.
8. Semenyutina A. V., Noyanova N. G. Regional specifics of landscaping of small towns in the southern dry zone. Forest Journal 2019. No 6. Pp. 146-159.
9. Anopin V. N., Makhova S. I., Stepanova E. A., Makhov I. D. Ecological approach to the implementation of green construction in Volgograd. Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Construction. Series: Construction and Architecture. 2021. Issue 4 (85). Pp. 220-229.
10. Zolotareva E. V., Korenkova E. A. Assessment of the influence of the type of spatial structures of urban landscape objects on the stability of tree plantations. Housing and communal infrastructure. 2023. No 2 (25). Pp. 83-90.
11. Khuzhakhmetova A. Sh., Voronina V. P., Lazarev S. E. Assessment of the spatial structure of tree and shrub plantations in Volgograd according to multispectral satellite images. Proceedings of the Nizhne-Volzhsky agrouniversity complex: science and higher professional education. 2022. No 3 (67). Pp. 218-232.
12. Jogan N., Küzmič F., Šilc U. Urban structure and environment impact plant species richness and floristic composition in a Central European city. Urban Ecosyst. 2022. № 25. Pp. 149-163.
13. Smirnova O. V. Methodological approaches and methods for assessing the climax and succession state of forest ecosystems (on the example of Eastern European forests). Forestry. 2004. No 3. Pp. 15-27.
14. Buldakova E. A. Modern methods of organizing green zones in dense urban development// Modern scientific research and innovation. 2012. № 5. <https://web.snauka.ru/issues/2012/05/12660>.
15. Grigoriev V. A. The importance of landscape in preserving the identity of the city. An integrated approach in the landscape architecture of urban spaces: problems and solutions: collection of abstracts of the XIII International conference. St. Petersburg, 2019. Pp. 6-9.
16. Trubina L. K., Sazonova L. E. Analysis of approaches to the formation of the ecological framework of urban territories. Regulation of land and property relations in Russia: legal and geospatial provision, real estate valuation, ecology, technological solutions. Siberian State University of Geosystems and Technologies. 2022. No. 3. Pp. 169-174.
17. Ilyina I. N. Metaphors of the urban landscape: from the past to the future. Integrated approach to the landscape architecture of urban spaces: problems and solutions. Conference Proceedings of the XIII International Conference "Urban Landscape Design". St. Petersburg, 2019. Pp. 22-23.
18. Petrashen E. P., Speranskaya V. S., Kuzmina A. O. Destructive landscapes in the context of urban public space. Problems of rehabilitation, adaptation and integration. Bulletin of St. Petersburg University. Art history. 2018. Issue 18. No 4. Pp. 693-714.
19. Trubina L. K., Sazonova L. E. Analysis of the formation of the ecological framework of urban areas. Regulation of land and property relations in Russia: legal and geospatial support, real estate valuation, ecology, technological solutions. 2022. No 3. Pp. 169-174.
20. Schneider I. V., Matovnikova N. G., Samoylenko P. V. Comprehensive landscaping of a theme park in the Central district of Volgograd. Eurasian Union of Scientists. 2020. No 4-1 (73). Pp. 65-70.
21. Pušić M., Narandžić T., Ostojić J., et al. Assessment and potential of ecosystem services of ornamental dendroflora in public green areas. Environ Sci Pollut Res. 2023. № 30. Pp. 2850-2865.
22. Rusanova E. A. Architectural and landscape principles of designing a recreational complex on the Nerl River. Architecture and Modern Information Technologies. 2023. No 3 (64). Pp. 213-232.

Информация об авторах

Воронина Валентина Павловна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Агроэкология и лесомелиорация ландшафтов», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), ORCID: 0000-0002-3441-5314, e-mail: v.p.voronina@mail.ru

Курапина Наталия Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), e-mail: n.kurapina@mail.ru

Медведицкова Ольга Николаевна, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), e-mail: olga.parkplan@mail.ru

Author's Information

Voronina Valentina Pavlovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agroecology and Forest Reclamation of Landscapes, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Prospekt, 26) ORCID: 0000-0002-3441-5314, e-mail: v.p.voronina@mail.ru

Kurapina Nataliya Victorovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Prospekt, 26), e-mail: n.kurapina@mail.ru

Medveditskova Olga Nickolayevna, Postgraduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Prospekt, 26), e-mail: olga.parkplan@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-06

**USING PROMISING CUCUMBER VARIETIES TO IMPROVE THE EFFICIENCY
OF ITS CULTIVATION IN OPEN GROUND**¹Kadraliev D. S., ^{1,2}Ryadnov A. I., ²Egorova G. S., ¹Lepikhov E. A.¹*Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev
Astrakhan, Russian Federation*²*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Received 08.11.6.2024

Submitted 30.11.2024

Summary

Based on the analysis of the sown areas, yield and gross harvest of cucumber in open ground over a ten-year period in farms of all categories, the main way to increase the efficiency of cucumber cultivation was determined – the use of promising domestic high-yielding varieties and hybrids using innovative technologies developed for them. The transition to domestic varieties of cucumbers is one of the elements of the implementation of the import substitution strategy, the result of which will be the saturation of the market with high-quality domestic products.

Abstract

Introduction. The research is determined by the need to improve the efficiency of cucumber cultivation in open ground. In recent years, the sown areas, yields and gross harvests of the studied crop in farms of all categories have tended to decrease. At the same time, the main producers of cucumber for many years have been households, which makes it difficult to calculate the gross harvests of the studied crop. The emphasis on commercial production significantly increases costs, by an average of 10-15%, which negatively affects the efficiency of the industry. **The aim of the study** is to determine the influence of the cucumber variety on the level of its cultivation efficiency. **Materials and methods.** The study used methods of system and complex analysis. **The results of the studies** showed that in modern conditions, one of the main directions for increasing the efficiency of cucumber cultivation in open ground is the use of promising high-yielding varieties of Astrakhan selection, which allow increasing the yield to 30 t/ha and higher.

Keywords: cultivation of cucumber, cucumber varieties, promising varieties of cucumber, open field vegetable growing.

Citation. Kadraliev D. S., Ryadnov A. I., Egorova G. S., Lepikhov E. A. Using promising cucumber varieties to improve the efficiency of its cultivation in open ground. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 64-71 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-06.

Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, implementation and analysis of this study. The author of this article has reviewed and approved the presented final version.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

УДК 635.1/8

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ОГУРЦА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕГО ВЫРАЩИВАНИЯ В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ**¹Кадралиев Д. С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор^{1,2}Ряднов А. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор²Егорова Г. С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор¹Лепихов Е. А., аспирант¹ФГБУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева»

г. Астрахань, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность исследований определяется необходимостью повышения эффективности выращивания огурца в открытом грунте. В последние годы посевные площади, урожайность и валовые сборы изучаемой культуры в хозяйствах всех категорий имеют тенденцию к снижению. Вместе с тем основными производителями огурца на протяжении многих лет остаются хозяйства населения, что делает затруднительным подсчет валовых сборов изучаемой культуры. Упор на мелкотоварное

производство значительно повышает затраты, в среднем на 10-15%, что негативным образом отражается на эффективности отрасли. **Цель исследования** – определить влияние сорта огурца на уровень эффективности его выращивания. **Материалы и методы.** В исследовании использовались методы системного и комплексного анализа. **Результаты исследований** показали, что в современных условиях одним из основных направлений повышения эффективности выращивания огурца в открытом грунте является использование перспективных высокоурожайных сортов астраханской селекции, позволяющих повысить урожайность до 30 т/га и выше.

Ключевые слова: возделывание огурца, сорта огурца, перспективные сорта огурца, овощеводство открытого грунта.

Цитирование. Кадралиев Д. С., Ряднов А. И., Егорова Г. С., Лепихов Е. А. Использование перспективных сортов огурца для повышения эффективности его выращивания в открытом грунте. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 64-71. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-06.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время в России растет спрос на овощи открытого грунта. Одним из лидеров среди них является огурец. Спрос на него сохраняется в течение года. Как правило, в зимний и ранневесенний периоды он удовлетворяется за счет выращивания огурца в защищенном грунте, в летний и осенний периоды – за счет производства изучаемой культуры в условиях открытого грунта. Рентабельность выращивания огурца в открытом и закрытом грунте изменяется от 70-80% (открытый грунт) до 300-400% (тепличные условия).

В то же время согласно рекомендаций Института питания РАМН рациональная норма потребления овощей взрослым населением России составляет не менее 140 кг в год [1], из них не менее 10 кг приходится на огурцы. Следует отметить, что в огурцах содержится наибольшее количество по сравнению с другими овощами аскорбатоксидаза – антагонист аскорбиновой кислоты [2].

Для обеспечения параметров продовольственной безопасности по огурцу населению России отечественный аграрный сектор ежегодно должен производить порядка 1450 тыс. т изучаемой культуры. Сегодня производство огурца в РФ в 2,4 раза меньше необходимого уровня.

Проблема с производством огурца в открытом грунте сводится к его низкой урожайности, примерно в 2 раза ниже, чем в странах Европы. Обусловлено это деградацией почвенного плодородия, особенно на Юге России [3]. Поэтому необходимы дальнейшие исследования, направленные на изучение современного состояния с производством изучаемой культуры в России, перспектив роста урожайности и путей повышения эффективности отрасли. В связи с этим, определена цель настоящей работы – определить влияние сорта огурца на уровень эффективности его выращивания.

Основными производителями огурца в открытом грунте в России являются регионы ЮФО, такие как Волгоградская, Астраханская и Ростовская области, Краснодарский край, Республики Кабардино-Балкария и Дагестан. Выращивают огурец также в хозяйствах Приморского и Хабаровского краев и Республики Чувашия. В остальных регионах РФ выращивают огурец, но в значительно меньшем объеме, чем в регионах, отмеченных выше.

Вместе с тем проблема низкой урожайности изучаемой культуры характерна для большинства регионов РФ. В связи с этим актуальным становится выведение местных сортов, в наибольшей степени адаптированных к условиям аридной зоны, и разработка для них инновационных технологий выращивания. Уже на протяжении более 35 лет селекционерами Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиала ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» ведется активная работа по созданию новых сортов огурца для открытого грунта в условиях Нижнего Поволжья [4, 5, 6]. При этом изучение и оценка исходного коллекционного материала этой культуры, выделение генисточников по срокам созревания, урожайности, качеству плодов, морфологическим признакам, устойчивости к болезням, экстремальным факторам среды и использование их в качестве доноров ценных хозяйственных признаков проводится по общепринятым методикам (Методика опытного дела, учебное пособие. Ир-

кутск: Иркутский ГАУ. 2022. 108 с.; Доспехов Б. А. Методика опытного дела. М.: Агропромиздат. 1985. 251 с. и др.). Сегодня институтом созданы сорта огурца, приспособленные к жаркому климату Астраханской области и способные давать стабильные урожаи в любой по погодным условиям год [6]. Астраханская область относится к аридной зоне. На первый план здесь выходит поиск оптимальных способов орошения, таких как капельное или спринклерное. В аридной зоне огурец, как правило, орошают при помощи капельного полива. Другим резервом повышения эффективности выращивания огурца могут стать оптимизация минерального питания, использование биопрепаратов и средств защиты нового поколения [7].

Повышение эффективности производства огурца напрямую связано с разработкой технологии для каждой конкретной группы сортов при строгом соответствии генотипа и среды, сорта и технологии. Разработкам новых технологий выращивания огурца в открытом грунте с учетом подбора сортов и гибридов, уровня минерализации питания и водного режима, использования средств биологической защиты и ряда других факторов уделяется значительное внимание как отечественными, так и зарубежными учеными [8-12].

Эффективность выращивания огурца часто оценивается экономической эффективностью, которая зависит, прежде всего, от уровня урожайности и от общей суммы вложенных затрат (Алексеева К. Л., Андреев Ю. М., Джалилов Ф. С., Пацурия Д. В. Оптимизация технологий овощеводства в открытом и защищенном грунтах. Москва: Изд-во РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. 307 с.). Однако сумма вложенных затрат при возделывании огурца в открытом грунте в одних и тех же природно-климатических условиях и по одной и той же технологии не зависит от сорта исследуемого огурца. Поэтому, при оценке эффективности необходимо учитывать урожайность огурца, зависящую от его сорта [13], при его возделывании в конкретных хозяйственных условиях и принятой технологии.

Материалы и методы. В исследовании использовались методы системного и комплексного анализа, а также обработки статистических данных по посевым площадям, валовому сбору и урожайности огурца в хозяйствах Российской Федерации. Цель исследований сводилась к определению влияния сорта огурца на уровень эффективности его выращивания.

Результаты и обсуждение. За последние 10 лет посевные площади, занятые под огурцом, выращиваемым в открытом грунте, во всех категориях хозяйств в Российской Федерации претерпевали существенные изменения (Экспертно-аналитический центр агробизнеса "АБ-Центр" [Электронный ресурс]. URL: www.ab-centre.ru (дата обращения 03.10.2024), рисунок 1. Так, например, в 2023 году, по сравнению с началом периода, они сократились в 1,4 раза или на 28%.

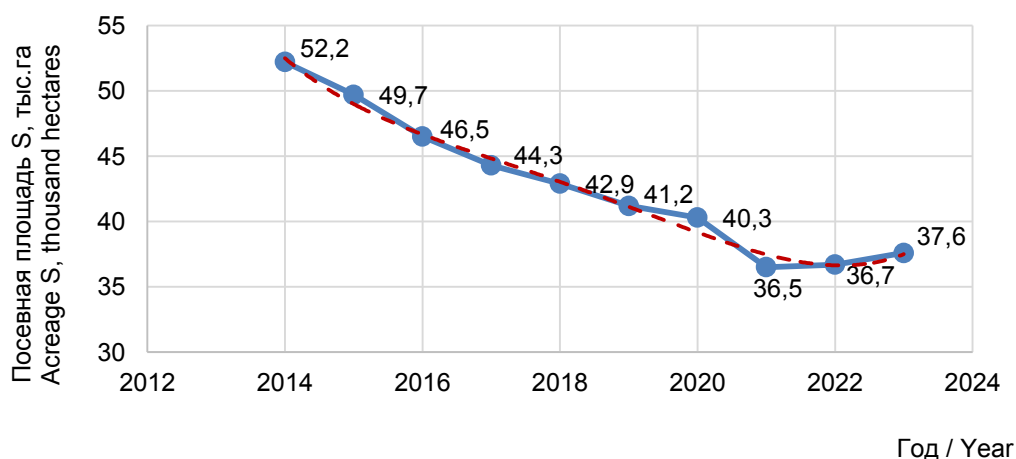


Рисунок 1 – Посевные площади огурца открытого грунта во всех категориях хозяйств РФ в период с 2014 г. по 2023 г.

Figure 1 – Acreage of open ground cucumber in all categories of farms The Russian Federation in the period from 2014 to 2023

В сельскохозяйственных организациях и крестьянско-фермерских хозяйствах посевные площади огурца открытого грунта в 2023 году оказались на уровне 3,0 тыс. га или сократились за 10-летний период на 51,9% (на 3,3 тыс. га).

В России в личных подсобных хозяйствах населения (ЛПХ) в 2023 году площадь посевов огурца открытого грунта составила 34,6 тыс. га или уменьшилась на 25,5% (на 11,8 тыс. га) по сравнению с началом периода.

Таким образом, за рассматриваемый период (с 2014 г. по 2023 г.) посевные площади, занятые под огурцом, достигли наибольшего сокращения в сельхозорганизациях и крестьянско-фермерских хозяйствах (уменьшение более чем 2 раза по сравнению с хозяйствами населения).

Вместе с тем основными производителями огурца в Российской Федерации являются ЛПХ. Это создает определенные трудности в наращивании объемов производства изучаемой культуры, поскольку упор на мелкотоварное производство значительно снижает эффективность отрасли. Сокращение посевных площадей под огурцом неблагоприятно отражается на объемах производства и ведет к росту цен на конечную продукцию.

Валовые сборы огурца открытого грунта в хозяйствах Российской Федерации представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Валовые сборы огурца открытого грунта в РФ во всех категориях хозяйств в период с 2014 г. по 2023 г.

Table 1 – Gross harvest of open-ground cucumber in the Russian Federation in all categories of farms in the period from 2014 to 2023

Год / Year	Валовый сбор огурца открытого грунта, тыс.т / Gross harvest of open ground cucumber, thousand tons	Отклонение от начала периода, % / Deviation from the beginning of the period, %
2014	794,9	-
2015	759,0	-5,0
2016	711,5	-10,5
2017	668,9	-15,9
2018	702,7	-11,6
2019	657,4	-17,3
2020	616,2	-22,5
2021	561,4	-29,3
2022	554,8	-30,2
2023	599,5	-24,6
Итого / Total	6626,3	-
В среднем за год / On average per year	662,6	-

Валовые сборы огурца открытого грунта в России в хозяйствах всех категорий в 2023 году составили 599,5 тыс. тонн или снизились по сравнению с началом периода на 24,2% (на 195,4 тыс. тонн). Максимальный валовый сбор огурца в открытом грунте за рассматриваемый период был зафиксирован в 2014 году и составил 794,9 тыс. т, минимальный 554,8 тыс. т (2022 г.).

Сельхозорганизации и крестьянско-фермерские хозяйства в 2023 году произвели 99,4 тыс. тонн изучаемой культуры, что на 2,0% (на 1,9 тыс. тонн) больше, чем в 2022 году.

Рейтинг регионов по валовым сборам огурца открытого грунта в промышленном секторе овощеводства России в 2023 году представлен на рисунке 2.

Анализ данных, представленных на рисунке 2, показал, что лидером в промышленном секторе (сельхозорганизации и КФХ) по производству огурца в открытом грунте в 2023 году оказалась Волгоградская область (41,6 тыс. т), на втором месте была Кабардино-Балкарская Республика (17,7 тыс. т), на третьем – Ростовская область (10,5 тыс. т). Астраханская область заняла четвертую позицию в рейтинге, произведя в 2023 году 8,7 тыс. т огурца в открытом грунте.

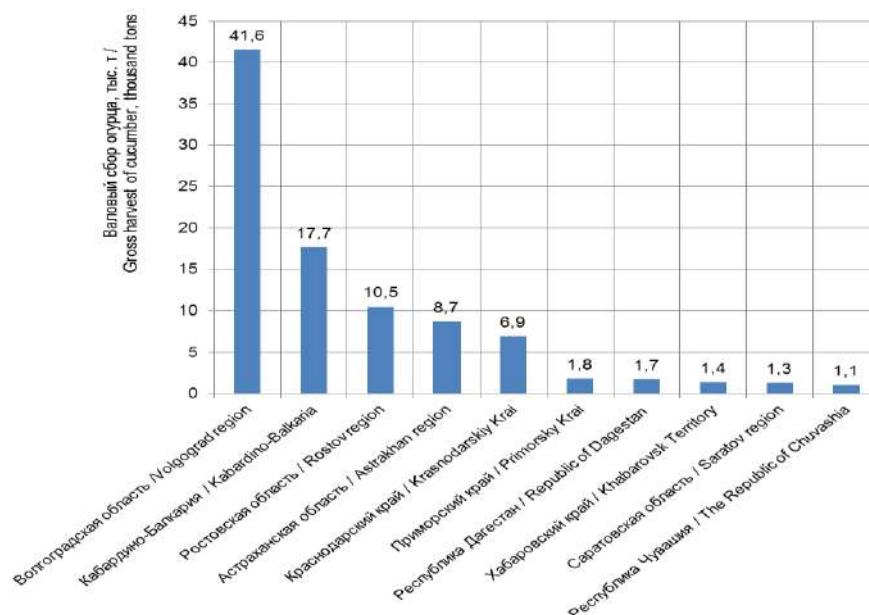


Рисунок 2 – Рейтинг регионов Российской Федерации по валовому сбору огурца в сельскохозяйственных организациях и КФХ в 2023 году
Figure 2 – Rating of regions of the Russian Federation by gross cucumber harvest in agricultural organizations and farms in 2023

Валовый сбор сельскохозяйственной культуры, в том числе и огурца, определяется, в первую очередь, посевной площадью и урожайностью исследуемой культуры.

Посевные площади в большинстве хозяйств увеличить практически невозможно, а повысить урожайность возможно за счет ряда факторов. В связи с этим, рассмотрены статистические данные по урожайности огурца при его возделывании в открытом грунте во всех категориях хозяйств Российской Федерации за период с 2014 г. по 2023 г. Эти статистические данные позволили получить среднюю урожайность огурца в годы исследований (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность огурца открытого грунта в России во всех категориях хозяйств в период с 2014 г. по 2023 г.

Table 2 – Yield of open-ground cucumber in Russia in all categories of farms in the period from 2014 to 2023

Год / Year	Урожайность огурца открытого грунта, т /га / Open ground cucumber yield, t/ha	Отклонение от начала периода, % / Deviation from the beginning of the period, %
2014	15,2	-
2015	15,3	0,7
2016	15,3	0,7
2017	15,1	-0,7
2018	16,4	7,9
2019	16,0	5,3
2020	15,3	0,7
2021	15,4	1,3
2022	15,1	-0,7
2023	15,9	4,6
В среднем за год / On average per year	15,5	

Как следует из данных, представленных в таблице 2, в целом по РФ за 10-летний период средняя урожайность огурца составила 15,5 т/га. При этом, как показали наши исследования, в ряде хозяйств промышленного сектора урожайность огурца в открытом грун-

те в 2023 году превысила уровень в 30 т/га. Повышение урожайности во многом связано с использованием высокоурожайных сортов и гибридов, а также с внедрением инновационных технологий, в том числе технологии выращивания огурца с использованием капельного орошения.

Вместе с тем основными производителями огурца являются личные подсобные хозяйства населения. В таких хозяйствах уровень урожайности изучаемой культуры весьма низкий.

В связи с этим один из основных путей повышения валового сбора огурца при его выращивании в открытом грунте видится в создании новых высокоурожайных сортов, обладающих следующими признаками: высокая урожайность, скороспелость, дружность созревания, красивая цилиндрическая форма плода и его окраска, высокие вкусовые и пищевые качества свежих и консервированных плодов, устойчивость к болезням, особенно мучнистым росам.

Сорта огурцов для открытого грунта, обладающих отмеченными выше признаками, выведены в результате селекционной деятельности учеными Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства [6]. Основные характеристики новых сортов огурца представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика сортов огурца, созданных селекционерами ВНИИОБ
Table 3 – Characteristics of cucumber varieties created by VNIIOB breeders

№ п/п / No. p/p	Сорт / Variety	Срок созревания / Maturation period	Устойчивость к болезням и вредителям / Resistance to diseases and pests	Урожайность, т/га / Yield, t/ha
1	Аскон / Askon	Раннеспелый / Early maturing	Устойчив к мучнистой росе, не поражается вирусом огуречной мозаики и угловой бактериальной пятнистостью / It is resistant to powdery mildew, is not affected by cucumber mosaic virus and angular bacterial spotting	25-30
2	Волжанин / Volzhanin	Среднеранний / Average early	Устойчив к мучнистой росе, угловой бактериальной пятнистости и вирусу огуречной мозаики / Resistant to powdery mildew, angular bacterial blotch and cucumber mosaic virus	30 и выше / 30 and above
3	Гарант / The Guarantor	Среднеранний / Average early	Высокоустойчив к мучнистым росам, средне устойчив к вирусу табачной мозаики и угловой бактериальной пятнистости, а также к экстремальным факторам среды / Highly resistant to powdery mildew, moderately resistant to tobacco mosaic virus and angular bacterial spotting, as well as to extreme environmental factors	28-38
4	Резастр / Resaster	Среднепоздний / Mid-late	Сорт является самым высокоустойчивым к ложной мучнистой росе в РФ, устойчив к угловой пятнистости и вирусу огуречной мозаики / The variety is the most highly resistant to false powdery mildew in the Russian Federation, resistant to angular spotting and cucumber mosaic virus	29-39

Использование высокоурожайных сортов огурца позволит увеличить валовый сбор данной сельскохозяйственной культуры более чем в 2 раза. При этом вновь созданные сорта огурца отличаются урожайностью. Самую высокую урожайность, достигнутую в условиях Астраханской области, равную 39 т/га, что в 2,5 раза больше среднестатистической урожайности огурцов во всех хозяйствах РФ, имеет среднепоздний сорт «Резастр».

Таким образом, важнейший фактор повышения эффективности выращивания огурца в открытом грунте – использование высокоурожайных сортов и гибридов отечественной селекции.

Заключение. В современных условиях одним из основных направлений повышения эффективности выращивания огурца в открытом грунте является использование перспективных высокоурожайных сортов астраханской селекции таких, как Аскон, Волжанин, Гарант, Резастр, позволяющих повысить урожайность до 30 т/га и выше. Переход на отечественные сорта огурца является одним из элементов реализации стратегии импортозамещения, результатом которой станет насыщение рынка отечественной продукцией высокого качества и решение продовольственной проблемы, связанной с круглогодичным обеспечением россиян овощами.

Conclusions. In modern conditions, one of the main directions of increasing the efficiency of cucumber cultivation in open ground is the use of promising high-yielding varieties of Astrakhan selection such as Askone, Volzhanin, Garant, Rezastr, which allow increasing the yield to 30 t/ha and higher. The transition to domestic varieties of cucumber is one of the elements of the implementation of the import substitution strategy, the result of which will be the saturation of the market with high-quality domestic products and the solution of the food problem associated with the year-round provision of Russians with vegetables.

Библиографический список

1. Рекомендуемые рациональные нормы потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания. <https://www.37fbuz.ru/o-tsentre/rekomendatsii-grazhdanam/746-rekomenduemye-ratsionalnye-normy-potrebleniya-pishchevykh-produktov-otvechayushchikh-sovremennym-trebovaniyam-zdorovogo-pitaniya>.
2. Карпукхин М. Ю., Лёзин М. С., Лёзина В. А. Подбор овощей, плодов и ягод по витаминной ценности для функционального питания населения в регионах с высокой экологической нагрузкой. Аграрное образование и наука. 2023. № 1. С. 1.
3. Плещачев Ю. Н., Костин М. В. Деградация земель в Нижнем Поволжье. Полевые исследования. 2020. № 7. С. 124-133.
4. Кулякина Н. В., Юречко Т. К., Михайлова А. А. Сравнительная характеристика образцов огурца по биохимическим и морфобиометрическим показателям. Агронаука. 2023. Том 1. № 3. С. 29-38.
5. Коротцева И. Б. и др. Оценка перспективных линий огурца партенокарпического типа на устойчивость к ложной мучнистой росе в условиях открытого грунта Подмосковья. Овощи России. 2023. № 6. С. 5-10.
6. Авдеев А. Ю., Кигашпаева О. П., Сисенгалиева С. Т., Лаврова Л. П., Гулин А. В. Сорта огурца Астраханской селекции для открытого грунта. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 12 (182). С. 17-22.
7. Mancinelli R., Marinari S., Allam M., Radicetti E. Potential Role of Fertilizer Sources and Soil Tillage Practices to Mitigate Soil CO₂ Emissions in Mediterranean Potato Production Systems. MDPI. 2020. V. 12 (20). Pp. 43-45.
8. Долгополова Н. В. Продуктивность культуры огурца в открытом и закрытом грунте при применении биопрепаратов. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4. С. 35-41.
9. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Технологическая система орошения беспочвенного возделывания овощных культур в открытом грунте. Известия НВ АУК. 2022. № 4 (68). С. 14-21.
10. Макарова Е. Л., Чистякова Л. А., Бакланова О. В., Борцова Ю. В. Сортоизучение партенокарпических гибридов огурца в условиях второй световой зоны. Картофель и овощи. 2020. № 11. С. 33-36.
11. Овчинников А. С., Акулинина М. А., Назарова Д. А. Минеральное питание и продуктивность огурца при возделывании в открытом грунте в условиях капельного орошения. Известия НВ АУК. 2020. № 4 (60). С. 14-27.
12. Юнусов С. А. Инновационных технологии выращивания огурца в открытом грунте. Academic research in educational sciences. 2022. T. 3. С. 340-354.
13. Павленко В. Н., Звонкова И. Ю., Павленко В. И. Научные основы современных технологий возделывания огурца в южных регионах России. Природообустройство. 2018. № 1. С. 89-93.

References

1. Recommended rational norms of food consumption that meet modern requirements of healthy nutrition. <https://www.37fbuz.ru/o-tsentre/rekomendatsii-grazhdanam/746-rekomenduemye-ratsionalnye-normy-potrebleniya-pishchevykh-produktov-otvechayushchikh-sovremennym-trebovaniyam-zdorovogo-pitaniya>.
2. Karpukhin M. Yu., Lezin M. S., Lezina V. A. Selection of vegetables, fruits and berries according to vitamin value for functional nutrition of the population in regions with high environmental load. Agrarian education and science. 2023. No. 1. P. 1.
3. Pleskachev Yu. N., Kostin M. V. Land degradation in the Lower Volga region. Field research. 2020. No. 7. Pp. 124-133.
4. Kulyakina N. V., Yurechko T. K., Mikhailova A. A. Comparative characteristics of cucumber samples by biochemical and morphobiometric indicators. Agricultural science. 2023. Volume 1. No. 3. Pp. 29-38.
5. Korotseva I. B. et al. Evaluation of promising cucumber lines of the parthenocarpic type for resistance to false powdery mildew in open ground conditions of the Moscow region. Vegetables of Russia. 2023. No 6. Pp.5-10.
6. Avdeev A. Yu., Kigashpaeva O. P., Sisengaliyeva S. T., Lavrova L. P., Gulina A. V. Varieties of cucumber of Astra-Khan breeding for open ground. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2019. No. 12 (182). 2019. Pp. 17-22.
7. Mancinelli R., Marinari S., Allam M., Radicetti E. Potential Role of Fertilizer Sources and Soil Tillage Practices to Mitigate Soil CO₂ Emissions in Mediterranean Potato Production Systems/ MDPI. 2020. V. 12 (20). Pp. 43-45.
8. Dolgoplova N. V. Productivity of cucumber culture in open and closed ground when using biological products. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2022. No. 4. Pp. 35-41.

9. Dubenok N. N., Mayer A. V. Technological irrigation system for groundless cultivation of vegetable crops in the open ground. *Izvestia NV AUK*. 2022. No 4 (68). Pp. 14-21.

10. Makarova E. L., Chistyakova L. A., Baklanova O. V., Bortsova Yu. V. Variety study of parthenocarpic cucumber hybrids in the conditions of the second light zone. *Potatoes and vegetables*. 2020. No. 11. Pp. 33-36.

11. Ovchinnikov A. S., Akulinina M. A., Nazarova D. A. Mineral nutrition and productivity of cucumber when cultivated in open ground under conditions of drip irrigation. *Izvestia NV AUK*. 2020. No 4 (60). Pp. 14-27.

12. Yunusov S. A. Innovative technologies of cucumber cultivation in the open ground. *Academic research in educational sciences*. 2022 V. 3. Pp. 340-354.

13. Pavlenko V. N., Zvonkova I. Yu., Pavlenko V. I. Scientific foundations of modern technologies for cucumber cultivation in the southern regions of Russia. *Nature management*. 2018. No. 1. Pp. 89-93.

Информация об авторах

Кадралиев Дамир Смагилович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Агротехнология» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева» (Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20а). ORCIDID №0000-0002-0332-3935, e-mail: kadraliev.damir@yandex.ru

Ряднов Алексей Иванович, Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26); профессор кафедры агротехнологий ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева (Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20а), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Егорова Галина Сергеевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой «Почвоведение и общая экология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: egorova.g.s.2022@gmail.com

Лепихов Егор Анатольевич, аспирант ФГБУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева» (Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20а), e-mail: egor.lepikhov@mail.ru

Author's Information

Kadraliev Damir Smagilovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Astrakhan State University (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishcheva St., 20a), ORCID ID No. 0000-0002-0332-3935, e-mail: kadraliev.damir@yandex.ru

Ryadnov Aleksey Ivanovich, Honored worker of the higher school of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave. 26); Professor of the Department of Agricultural Technologies, Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishcheva st., 20a), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Egorova Galina Sergeevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Soil Science and General Biology, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy av., 26), e-mail: egorova.g.s.2022@gmail.com

Lepikhov Egor Anatolyevich, postgraduate student, Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishcheva st., 20a), e-mail: egor.lepikhov@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-07

COMPARATIVE ANALYSIS OF VARIABILITY OF MORPHOMETRIC PARAMETERS OF SPECIES AND FORMS OF THE GENUS *ROBINIA*

¹Kalmykova E. V., ²Petrov N. Yu., ¹Kuzmin P. A., ¹Krylov P. A., ¹Melnik K. A.

¹*Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation
of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation*

²*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Received 29.09.2024

Submitted 06.12.2024

*The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 23-26-00273,
<https://rscf.ru/project/23-26-00273/>*

Abstract

Introduction. The relevance of the research is determined by the need to study the variability of woody plant species by quantitative and qualitative characteristics of leaves and fruits for the selection and identification of promising forms for selection and nursery production in order to consolidate the collection and preserve the existing gene pool. **Object.** Species and forms of the genus *Robinia* L. **Materials and methods.** The study used methods of system, complex and correlation analysis. **Results and conclusions.** The levels of variability of morphometric traits of leaves (X_{1-5}) are mainly at medium and high levels, and the variation coefficients of these traits in *Robinia pseudoacacia* and *Robinia neomexicana* var. *neomexicana* are higher than in the studied forms of *Robinia neomexicana*. These differences indicate a high variability of metric parameters of leaves of plants with a long adaptation period under the conditions of introduction in the Volgograd region. Endogenous variability of such traits as fruit length and width, the number of flowers in an inflorescence are characterized by very low and low levels; the length, width of the leaf, as well as the length of the compound leaf are distinguished by greater variability. Based on the analysis of data on the

variability of morphometric traits of vegetative and reproductive organs of species and forms of the genus *Robinia* under the conditions of introduction in the Volgograd region, it can be confidently stated that the studied representatives of this genus have successfully acclimatized to the conditions of the Lower Volga region. The study of adaptation mechanisms at the morphological level will allow breeding and introduction work with these species and forms in this territory to be carried out at a higher level.

Keywords: introduction of woody plants, adaptation of woody plants, *Robinia*, vegetative organs of woody plants, reproductive organs of woody plants.

Citation. Kalmykova E. V., Petrov N. Yu., Kuzmin P. A., Krylov P. A., Melnik K. A. Comparative analysis of variability of morphometric parameters of species and forms of the genus *Robinia*. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 71-78 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-07.

Author's contribution. The authors of this study were 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 581.4:633.875.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВИДОВ И ФОРМ РОДА *ROBINIA*

¹Калмыкова Е. В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

²Петров Н. Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Кузьмин П. А., кандидат сельскохозяйственных наук

¹Крылов П. А., кандидат биологических наук

¹Мельник К. А., аспирант

¹ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук

г. Волгоград, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00273,
<https://rscf.ru/project/23-26-00273/>

Актуальность исследований определяется необходимостью изучения изменчивости видов древесных растений по количественным и качественным признакам листьев и плодов для отбора и выделения перспективных форм для селекции и питомниководства с целью закрепления в коллекции и сохранения имеющегося генофонда. **Объект.** Виды и формы рода *Robinia* L. **Материалы и методы.** В исследовании использовались методы системного, комплексного и корреляционного анализа. **Результаты исследований.** На среднем и высоком уровнях изменчивости зафиксированы изучаемые нами морфометрические признаки листьев, причем коэффициенты вариации этих признаков у *Robinia pseudoacacia* и *Robinia neotexicana* var. *neotexicana* выше, чем у изучаемых форм *Robinia neotexicana*. Эти различия говорят о большой вариабельности метрических показателей листьев растений с большим периодом адаптации в условиях интродукции в Волгоградской области. Эндогенная изменчивость таких признаков, как длина и ширина плода, количество цветков в соцветии характеризуются очень низким и низким уровнями; длина, ширина листа, а также длина сложного листа отличаются большей вариабельностью. На основе анализа данных по изменчивости морфометрических признаков вегетативных и репродуктивных органов видов и форм рода *Robinia* в условиях интродукции в Волгоградской области можно с уверенностью утверждать, что изучаемые представители этого рода благополучно акклиматизировались в условиях Нижнего Поволжья. Исследование механизмов адаптации на морфологическом уровне позволит проводить селекционные и интродукционные работы с этими видами и формами на данной территории на более высоком уровне.

Ключевые слова: интродукция древесных растений, адаптация древесных растений, *Robinia*, вегетативные органы древесных растений, репродуктивные органы древесных растений.

Цитирование. Калмыкова Е. В., Петров Н. Ю., Кузьмин П. А., Крылов П. А., Мельник К. А. Сравнительный анализ изменчивости морфометрических параметров видов и форм рода *Robinia*. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 71-78. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-07.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Сохранение биологического разнообразия растительных ресурсов требует всестороннего изучения биоэкологии видов [1]. А расширение видового состава древесных растений для повышения декоративной и защитной функций парковых, лесопарковых и других типов зеленых насаждений в условиях Нижнего Поволжья приобретает особую актуальность. Для познания адаптационных возможностей видов необходимо изучение закономерностей устойчивости древесных растений в процессе интродукции. Одним из способов решения данного вопроса является выявление параметров изменчивости количественных и качественных морфометрических показателей, изменяющихся в онтогенезе в зависимости от систематической специфики вида и условий внешней среды. Листья и плоды растений чрезвычайно разнообразны по форме и строению, поэтому изучение их представляет особый интерес при оценке изменчивости растений [2].

Варьирование количественных и качественных признаков имеет большое значение для отбора и закрепления перспективных форм для селекции и впоследствии уже – для создания промышленных плантаций, закрепления в коллекции с целью сохранения имеющегося генофонда [3].

Особый интерес для обогащения дендрофлоры малолесных регионов представляют виды и формы рода *Robinia* L. [4, 5, 6, 7, 8]. «...Они весьма засухоустойчивы, декоративны и отличаются высокой жизненностью в условиях интродукции. В настоящее время широкое распространение в защитном лесоразведении юга Российской Федерации получил только один белоцветковый вид – *R. pseudoacacia*. Остальные, розовоцветковые виды, используются намного реже, хотя и являются весьма перспективными для садово-паркового строительства как высоко декоративные виды...» [9].

Цель исследования – провести анализ изменчивости основных качественных и метрических морфобиологических характеристик видов рода *Robinia*.

Материалы и методы. Объекты исследований: *Robinia pseudoacacia*, *Robinia neomexicana* var. *neomexicana*, *Robinia neomexicana* ф. светло-фиолетовая, *Robinia neomexicana* ф. светло-розовая. Сбор материалов проводился в популяциях на территории г. Волгограда. «...Коллекционные робиниевые насаждения расположены на территории: питомника древесных растений ФНЦ агроэкологии РАН, № 34:34:000000:122; Кластерного дендрологического парка ВНИАЛМИ, 34:34:060061:10; на территории административного и лабораторного корпусов ФНЦ агроэкологии РАН, № 34:34:060055:32; на территории лесосеменных коллекционных плантаций Кировского лесничества Волгоградского лесхоза, 34:34:070010:21...» [10].

Расположены объекты в умеренно-климатическом поясе в зоне полупустыни, климат резко континентального типа. Выражается в суточных и годовых амплитудах температуры воздуха, суховеях, пыльных бурях, засухах в теплый период года, что приводит к усыханию частей деревьев или подроста. Количество осадков – около 300 мм в год, основной объем которых выпадает летом в виде ливней, не обеспечивает полную потребность растений во влаге. Годовая сумма эффективных температур – 2800 °С, ГТК составляет 0,5-0,6 [11].

Для оценки изменчивости признаков особи в каждой популяции выделялся участок древостоя каждого вида и форм рода *Robinia* одного возраста, где из 5 деревьев отбиралось по 4 побега с южной стороны средней части периферии кроны и проводили измерения морфологических признаков вегетативной и генеративной частей. По каждому признаку по возможности сделано 15 измерений и описаний. Измерения проводились только на нормально развитых неповрежденных побегах. В качестве измеряемых признаков были выбраны: X_1 – длина листовой пластинки, см; X_2 – ширина листовой пластинки, см; X_3 – длина сложного листа, см; X_4 – количество пар листочков, шт.; X_5 – отношение ширины листа к их длине; X_6 – длина побега, см; X_7 – количество соцветий, шт.; X_8 – количество цветков в соцветии, шт.; X_9 – длина плода, см; X_{10} – ширина плода, см.

Статистически вычисляли среднее значение каждого признака ($M_{1...n}$) и его ошибку (m_x), коэффициент вариации (с.в., %), коэффициенты линейной корреляции между признаками (r_x) (Зайцев Г. Н. 1991).

При сопоставлении изменчивости морфологических признаков в качестве меры изменчивости применялся коэффициент вариации, оценка которого проводилась по эмпирической шкале уровней изменчивости, предложенной Мамаевым С. А. (1975): с.в. $\leq 7\%$ – очень низкий, с.в. = 8-12% – низкий, с.в. = 13-20% – средний, с.в. = 21-40% – высокий, с.в. $>40\%$ – очень высокий.

Результаты и их обсуждение. Оценка индивидуальной изменчивости метрических признаков приведена в таблице 1. Размеры листьев непостоянны. По длине листовой пластинки вид *Robinia neomexicana* var. *neomexicana* и формы *Robinia neomexicana* ф. светло-фиолетовая, *Robinia neomexicana* ф. светло-розовая очень близки, показатель варьирует от 2,0 до 3,8 см. Минимальные значения этого параметра отмечены у *Robinia Pseudoacacia* – 1,0-3,0 см. В результате анализа полученных данных отмечено, что уровень изменчивости длины листовой пластинки у всех видов и форм – средний (рисунок 1).

Ширина листовой пластинки с низким уровнем индивидуальной изменчивости зафиксирована у *Robinia pseudoacacia* (с.в. = 8,0%) и *Robinia neomexicana* ф. светло-розовая (с.в. = 9,83%). По этому показателю близки *Robinia neomexicana* var. *neomexicana* и *Robinia neomexicana* ф. светло-фиолетовая, с.в. = 20,26% и с.в. = 19,06%.

Из признаков листьев наиболее стабильным оказалась длина сложного листа у всех видов и форм, имевшие высокий уровень изменчивости (с.в.=23,81-31,02%).

Можно выделить признак – количество пар листочков, данный показатель отличался наибольшей межвидовой изменчивостью. Средний уровень отмечается у *R. neomexicana* ф. светло-фиолетовая (с.в. = 20,16%) и у *R. neomexicana* var. *neomexicana* – с.в. = 20,28%, а у *R. pseudoacacia* (с.в. = 31,66%) и *R. neomexicana* ф. светло-розовая (с.в. = 22,01%) – высокий уровень метамерной изменчивости.

Анализируя параметры изменчивости генеративных органов, выделяется ширина плода с наименьшей изменчивостью (с.в. $\leq 7\%$) у всех видов и форм рода *Robinia*. На низком и высоком уровне изменчивости отмечается длина плода у видов и форм рода *Robinia*.

Коэффициенты корреляции между длиной и шириной пластины листьев составили у *Robinia pseudoacacia* $r = -0,31$, у *Robinia neomexicana* var. *neomexicana* – $r = 0,65$, у *Robinia neomexicana* ф. светло-фиолетовая – $r = 0,63$, у *Robinia neomexicana* ф. светло-розовая – $r = 0,53$, то есть связь между этими признаками незначительная у *Robinia pseudoacacia* и на высоком уровне у *Robinia neomexicana* var. *neomexicana* и ее форм.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что разница по параметрам длина и ширина листа у *Robinia neomexicana* var. *neomexicana* и ее форм существует, но она незначительная, также в данной ситуации могут сказываться различные условия произрастания и степень акклиматизации видов и форм.

Таблица 1 – Предельные значения (min-max) морфометрических признаков видов рода *Robinia*
Table 1 – Limit values (min-max) of morphometric characteristics of species of the genus *Robinia*

При- знак / Sign	<i>R. pseudoacacia</i>		<i>R. neomexicana</i> var. <i>neomexicana</i>		<i>R. neomexicana</i> ф. светло-фиолетовая / <i>R. neomexicana</i> f. light purple		<i>R. neomexicana</i> ф. светло-розовая / <i>R. neomexicana</i> f. light pink	
	min-max	M $\pm$ m	min-max	M $\pm$ m	min-max	M $\pm$ m	min-max	M $\pm$ m
X ₁ *	1,1-3,0	2,35 $\pm$ 0,12	2,0-3,0	2,50 $\pm$ 0,08	2,0-3,8	2,67 $\pm$ 0,13	2,0-3,5	2,61 $\pm$ 0,11
X ₂	1,0-1,3	1,05 $\pm$ 0,02	0,6-1,5	1,05 $\pm$ 0,06	1,0-1,8	1,31 $\pm$ 0,06	1,0-1,5	1,31 $\pm$ 0,03
X ₃	6,5-17,0	12,63 $\pm$ 0,82	4,6-12,6	8,89 $\pm$ 0,58	8,1-17,0	13,07 $\pm$ 0,80	6,0-16,5	10,77 $\pm$ 0,86
X ₄	0,34-1,00	5,27 $\pm$ 0,43	0,25-0,50	5,73 $\pm$ 0,30	0,37-0,75	6,07 $\pm$ 0,32	0,37-0,55	5,87 $\pm$ 0,34
X ₅	3,0-7,0	0,44 $\pm$ 0,04	4,0-8,0	0,42 $\pm$ 0,02	3,0-8,0	0,49 $\pm$ 0,02	4,0-9,0	0,50 $\pm$ 0,02
X ₆	1,5-3,0	2,50 $\pm$ 0,31	2,0-5,0	3,38 $\pm$ 0,80	1,5-6,0	3,25 $\pm$ 1,01	3,0-6,0	4,33 $\pm$ 0,88
X ₇	2,0-3,0	3,38 $\pm$ 0,25	2,0-3,0	2,25 $\pm$ 0,25	1,0-2,0	1,25 $\pm$ 0,25	1,0-3,0	2,33 $\pm$ 0,67
X ₈	18,0-24,0	20,18 $\pm$ 0,52	18,0-24,0	19,89 $\pm$ 0,59	18,0-24,0	20,40 $\pm$ 0,25	14,0-30,0	21,71 $\pm$ 2,01
X ₉	9,0-11,0	9,83 $\pm$ 0,22	5,3-7,5	6,56 $\pm$ 0,26	8,5-10,0	9,26 $\pm$ 0,26	5,5-12,5	8,87 $\pm$ 0,89
X ₁₀	0,1-0,1	0,10 $\pm$ 0,00	0,1-0,1	0,10 $\pm$ 0,00	0,1-0,1	0,10 $\pm$ 0,00	0,1-0,1	0,10 $\pm$ 0,00

Примечание: * X₁ – длина листовой пластинки, см; X₂ – ширина листовой пластинки, см; X₃ – длина сложного листа, см; X₄ – количество пар листочков, шт.; X₅ – отношение ширины листа к их длине, X₆ – длина побега, см; X₇ – количество соцветий, шт.; X₈ – количество цветков в соцветии, шт.; X₉ – длина плода, мм; X₁₀ – ширина плода, мм.

Note: * X₁ – is the length of the leaf blade, cm; X₂ – is the width of the leaf blade, cm; X₃ – is the length of the compound sheet, cm; X₄ – is the number of pairs of leaves, pcs.; X₅ – is the ratio of the width of the leaf to their length, X₆ – is the length of the shoot, cm; X₇ – number of inflorescences, pcs.; X₈ – is the number of flowers in the inflorescence, pcs.; X₉ – is the length of the fruit, mm; X₁₀ – fruit width, mm.

На среднем и высоком уровнях изменчивости зафиксированы изучаемые нами морфометрические признаки листьев. Также стоит отметить, что коэффициенты вариации признаков: длина и ширина листовая пластинки, длина сложного листа, количество пар листочков и отношение ширины листа к их длине у *Robinia pseudoacacia* и *Robinia neomexicana* var. *neomexicana* выше, чем у изучаемых форм *Robinia neomexicana*. Высокая вариабельность данных морфометрических показателей листьев деревьев *Robinia pseudoacacia* и *Robinia neomexicana* var. *neomexicana* указывает на более продолжительный период адаптации к меняющимся условиям произрастания при интродукции в Волгоградской области.

Различия в средних линейных размерах листьев изучаемых форм *Robinia neomexicana* в большую сторону, относительно размеров *Robinia pseudoacacia* и *Robinia neomexicana* var. *neomexicana*, по нашему мнению, говорят об их перспективности и хорошем адаптивном потенциале в регионе.

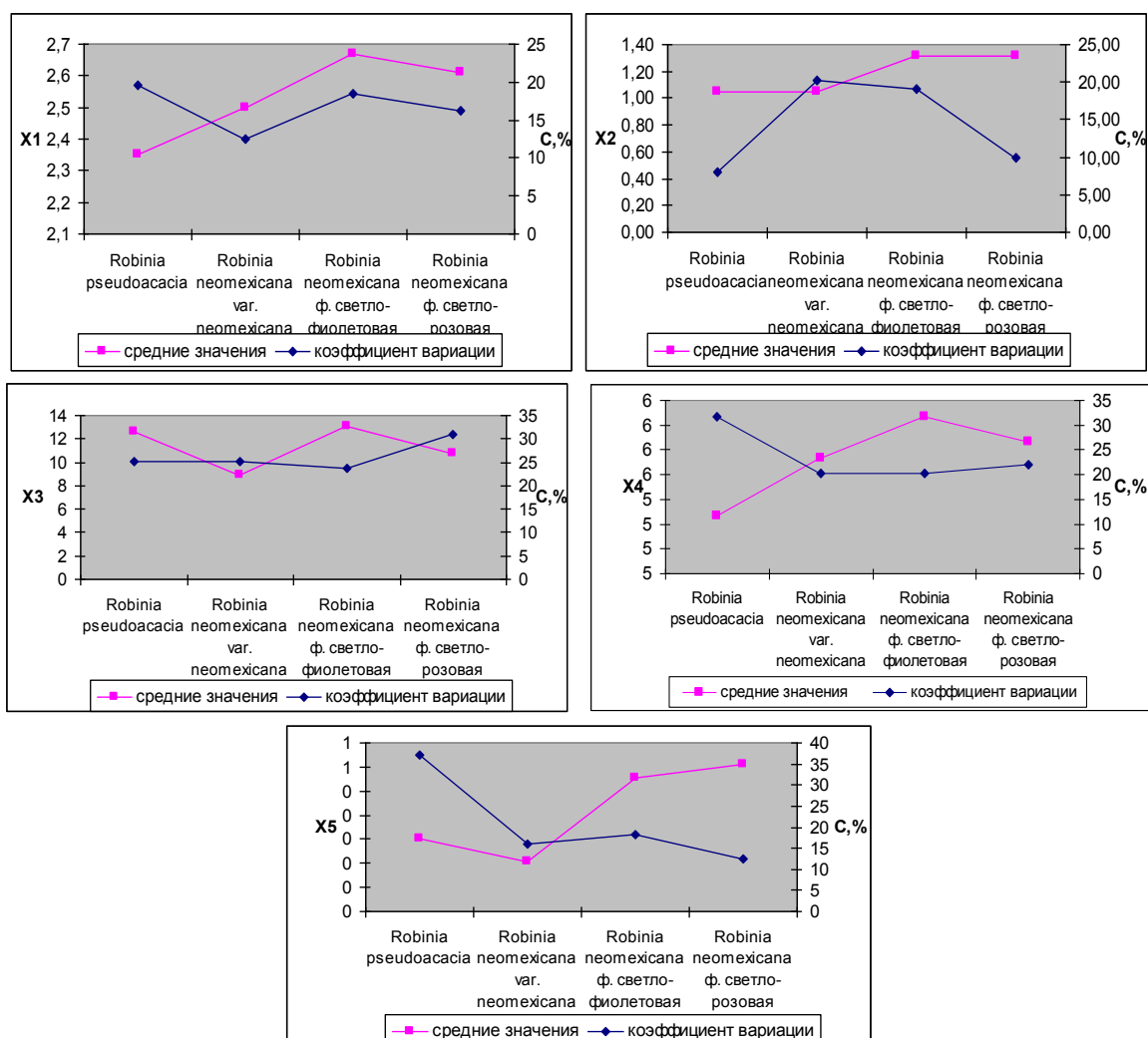


Рисунок 1 – Средние значения (M) и коэффициенты вариации (C, %) морфометрических признаков листьев видов и форм рода *Robinia*

Figure 1 – Average values (M) and variation coefficients (C, %) of morphometric traits of leaves of species and forms of the genus *Robinia*

Согласно данным биологической статистики по генеративным показателям (признаки X_{7-10}) видно, что у *Robinia neomexicana* ф. светло-розовая наблюдается стабильность размеров плодов и соцветий, что указывает на хорошую, устойчивую репродуктивную способность вида в условиях интродукции.

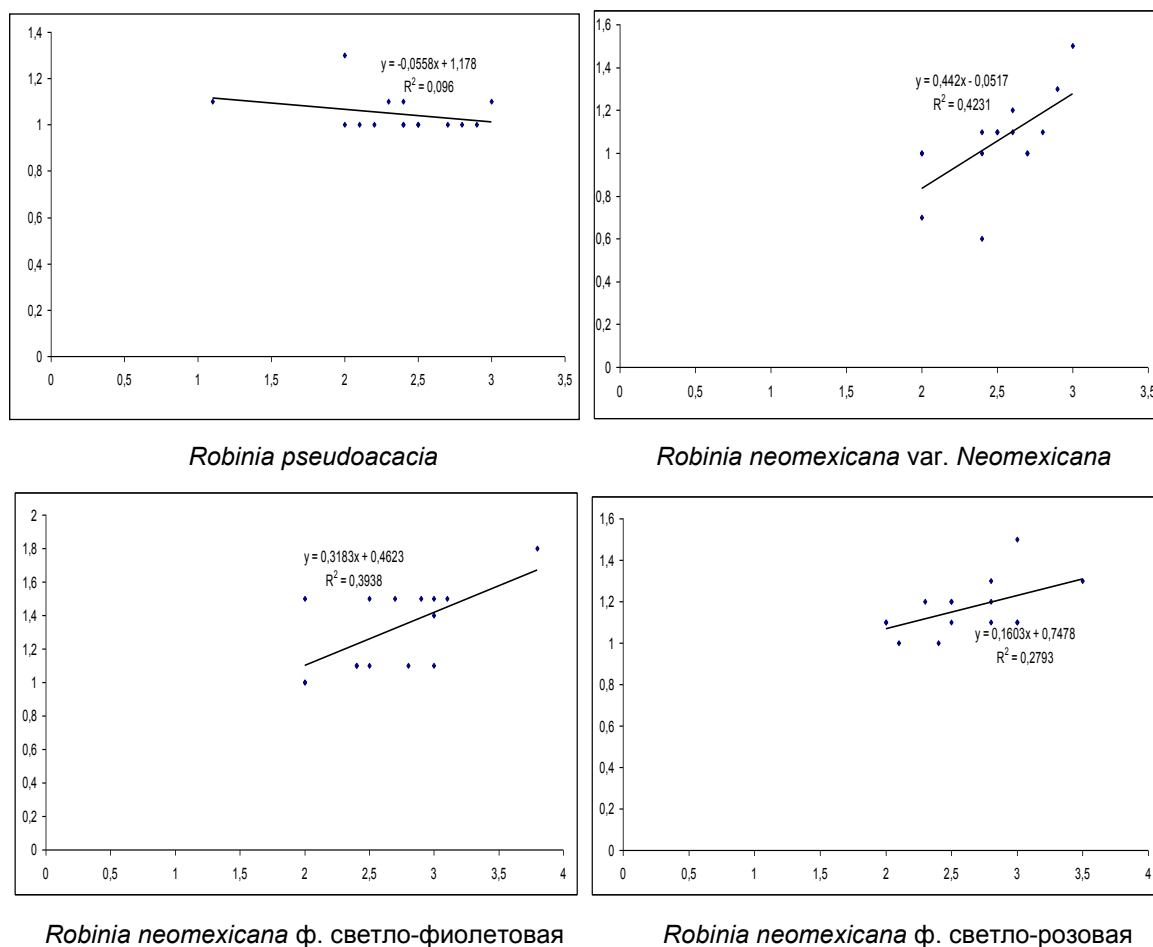


Рисунок 2 – Зависимость длины и ширины пластины листьев видов и форм рода *Robinia*
Figure 2 – Dependence of the length and width of the leaf blade of species and forms of the genus *Robinia*

Подводя итоги по показателям изменчивости морфометрических признаков вегетативных и репродуктивных органов видов и форм рода *Robinia* в условиях интродукции в Волгоградской области можно с уверенностью утверждать, что изучаемые представители этого рода благополучно акклиматизировались в условиях Нижнего Поволжья. Исследование механизмов адаптации на морфологическом уровне позволит проводить селекционные и интродукционные работы с этими видами и формами на данной территории на более высоком уровне.

Закключение. Эндогенная изменчивость таких признаков, как длина и ширина плода, количество цветков в соцветии, характеризуются очень низким и низким уровнями; длина, ширина листа, а также длина сложного листа отличаются большей вариабельностью. В результате анализа изменчивости этих признаков и жизненных форм выделены более адаптированные к новым условиям произрастания, отличных от естественного ареала. Это необходимо учитывать при лесорастительном, лесосеменном районировании, проведении агролесомелиоративных и сельскохозяйственных мероприятий, в селекционных работах при интродукции этой древесной породы.

Conclusions. The endogenous variability of such features as the length and width of the fruit, the number of flowers in the inflorescence are characterized by very low and low levels; the length, width of the leaf, as well as the length of the compound leaf are characterized by greater variability. As a result of the analysis of the variability of these features and life forms, those more adapted to the conditions of introduction were identified. This must be taken into account in forest vegetation, forest seed zoning, forestry, agricultural activities, and in selection work during the introduction of this tree species.

Библиографический список

1. Andysheva E. V., Kislov D. E. Interspecific variability in morphological characters of species of the genus *Dasiphora* in Northeast Asia. *Botanica Pacifica: a Journal of Plant Science and Conservation*. 2022. V. 11. No. 2. Pp. 25-31.
2. Фролова Л. А., Царенкова В. Б. Изучение биометрических показателей модификационной изменчивости у дикорастущих растений *Acer nigrum* (клен американский) и *Robinia pseudoacacia* (акация белая). Ученые записки Тамбовского отделения РАСМ. 2017. № 7. С. 254-260.
3. Семенютина А. В., Лазарев С. Е., Мельник К. А. Оценка репродуктивной способности представителей родовых комплексов и особенности их селекционного семеноведения в сухостепных условиях. Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2019. Т. 9. № 1. С. 1-23.
4. Морозова Е. В., Иоус А. П., Крючков С. Н. Основные итоги селекции робинии лжеакация в Нижнем Поволжье. Успехи современного естествознания. 2018. № 12-2. С. 290-295.
5. Калмыкова Е. В., Кузьмин П. А., Мельник К. А., Сапронова Д. В. Комплексная оценка сеянцев *Robinia pseudoacacia* L. в орошаемом питомнике для использования в лесоразведении и озеленении на территории Нижнего Поволжья. Аграрный научный журнал. 2022. № 11. С. 38-42.
6. Танюкевич В. В., Рулев А. С., Бородачев В. В. и др. Продуктивность и природоохранная роль защитных лесонасаждений *Robinia pseudoacacia* L. Прикубанской равнины. Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2020. № 6 (378). С. 88-97.
7. Лазарев С. Е. Формовое разнообразие и декоративные свойства представителей рода *Robinia* в условиях сухой степи. Научно-агрономический журнал. 2020. № 2 (109). С. 42-50.
8. Коляда Н. А., Коляда А. С. *Robinia pseudoacacia* L. (Fabaceae Lindl.) на юге Дальнего Востока России. Российский журнал биологических инвазий. 2018. Т. 11. № 2. С. 14-19.
9. Лазарев С. Е., Семенютина А. В. Технологические приемы размножения и выращивания видов рода *Robinia* L. Успехи современного естествознания. 2021. № 3. С. 17-25.
10. Kalmykova E., S. Lazarev S. Increasing the Biodiversity of the Dendroflora of Sparsely Wooded Regions by Adapted Representatives of the Genus *Robinia* L. *Agriculture*. 2023. V. 13. No. 3. P. 695.
11. Пугачева А. М., Беляев А. И., Трубакова К. Ю., Ромадина О. Д. Региональные изменения климата в сухих степях и их связь с засухами. Аридные экосистемы. 2022. Т. 28. № 4 (93). С. 13-21.

References

1. Andysheva E. V., Kislov D. E. Interspecific variability in morphological characters of species of the genus *Dasiphora* in Northeast Asia. *Botanica Pacifica: a Journal of Plant Science and Conservation*. 2022. V. 11. No. 2. Pp. 25-31.
2. Frolova L. A., Tsarenkova V. B. Study of biometric indicators of modification variability in wild plants *Acer nigrum* (American maple) and *Robinia pseudoacacia* (white acacia). *Scientific notes of the Tambov branch of the Russian Scientific and Medical University*. 2017. No. 7. Pp. 254-260.
3. Semenyutina A. V., Lazarev S. E., Melnik K. A. Assessment of the reproductive capacity of representatives of generic complexes and features of their breeding seed science in dry-steppe conditions. *Science. Thought: electronic periodical journal*. 2019. V. 9. No. 1. Pp. 1-23.
4. Morozova E. V., Iozus A. P., Kryuchkov S. N. Main results of the selection of black locust in the Lower Volga region. *Advances in modern natural science*. 2018. No. 12-2. Pp. 290-295.
5. Kalmykova E. V., Kuzmin P. A., Melnik K. A., Sapronova D. V. Comprehensive assessment of *Robinia pseudoacacia* L. seedlings in an irrigated nursery for use in afforestation and landscaping in the Lower Volga region. *Agrarian scientific journal*. 2022. No. 11. Pp. 38-42.
6. Tanyukevich V. V., Rulev A. S., Borodichev V. V. [et al.] Productivity and nature conservation role of *Robinia pseudoacacia* L. shelterbelt forest plantations on the Kuban Plain. *News of higher educational institutions. Forestry journal*. 2020. No. 6 (378). Pp. 88-97.
7. Lazarev S. E. Form diversity and ornamental properties of representatives of the genus *Robinia* in dry steppe conditions. *Scientific and agronomic journal*. 2020. No. 2 (109). P. 42-50.
8. Kolyada N. A., Kolyada A. S. *Robinia pseudoacacia* L. (Fabaceae Lindl.) in the south of the Russian Far East. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2018. V. 11. No. 2. Pp. 14-19.
9. Lazarev S. E., Semenyutina A. V. Technological methods of propagation and cultivation of species of the genus *Robinia* L. *Advances in modern natural science*. 2021. No. 3. Pp. 17-25.
10. Kalmykova E., Lazarev S. Increasing the Biodiversity of the Dendroflora of Sparsely Wooded Regions by Adapted Representatives of the Genus *Robinia* L. *Agriculture*. 2023. V. 13. No. 3. P. 695.
11. Pugacheva A. M., Belyaev A. I., Trubakova K. Yu., Romadina O. D. Regional climate changes in dry steppes and their relationship with droughts. *Arid ecosystems*. 2022. V. 28. No. 4 (93). Pp. 13-21.

Информация об авторах

Калмыкова Елена Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией биозологии древесных растений, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8530-9995>, e-mail: kalmukova-ev@vafanc.ru

Петров Николай Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: technolog_16@mail.ru

Кузьмин Петр Анатольевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий 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: <https://orcid.org/0000-0002-1303-765X>, e-mail: kuzmin-p@vafanc.ru

Крылов Павел Андреевич, кандидат биологических наук, ведущий 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: <https://orcid.org/0000-0001-9587-5886>, e-mail: krylov-p@vafanc.ru

Мельник Кристина Андреевна, 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: <https://orcid.org/0000-0002-7103-6436>, e-mail: melnik-k@yandex.ru

Author's Information

Kalmykova Elena Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, chief researcher, Head of Laboratory of Bioecology of Woody Plants, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8530-9995>, e-mail: kalmukova-ev@vfanc.ru

Petrov Nikolai Yurievich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky av., 26), e-mail: technolog_16@mail.ru

Kuzmin Petr Anatolyevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1303-765X>, e-mail: kuzmin-p@vfanc.ru

Krylov Pavel Andreevich, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9587-5886>, e-mail: krylov-p@vfanc.ru

Melnik Kristina Andreevna, Junior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7103-6436>, e-mail: melnik-k@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-08

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE DYNAMICS OF PASTURE VEGETATION IN THE DRY-STEPPE ZONE OF KALMYKIA

¹Konieva G. N., ²Badmaeva K. E., ³Petrov N. Y., ²Batyrov V. A., ²Pavlova N. Ts.

¹*Kalmyk branch of the "Federal Scientific Center All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov"*

Elista, Russian Federation

²*Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov*

Elista, Russian Federation

³*Volgograd State Agrarian University*

Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: konieva.g@yandex.ru

Received 01.10.2024

Submitted 10.12.2024

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (No. 075-03-2024-113/5 "Features and conditions of adaptation of the agrarian periphery to environmental changes")

Summary

Under the influence of various factors, such as meteorological and anthropogenic impacts, changes in the vegetation cover are observed, which emphasizes the importance of rational use and protection of these territories. Under unfavorable conditions, the plant population and the degree of participation are dosed by environmental conditions. In favorable vegetation seasons, any of the species can give a burst of abundance, providing the community with offspring for many years. These plant species, responding to weather inversions, act as buffer systems.

Abstract

Introduction. A relationship has been established between weather conditions and the productivity of pasture associations, with atmospheric soil moisture being the key factor influencing pasture productivity in the context of climate change in the Republic of Kalmykia. **Object.** Series of observations of the main climatic characteristics (average annual and monthly air temperatures, precipitation and hydrothermal climate conditions) in the Republic of Kalmykia and their impact on the development of pasture vegetation in the dry steppe zone of the region. **Materials and methods.** The article presents quantitative information on climatic indicators collected at the Elista meteorological station in the period from 2022 to 2024. Comprehensive studies of plant communities are carried out in the study area, which include a description of the dominant species, vegetation composition, abundance of species of various phytocenoses, the degree of their relationship and the results of statistical data processing. **Results and conclusions.** The vegetation cover of pastures consists of low-growing dense sod grasses, ephemerals, ephemeroïds, wormwood and other species. The mass, projective cover and number of plants of the bluegrass-fescue-wormwood association (*Artemisia taurica*, *A. lerchiana*-*Festuca valesiaca*-*Poa bulbosa*) vary depending on the year of study. In favorable growing seasons, one of the species can demonstrate significant abundance, providing the community

with offspring for many years. These species, responding to weather changes, function as buffer systems. In a year with a wet growing season (2023), when the amount of precipitation exceeded the long-term average by 36.4%, pasture vegetation showed high productivity, comparable to the productivity of irrigated grass stands, reaching from 1.3 to 4.3 c/ha depending on the species composition of plant associations. In conditions of a dry vegetation period, the productivity of pastures decreases by 2.0-2.5 times. The coefficients of binomial conjugacy for the number of dominant plants of the dry steppe zone were calculated, which indicates that in the established grass stand the number of species is balanced and does not indicate oppression or favorability, the plants interact in the grass stand. This confirms the stability and balance of their interaction and can serve as one of the criteria for the structure of the phytocenosis. The conjugacy of the indicators of the number of specimens does not reach high values of the correlation coefficients, demonstrating an indifferent dependence in abundance. The stability of the steppe community is based on the ability of species with different ecology and development rhythms to group and form temporary synusia in accordance with the ecotope, which allows it to persist throughout the vegetation period.

Keywords: pasture vegetation, dry steppe zones, pasture productivity, plant communities.

Citation. Konieva G. N., Badmaeva K. E., Petrov N. Y., Batyrov V. A., Pavlova N. Ts. Impact of climate change on the dynamics of pasture vegetation in the dry-steppe zone of Kalmykia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 78-87 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-08.

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 presented final version.

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

УДК 57.045

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ДИНАМИКУ ПАСТИЩНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КАЛМЫКИИ

¹Кониева Г. Н., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

²Бадмаева К. Е., кандидат биологических наук, проректор

³Петров Н. Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²Батыров В. А., доктор сельскохозяйственных наук

²Павлова Н. Ц., кандидат экономических наук, декан

¹Калмыцкий филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова»

г. Элиста, Российская Федерация

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова»

г. Элиста, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 075-03-2024-113/5 «Особенности и условия адаптации аграрной периферии к изменениям окружающей среды»)

Актуальность. Установлена связь между погодными условиями и продуктивностью пастбищных ассоциаций, при этом ключевым фактором, влияющим на продуктивность растений в условиях изменения климата в Республике Калмыкия, является атмосферное увлажнение почвы. **Объект.** Ряды наблюдений за основными климатическими характеристиками (среднегодовые и месячные температуры воздуха, атмосферные осадки и ГТК) Республики Калмыкия и их воздействие на развитие пастбищной растительности сухостепной зоны региона. **Материалы и методы.** В статье приведены количественные сведения о климатических показателях, собранные на метеорологической станции «Элиста» в период с 2022 по 2024 годы. На исследуемой территории проводятся комплексные исследования растительных сообществ, которые включают описание доминирующих видов, состав растительности, обилие видов различных фитоценозов, степень их взаимосвязи и результаты статистической обработки данных. **Результаты и выводы.** Растительный покров пастбищных угодий состоит из низкорослых плотнодерновинных злаков, эфемеров, эфемероидов, полыни и других видов. Масса, проективное покрытие и численность растений мятликово-типчачково-полынной ассоциации (*Artemisia taurica*, *A. Lerchiana*-*Festuca valesiaca*-*Poa bulbosa*) варьируют в зависимости от года исследования. В благоприятные вегетационные сезоны один из видов может продемонстриро-

вать значительное обилие, обеспечивая сообществу потомство на многие годы. Эти виды, реагирующие на изменения погоды, функционируют как буферные системы. В год с влажным вегетационным периодом (2023), когда количество выпавших осадков превысило среднееголетние показатели на 36,4%, пастбищная растительность проявила высокую продуктивность, сопоставимую с продуктивностью орошаемых травостоев, достигая от 1,3 до 4,3 ц/га в зависимости от видового состава растительных ассоциаций. В условиях сухого вегетационного периода продуктивность пастбищ снижается в 2,0-2,5 раза. Вычислены коэффициенты двучленной сопряженности по численности доминантных растений сухостепной зоны, что указывает на то, что в сложившемся травостое численность видов сбалансирована и не свидетельствует об угнетении или благоприятствии, растения взаимодействуют в травостое. Это подтверждает устойчивость и сбалансированность их взаимодействия и может служить одним из критериев структуры фитоценоза. Сопряженность показателей численности экземпляров не достигает высоких значений корреляционных коэффициентов, демонстрируя индифферентную зависимость в обилии. Устойчивость степного сообщества основывается на способности видов с различной экологией и ритмом развития группироваться и формировать временные синустии в соответствии с экотопом, что позволяет ему сохраняться на протяжении всего вегетационного периода.

Ключевые слова: пастбищная растительность, сухостепные зоны, продуктивность пастбищ, растительные сообщества.

Цитирование. Кониева Г. Н., Бадмаева К. Е., Петров Н. Ю., Батыров В. А., Павлова Н. Ц., Влияние климатических изменений на динамику пастбищной растительности сухостепной зоны Калмыкии. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 78-87. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-08.

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. Изучение разнообразия флоры и оценка её богатства являются ключевыми элементами анализа растительных сообществ. В таких исследованиях особое внимание уделяется вопросам пространственного распределения видов. Анализ взаимодействия растений друг с другом в условиях совместного произрастания представляет собой важный аспект экологии. Значимость данных исследований объясняется не только теоретическими, но и практическими интересами, а также необходимостью разумного управления природными растительными сообществами (1-5).

Природные угодья центральной зоны Республики Калмыкия в основном расположены в Северо-Западном Прикаспии, где преобладают сухие степи. Растительный покров этих территорий характеризуется разреженностью трав, недостаточным количеством растительности, преобладанием видов, адаптированных к засушливым условиям, а также значительным количеством эфемеров и эфемероидов. В последние десятилетия наблюдаются заметные изменения в температурных режимах и уровне влажности окружающей среды. Истощение почвенных, луговых, степных и водных ресурсов, происходящее без необходимого сбалансированного или расширенного воспроизводства, а также продолжающееся неконтролируемое потребление данных ресурсов ставят под угрозу дальнейшее развитие региона [6-9] (10-12).

Материалы и методы. В работе представлены данные количественных показателей климата сухостепной зоны Республики Калмыкия за период 2022-2024 гг., выполненные на основе использования массивов данных по среднегодовым температурам воздуха и сумм осадков. Климатические данные взяты по метеорологической станции «Элиста» по продолжительным рядам данных наблюдений, расположенной в сухостепной зоне Республики Калмыкия. В качестве источника данных используется ERA5.

На ключевых участках проводились длительные комплексные исследования, включающие стандартное описание растительного покрова (учет количества растений каждого вида, подсчет всех побегов), сбор образцов растений для определения урожайности вегетативной массы, проективного покрытия растений, запаса почвенной влаги, и отбор образцов почвы для лабораторных исследований. Определения биологической урожайности на площадках размером 1х2,5 м проводилось в 4 повторных измерениях. Урожайность определялась путем обрезки растений на высоте 2-3 см от поверхности почвы. Названия рас-

тений были взяты из классификации С. К. Черепанова, а жизненные формы – из классификации И. Г. Серебрякова. Для статистической обработки материала использовались методы корреляционного и дисперсионного анализа.

Результаты и обсуждение. Большинство злаков, полыней и разнотравья возобновляют свой рост при наступлении средних суточных температур воздуха 3-5 °С. В годы исследований нарастание среднесуточных температур в весенний период началось с середины марта, уже в третью декаду марта температура воздуха была 4,0...9,6 °С, что выше многолетнего значения на 2,2...7,8 °С. Через 20-30 дней после возобновления вегетации, когда молодые побеги отрастают на 2-3 см, у растений начинается рост стебля. Этот период является индикатором весеннего подтравливания пастбищ или началом пастбы овец по зеленому травостою.

Самым жарким за годы проведения исследований был 2024 год, когда сумма активных температур за (апрель-октябрь) составила 4219,3 °С, что на 877,8 °С выше нормы. Сумма температур биологического минимума $\sum T^{\circ}\text{C} \geq +5$ в этот год составила 4440,3 °С (рисунок 1).

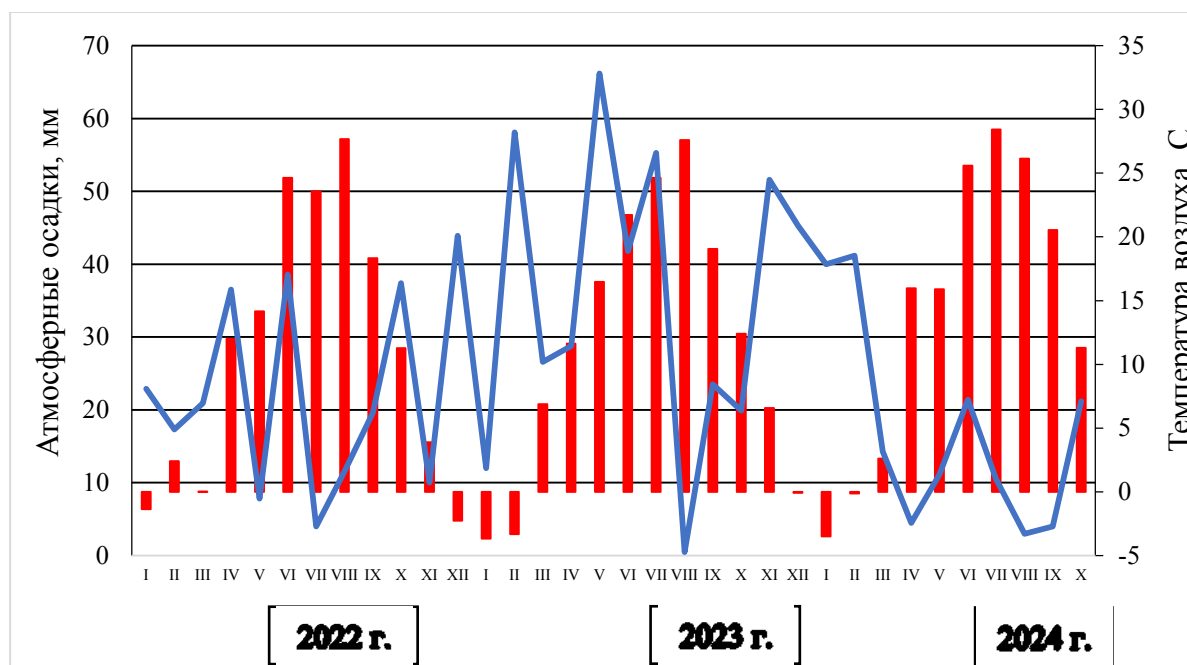


Рисунок 1 – Метеорологические условия в годы проведения исследований
(по данным метеостанции "Элиста")

Figure 1 – Meteorological conditions during the years of research
(according to the data of the Elista meteorological station)

Для увеличения продуктивности пастбищ, помимо достаточного тепла для трав в вегетационный период, необходимо также оптимальное увлажнение почвы. Основным источником влагообеспеченности растений являлись атмосферные осадки. Проведенный статистический анализ продуктивности пастбищной растительности свидетельствует о прямой высокой зависимости от количества выпавших атмосферных осадков: $Y = 0,182 + 0,0612 \cdot X$ с коэффициентом, равным 0,85 (рисунок 2). Гидротермический коэффициент – важный показатель влагообеспеченности. При среднемноголетнем значении ГТК 0,54 этот показатель в годы исследований варьировал от 0,13 (2024 год) до 0,55 (2023 год).

Максимальная продуктивность травостоя была получена в 2023 году при благоприятных погодных условиях (от 1,3 до 4,3 ц/га в зависимости от видового состава растительной ассоциации) – продолжительность вегетационного периода составила 254 дней (II декада марта – II декада ноября) (среднемноголетняя продолжительность вегетационного периода 214 дней), количество выпавших годовых осадков было на 36,4% выше среднемноголетнего показателя.

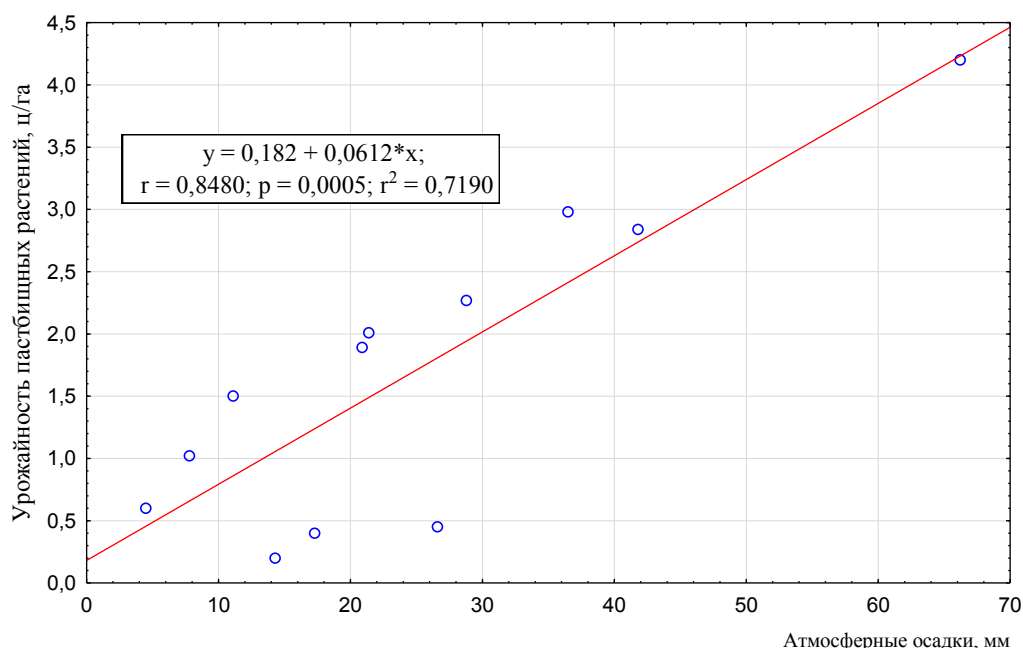


Рисунок 2 – Зависимость продуктивности пастбищных растений от атмосферных осадков (март-июнь), среднее за 2022-2024 гг.

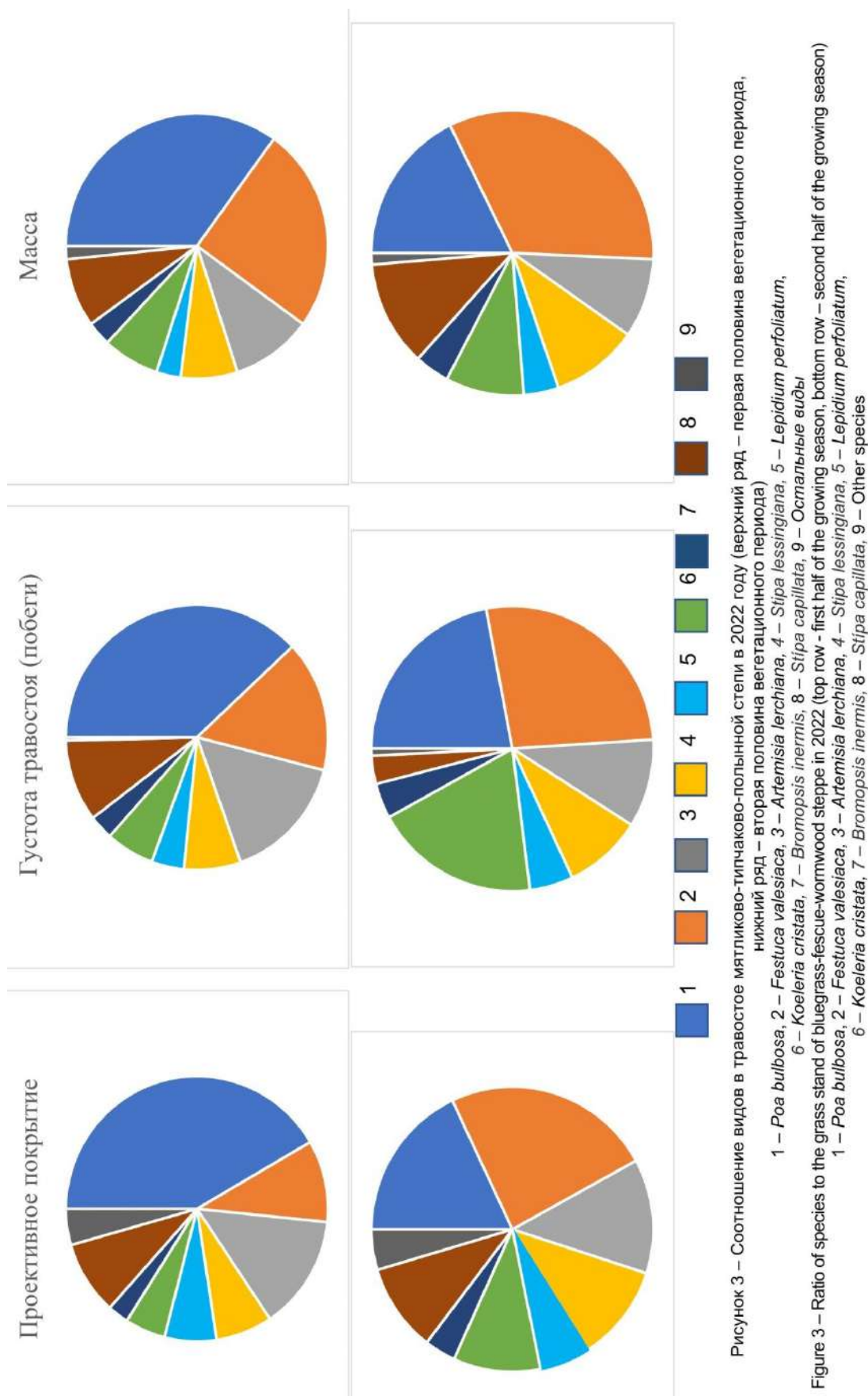
Figure 2 – Dependence of pasture plant productivity on precipitation (March-June), average for 2022-2024

Эффективность атмосферного увлажнения зависит не только от объема выпавших осадков, но и от их равномерного распределения на протяжении вегетационного периода. Так, вегетационный период 2024 года по метеорологическим условиям следует отнести к сухому типу: сумма осадков с начала года до 31 октября составила 171,2 мм. В течение вегетационного периода осадков почти не было в июне, августе, сентябре и октябре. В результате сформировался низкий травостой, продуктивность которого осенью была на уровне 0,6...1,7 ц/га.

Вегетационный период 2022 года по показателям тепло- и влагообеспеченности был чуть ниже среднееголетних значений. Наиболее благоприятные метеорологические условия наблюдались в начале периода, в апреле и мае, когда количество осадков превышало норму на 2,6...3,5 мм.

В Калмыкии разнообразие условий обитания приводит к неоднородности состава и структуры пастбищных фитоценозов. Для растительности пастбищ региона характерны комплексность, разреженность травостоя, преобладание ксерофитов, а также большое количество эфемеров и эфемероидов. На территории центральной зоны Республики Калмыкия в большей степени распространены следующие растительные ассоциации: – мятликово-лерхопопынно-типчакное (*Festuca valesiaca*–*Artemisia lerchiana*–*Poa bulbosa*), мятликово-типчакно-полынное (*Artemisia taurica*, *A. lerchiana*–*Festuca valesiaca*–*Poa bulbosa*), типчакно-полынное (*Artemisia taurica*, *A. austriaca* – *Festuca valesiaca*), ромашниково-полынно-типчакное (*Festuca valesiaca*–*Artemisia ssp.*–*Tanacetum achilleifolium*), мятликово-лерхопопынно-ковыльковое (*Stipa lessingiana*–*Artemisia lerchiana*–*Poa bulbosa*); мятликово-ковыльково-лерхопопынное (*Artemisia lerchiana*–*Stipa lessingiana*–*Poa bulbosa*) и другие.

Характерной особенностью степного пояса является плотнодерновинность, значительную долю которого занимают полыни и ковыли: *Artemisia lerchiana*, *Stipa lessingiana*, *Stipa capillata*. *Poa bulbosa*, *Festuca valesiaca*, *Lepidium perfoliatum*, *Koeleria cristata*, *Brotopsis inermis* хорошо приспособлены к повышенной пастбищной нагрузке, и их широкое распространение в степной зоне Республики Калмыкия является следствием экстенсивного многолетнего пастбищного использования (рисунок 3).



В мятликово-типчаково-полынной ассоциации доминанты (мятлик, типчак и полынь) суммарно на каждой из реперных участков составляют более 50...60% проективного покрытия и более третьей части их густоты, ведущее положение которых сохраняется в первой и во второй половине вегетационного периода. Полыни создают значительную биомассу, его высокая доля в проективном покрытии, густоте травостоя, встречаются на всех изучаемых площадках. По результатам многолетних исследований для полыни отмечены колебания массы в сезонном отношении. Мятлик, тонконог, ковыли – сокомпоненты полыни. Они дополняют синузую мелкодерновинных злаков при снижении доли участия типчака. Отдельными пятнами встречаются клоповники, кострецы, осоки и бобовые растения.

В годы неблагоприятные для ростовых процессов и накопления биомассы (2022, 2024) у злаков повышается способность к вегетативному возобновлению (кущению), при этом снижение прироста биомассы компенсируется увеличением численности побегов. Они полностью заполняют экотон, ограничивая распространение других видов. В этом проявляется компенсаторская роль отдельных показателей обилия и буферная роль степного участка.

В результате многолетних исследований на большинстве ключевых участках было зафиксировано ухудшение состава и структуры растительных сообществ. Наблюдается снижение доли ценных кормовых видов, таких как житняк ломкий, тонконог гребенчатый и овсяница валлисская (*Agropyron fragile*, *Koeleria cristata*, *Festuca valesiaca*). В то же время, полынь Лерха (*Artemisia lerchiana*) и мятлик луковичный (*Poa bulbosa*) стали более распространенными, занимая позиции доминантов или субдоминантов в сообществах, что указывает на нарушение устойчивости степных экосистем. Выявленные изменения в состоянии растительных сообществ указывают на последствия длительной пастбищной нагрузки на степные экосистемы ключевых участков.

Полыни относятся к группе плотнодерновинных злаков. В благоприятные годы они увеличивают биомассу и величину проективного покрытия, в меньшей степени способны к восстановлению численности своей популяции и вегетативному возобновлению, хотя, будучи позднелетниками, увеличивают количество побегов любого порядка ко второй половине сезона (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели обилия *Artemisia* в травостое мятликово-типчаково-полынной ассоциации
Table 1 – Indicators of *Artemisia* abundance in the grasslands of the bluegrass-tipchak-wormwood association

Период учета / Posting period	Показатели (с площади 0,5 м ²) / Indicators (from an area of 0.5 m ²)	$\bar{M} \pm m$	σ	V	P
Первая половина вегетационного сезона / First half of the growing season	Масса, г / Weight, g	1,8±0,23	0,8	63,0	12,8
	Густота в травостое (число побегов), шт. / Density in the grass stand (number of shoots), pcs.	36,70±3,25	22,5	54,5	4,3
	Численность в популяции, шт. / Number in the population, pcs.	3,6±1,16	2,8	57,9	12,6
	Проективное покрытие, % / Projective cover, %	12,5±3,70	1,3	73,1	13,4
Вторая половина вегетационного сезона / Second half of the growing season	Масса, г / Weight, g	2,9±0,546	0,9	63,8	10,5
	Густота в травостое (число побегов), шт. / Density in the grass stand (number of shoots), pcs.	69,40±11,50	45,6	63,4	9,3
	Численность в популяции, шт. / Number in the population, pcs.	4,7±0,14	0,5	53,9	6,5
	Проективное покрытие, % / Projective cover, %	19,70±8,13	0,8	41,2	8,5

Примечание: данные $\bar{M} \pm m$ – среднее арифметическое $\pm$ стандартная ошибка среднего; σ – среднее квадратическое отклонение; V – коэффициент вариации; P – показатель точности исследования.

Note: $\bar{M} \pm m$ is the arithmetic mean $\pm$ standard error of the mean; σ – is the standard deviation; V – is the coefficient of variation; P – is an indicator of the accuracy of the study.

В годы с сухим и жарким летом, малым количеством атмосферных осадков, неблагоприятно влияющими на ростовые процессы полыни, коэффициент варьирования у нее довольно высок, поэтому в пределах популяции встречаются особи различных размеров и густота их распределения по отдельным площадкам неоднородна.

Результаты математической оценки сопряженности доминантов по экзemplярной численности свидетельствуют, что в сложившемся травостое численность видов отрегулирована и не несет в себе информации об угнетении или благоприятствии, плотно- и мелкодерновиные злаки, полыни и другие растения сокорреспондируют в травостое. Это свидетельствует об устойчивости и сбалансированности их взаимодействия и может рассцениваться как один из критериев структуры фитоценоза. Коэффициенты сопряженности численности растений свидетельствуют о том, что у доминантных видов *Festuca valesiaca*, *Artemisia lerchiana*, *Poa bulbosa* прослеживается как небольшая положительная корреляция, так и незначительная отрицательная. В первую половину вегетационного периода *Artemisia lerchiana* имеет преимущественно нейтральную корреляцию или тенденцию к отрицательной сопряженности с соседними видами (с *Festuca valesiaca* $r = -0,09$, *Koeleria cristata* $r = -0,348$), так как растения полыни образуют довольно плотные и густые дерновины и нуждаются в свободной территории. Двучленная сопряженность показателей числа экземпляров не достигает высоких значений коэффициентов корреляции, проявляется индифферентная зависимость в обилии (таблица 2).

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции показателя числа экземпляров на участке мятликово-типчаково-полынной ассоциации в первой половине вегетационного периода

Table 2 – Correlation coefficients of the number of specimens in the area of the bluegrass-fescue-wormwood association in the first half of the growing season

	<i>Poa bulbosa</i>	<i>Artemisia lerchiana</i>	<i>Festuca valesiaca</i>	<i>Stipa lessingiana</i>	<i>Lepidium perfoliatum</i>	<i>Koeleria cristata</i>	<i>Bromopsis inermis</i>	<i>Stipa capillata</i>	Остальные виды / Other types
<i>Poa bulbosa</i>	1,00								
<i>Artemisia lerchiana</i>	-0,13	1,00							
<i>Festuca valesiaca</i>	0,53	-0,01	1,00						
<i>Stipa lessingiana</i>	0,50	0,05	0,32	1,00					
<i>Lepidium perfoliatum</i>	-0,10	0,44	0,19	-0,37	1,00				
<i>Koeleria cristata</i>	-0,20	-0,35	-0,01	0,001	0,02	1,00			
<i>Bromopsis inermis</i>	-0,26	0,45	-0,16	-0,26	0,63	0,09	1,00		
<i>Stipa capillata</i>	-0,26	0,03	-0,33	-0,26	0,05	0,22	0,56	1,00	
Остальные виды / Other types	0,25	-0,23	-0,08	0,24	-0,24	0,46	-0,17	-0,10	1,00

Положительная парная корреляция ($r=0,56$ и $0,63$) наблюдается у конкурентоспособных злаковых культур – костреца безостого с клоповником пронзеннолистным, с ковылем-волосатиком, что объясняется их способностью занимать свободную территорию, не соперничая с другими, более сильными видами. Даже такие сопутствующие и малообильные виды, как кострец безостый, терескен серый, ромашка аптечная и другие, увеличивают степень взаимосвязи видов в сообществе.

Выводы. На территории республики Калмыкия проведены комплексные исследования пастбищных угодий сухостепной зоны, включающие анализ доминирующих растительных сообществ, состав растительности, обилие видов в различных фитоценозах, а также результаты статистической обработки данных. Анализ данных показывает, что основным ядром, определяющим степное сообщество, являются стабильные по всем показателям обилия *Artemisia lerchiana*, *Festuca valesiaca*, *Poa bulbosa*. Им сопутствуют *Stipa lessingiana*, *Stipa capillata*, *Lepidium perfoliatum*, *Koeleria cristata*, *Bromopsis inermis*. В качестве дополнения в травостое встречаются стержневое и корневищное разнотравье и бобовые. Анализ показывает, что масса, проективное покрытие и численность растений варьируют по годам исследований. При неблагоприятных

условиях популяция и степень участия дозированы экологическими условиями. В благоприятные вегетационные сезоны какой-либо из видов может дать вспышку обилия, обеспечив на многие годы сообщество потомством. Эти виды, реагирующие на инверсии погоды, выполняют роль буферных систем. В связи с трансформацией растительности возникает настоятельная необходимость в регулярных мониторинговых наблюдениях и соблюдении принципов рационального природопользования.

Conclusions. Comprehensive studies of pasture lands were conducted in the Republic of Kalmykia, including an analysis of dominant plant communities, vegetation composition, abundance of species in various phytocenoses, as well as the results of statistical data processing. Data analysis shows that the main core determining the steppe community is *Artemisia lerchiana*, *Festuca valesiaca*, *Poa bulbosa*, which are stable in all indicators of abundance. They are accompanied by *Stipa lessingiana*, *Stipa capillata*, *Lepidium perfoliatum*, *Koeleria cristata*, *Bromopsis inermis*. As an addition, taproot and rhizome forbs and legumes are found in the grass stand. The analysis shows that the mass, projective cover and number of plants vary by years of research. Under unfavorable conditions, the population and the degree of participation are dosed by environmental conditions. During favorable growing seasons, any one of the species may burst into abundance, providing the community with offspring for many years. These species, which respond to weather inversions, act as buffer systems. Under the influence of various factors, such as meteorological and anthropogenic impacts, changes in vegetation cover are observed, which emphasizes the importance of rational use and protection of these areas.

Библиографический список

1. Бакинова Т. И., Оконов М. М. Пастбищные ресурсы аридных территорий: оценка состояния и использования. Элиста: Калмыцкий государственный университет, 2013. 146 с.
2. Дедова Э. Б., Исаева С. Д., Дедов А. А. и др. Климатические изменения как фактор совершенствования водопользования в сельском хозяйстве. Научные подходы к современному развитию мелиорации земель: сборник научных трудов. Москва, 2023. С. 222-230.
3. Лазарева В. Г., Бананова В. А., Нгуенг Ванг Зунг Влияние современных колебаний показателей климата на растительный покров Северо-Западного Прикаспия. Материалы XI заочной научно-практической конференции с международным участием. Элиста, 2022. С. 12-15.
4. Джапова Р. Р. Динамика пастбищ и сенокосов Калмыкии. Элиста: Изд-во Калмыцкого ун-та, 2008 176 с.
5. Гребенников В. Г., Лапенко Н. Г., Шипилов И. А., Хонина О. В. Методы повышения продуктивности аридных пастбищ. Аграрная наука. 2020. № 9. С. 70-73.
6. Кониева Г. Н., Иванова В. И., Адучиева М. Г. Анализ изменений основных климатических показателей на территории Республики Калмыкия за многолетний период. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2023. № 2 (70). С. 177-184.
7. Шарко Е. Р. Влияния изменений климата на сельское хозяйство в регионах Российской Федерации. Теоретическая и прикладная экономика. 2022. № 1. С. 11-24.
8. Иванова В. И., Кониева Г. Н. Естественная растительность степных биогеоценозов. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (72). С. 20-23.
9. Ksenofontov M. Y., Polzikov D. A. On the issue of the impact of climate change on the development of Russian agriculture in the long term. Studies on Russian Economic Development. 2020. No. 31. V. 3. Pp. 304-311.
10. Дедова Э. Б., Кониева Г. Н. Восстановление деградированных пастбищ в Калмыкии. Экология и мелиорация агроландшафтов: перспективы и достижения молодых ученых: материалы VII Международной научно-практической конференции молодых ученых. Волгоград, 2019. С. 257-258.
11. Шевченко В. А., Дедова Э. Б., Шамсудинов Н. З. и др. Агромелиоративные приемы восстановления плодородия деградированных и вышедших из оборота сельскохозяйственных земель и пастбищных территорий: монография. Москва, 2022. 205 с.
12. Огнивцев С. Б. Направления и механизмы стратегии адаптации сельского хозяйства России к климатическим изменениям. Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2019. № 10 (50). С. 11-18.

References

1. Bakinova T. I., Okonov M. M. Pasture resources of arid territories: assessment of the state and use. Elista: Kalmyk State University, 2013. 146 p.
2. Dedova E. B., Isaeva S. D., Dedov A. A., et al. Climate change as a factor in improving water use in agriculture. Scientific approaches to the modern development of land reclamation: Collection of scientific papers. Moscow, 2023. Pp. 222-230.
3. Lazareva V. G., Bananova V. A., Nguyeng Vang Dung The influence of modern fluctuations in climate indicators on the vegetation cover of the North-West Caspian region. Proceedings of the XI correspondence scientific and practical conference with international participation. Elista, 2022. Pp. 12-15.
4. Dzhapova R. R. Dynamics of pastures and hayfields of Kalmykia. Elista: Publishing house of Kalmyk University, 2008 176 p.
5. Grebennikov V. G., Lapenko N. G., Shipilov I. A., Khonina O. V. Methods for increasing the productivity of arid pastures. Agrarian science. 2020. No 9. Pp. 70-73.
6. Konieva G. N., Ivanova V. I., Aduchieva M. G. Analysis of changes in the main climatic indicators in the territory of the Republic of Kalmykia over a long-term period. News of the Lower Volga Agrarian University Complex. 2023. No 2 (70). Pp. 177-184.

7. Sharko E. R. The Impact of Climate Change on Agriculture in the Regions of the Russian Federation. Theoretical and Applied Economics. 2022. No 1. Pp. 11-24.
8. Ivanova V. I., Konieva G. N. Natural Vegetation of Steppe Biogeocenoses. Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. 2023. No 1 (72). Pp. 20-23.
9. Ksenofontov M. Y., Polzikov D. A. On the Issue of the Impact of Climate Change on the Development of Russian Agriculture in the Long Term. Studies on Russian Economic Development. 2020. No 31. V. 3. Pp. 304-311.
10. Dedova E. B., Konieva G. N. Restoration of degraded pastures in Kalmykia. Ecology and melioration of agricultural landscapes: prospects and achievements of young scientists: Proceedings of the VII International scientific and practical conference of young scientists. Volgograd, 2019. Pp. 257-258.
11. Shevchenko V. A., Dedova E. B., Shamsudinov N. Z., et al. Agromeliorative techniques for restoring the fertility of degraded and out-of-circulation agricultural lands and pasture areas. Monograph. Moscow, 2022. 205 p.
12. Ognitvsev S. B. Directions and mechanisms of the strategy for adaptation of Russian agriculture to climate change. Economy, labor, management in agriculture. 2019. No 10 (50). Pp. 11-18.

Информация об авторах

Кониева Галина Нагашевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Калмыцкий филиал «Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 358011, Республика Калмыкия, г. Элиста, пл. Городовикова, д. 1), ORCID: 0000-0002-6965-5967, e-mail: konieva.g@yandex.ru

Бадмаева Кермен Евгеньевна, кандидат биологических наук, проректор по науке и стратегическому развитию, ФГБОУ ВО "Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова" (Российская Федерация, 358000, Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11), ORCID: 0000-0002-4065-6720, e-mail: kema.badmaeva@gmail.com

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

Батыров Владимир Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, и.о. заведующего кафедрой, ФГБОУ ВО "Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова" (Российская Федерация, 358000, Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11), ORCID: 0000-0003-2183-4058, e-mail: vladimir-ba@mail.ru

Павлова Нюдля Цагадаевна, кандидат экономических наук, декан экономического факультета, ФГБОУ ВО "Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова" (Российская Федерация, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11), ORCID: 0000-0001-8685-7512, e-mail: pavlova_nc68@mail.ru.

Author's Information

Konieva Galina Nagashevna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, the Kalmyk branch of the "All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov" (Russian Federation, 358011, Kalmykia, Elista, Gorodovikov Square, 1), ORCID: 0000-0002-6965-5967, e-mail: konieva.g@yandex.ru

Badmaeva Kermen Evgenievna, Candidate of Biological Sciences, Vice-Rector for Science and Strategic Development, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Kalmykia, Elista, Pushkin str., 11), ORCID: 0000-0002-4065-6720, e-mail: kema.badmaeva@gmail.com

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

Batyrov Vladimir Aleksandrovich, Doctor of Agricultural Sciences, Acting Head of the Department, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Kalmykia, Elista, Pushkin str., 11), ORCID: 0000-0003-2183-4058, e-mail: vladimir-ba@mail.ru

Pavlova Nyudlya Tsagadaevna, Candidate of Economic Sciences, Dean of the Faculty of Economics, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Kalmykia, Elista, Pushkin str., 11), ORCID: 0000-0001-8685-7512, e-mail: pavlova_nc68@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-09

THE INFLUENCE OF DIFFERENT BOTANICAL COMPOSITION AND SEEDING RATES OF LEGUME-BLUEGRASS GRASS MIXTURES ON THE QUALITY OF FODDER AND THEIR USE IN THE CONDITIONS OF IRRIGATED AGRICULTURE OF THE LOWER VOLGA REGION

Kulik D. K., Golovatyuk O. V.

*All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal State Budgetary
Budgetary Institution "FNC VNIIGiM named after A. N. Kostyakov"
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: Galstuk107@yandex.ru

Received 02.09.2024

Submitted 09.12.2024

The research was carried out within the framework of the research topic 2022-2024. "To develop a system of field forage production on irrigated lands while realizing the biological potential of forage agrophytocenoses in order to provide livestock with high-quality balanced feeds for the reproduction of soil fertility." Topic No. FNFR-2022-0004

Summary

Bean-bluegrass grass mixtures solve the problem of providing fodder both in summer and in winter and are chemically close to a full-fledged diet. These grass mixtures are of particular interest for both large and small and medium-sized livestock farms and enterprises engaged in the production of feed. Having alfalfa-

cereal mixtures of various botanical compositions, a farmer can feed animals with a green mass of herbs throughout the warm season by mowing or grazing, and for the winter period, on the same lands, hay, haylage or grass flour.

Abstract

Introduction. In modern conditions, in leading dairy enterprises, it is almost impossible to physically expand the territory of irrigated areas for crops of perennial forage crops. In this regard, the task of increasing productivity and rational use of them is being updated. **Object.** The object of research is the legume alfalfa blueberry and bluegrass perennial grasses. **Materials and methods.** The research was carried out at the experimental field of VNIIOZ – the branch of the “Federal Research Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov”. The experiments and the necessary observations were carried out within the appropriate time frame and according to generally accepted methods. **Results and conclusions.** The yield of grass mixtures and the yield of nutrients (averaged data for four years of research) showed the following results: alfalfa 100% – feed units, t/ha 7.04, green mass, t/ha 46.09, dry matter, t/ha 10.25, digestible protein t/ha 1.52, digestible protein g per 1 k unit 216.5; Alfalfa 70% + 2 cereals – feed units, t/ha 6.94, green mass, t/ha 45.90, dry matter, t/ha 10.45, digestible protein t/ha 1.38, digestible protein g per 1 feed units 198.5; alfalfa 45% + 2 cereals – feed units, t/ha 6.47, green mass, t/ha 43.59, dry matter, t/ha 9.86, digestible protein t/ha 1.29, digestible protein g per 1 kg. units 198.5; Alfalfa 20% + 2 cereals – feed units, t/ha 6.35, green mass, t/ha 41.68, dry matter, t/ha 9.79, digestible protein t/ha 1.25, digestible protein per 1 feed units 197.6; Three cereals – feed units, t/ha 5.20, green mass, t/ha 36.54, dry matter, t/ha 8.54, digestible protein t/ha 0.93, digestible protein per 1 feed units 178.9; Alfalfa 45% + 5 cereals – fodder units, t/ha 6.21, green mass, t/ha 41.71, dry matter, t/ha 9.76, digestible protein t/ha 1.19, digestible protein per 1 feed units 191.8.

Keywords: irrigated agriculture, blue hybrid alfalfa, boneless rump, reed fescue, team hedgehog, meadow bluegrass, bluegrass, bean-bluegrass grass mixtures, feed.

Citation. Kulik D. K., Golovatyuk O. V. The influence of different botanical composition and seeding rates of legume-bluegrass grass mixtures on the quality of fodder and their use in the conditions of irrigated agriculture of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 87-98 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-09.

The 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 final version presented.

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

УДК 633.31/37:579.64

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОГО БОТАНИЧЕСКОГО СОСТАВА И НОРМ ВЫСЕВА БОБОВО-МЯТЛИКОВЫХ ТРАВΟΣМЕСЕЙ НА КАЧЕСТВО КОРМОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

**Кулик Д. К., доктор сельскохозяйственных наук
Головатюк О. В., старший лаборант-исследователь**

*Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал
ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»
г. Волгоград, Российская Федерация*

Исследования проведены в рамках тематики НИР 2022-2024 гг. «Разработать систему полевого кормопроизводства на орошаемых землях при реализации биологического потенциала кормовых агрофитоценозов в целях обеспечения животноводства высококачественными сбалансированными кормами при воспроизводстве почвенного плодородия». Тема № FNFR-2022-0004

Актуальность. В современных условиях в ведущих молочных предприятиях практически невозможно физическое расширение территории орошаемых площадей под посевы многолетних кормовых культур. В связи с этим актуализируется задача повышения продуктивности и рационального их использования. **Объект.** Объектом исследований являются бобовая культура люцерны синегрибная и мятликовые многолетние травы. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном поле ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова». Закладка опытов и необходимые наблюдения были выполнены в соответствующие сроки и согласно общепринятым методикам. **Результаты и выводы.** Урожайность травосмесей и выход питательных веществ (усреднённые данные за четыре года исследований) показали следующие результаты: люцерна 100% – кормовые единицы, т/га 7,04, зеленая масса, т/га 46,09, сухое вещество, т/га 10,25, переваримый протеин т/га 1,52, переваримый протеин г на 1 кормовых единиц 216,5; Люцерна 70% + 2 злака – кормовые единицы, т/га 6,94, зеленая масса, т/га 45,90, сухое вещество, т/га 10,45, пере-

варимый протеин т/га 1,38, переваримый протеин г на 1 к.ед 198,5; люцерна 45% + 2 злака – кормовые единицы, т/га 6,47, зеленая масса, т/га 43,59, сухое вещество, т/га 9,86, переваримый протеин т/га 1,29, переваримый протеин г на 1 к.ед 198,5; Люцерна 20% + 2 злака – кормовые единицы, т/га 6,35, зеленая масса, т/га 41,68, сухое вещество, т/га 9,79, переваримый протеин т/га 1,25, переваримый протеин на 1 к.ед 197,6; Три злака – кормовые единицы, т/га 5,20, зеленая масса, т/га 36,54, сухое вещество, т/га 8,54, переваримый протеин т/га 0,93, переваримый протеин на 1 к.ед 178,9; Люцерна 45% + 5 злаков – кормовые единицы, т/га 6,21, зеленая масса, т/га 41,71, сухое вещество, т/га 9,76, переваримый протеин т/га 1,19, переваримый протеин на 1 к.ед 191,8.

Ключевые слова: орошаемое земледелие, люцерна синегибридная, костреч безостый, овсяница тростниковая, ежа сборная, мятлик луговой, пырей сизый, бобово-мятликовые травосмеси, корма.

Цитирование. Кулик Д. К., Головатюк О. В. Влияние различного ботанического состава и норм высева бобово-мятликовых травосмесей на качество кормов и их использование в условиях орошаемого земледелия Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 87-98. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-09.

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 современных условиях в ведущих молочных предприятиях практически невозможно физическое расширение территории орошаемых площадей под посевы многолетних кормовых культур. В связи с этим актуализируется задача повышения продуктивности и их рационального использования.

Основной белковой культурой в кормопроизводстве является люцерна (*medica*). Из всех зелёных и грубых кормов люцерна имеет наивысший процент содержания протеина, обладающего высокой переваримостью (80%), однако общая переваримость у неё меньше относительно прочих зелёных кормов. На начальном этапе развития растений люцерны переваримость органического вещества составляет более 70%, но в фазу цветения и позже она заметно падает, хотя переваримость протеина стабильно остаётся высокой. Люцерна необходима для балансировки рационов по белку.

Перед производителями встаёт вопрос выращивания люцерны монокультурой или в люцерно-мятликовых травосмесях и их процентное соотношение. Кроме того существует необходимость создания высокопродуктивных травостоев, сбалансированных летних рационов обладающих антитимпаническими характеристиками.

Возделывание многокомпонентных травосмесей позволяют на засушливых территориях каштановых почв получить пастбища, состоящие из многолетних растений. По наблюдению для засушливого климата эффективно выращивание травосмесей с задействованием злаков и бобовых трав [1, 14].

По площади занимаемой многолетними комовыми травами в Нижнем Поволжье люцерна синегибридная обходит многие другие травы. Это происходит по ряду причин: засухоустойчивое и морозостойкое растение с высокими темпами побегообразования, высокая результативность на третий год жизни, большое содержание сухого вещества, переваримого протеина и др. [2].

Урожайность люцерны синегибридной составляет 39 т/га. В люцерне содержится: протеин – 22,3%; жир – 2,3%; клетчатка – 22,6%; БЭВ – 35% [3].

В травосмеси, включающие в себя злаковые, чаще всего входят: костреч, овсяница, ежа сборная, мятлик, пырей. И продуцируют мятликовые до 10 лет.

Костреч безостый высевается как самостоятельная культура, так и в смеси с бобовыми. К срокам посева не прихотлив, но лучший результат по зеленой массе показывает при высеве в физической спелости почвы. Хорошо произрастает в степных и лесостепных зонах, засухоустойчив и зимостоек. На второй год жизни, показатель зеленой массы за два укоса достиг 37,2 т/га; протеина в сухой массе – 12%; клетчатки – 29,26% [4, 5, 11].

Ежа сборная относится к рыхлокустовым травам, не зимостойкое, в травостое живет до 6 лет. При составлении травосмесей ежа занимает до 30%. На бурых почвах Прикаспия урожайность ежи сборной составила 12,57 т/га. Кормовая ценность ежи сборность определяется следующими показателями: сырой протеин – 3%; сырой жир – 0,7%; сырая клетчатка – 6,7%; БЭВ – 11,7% [6].

В условиях средней полосы возделывание бобово–мятликовой травосмеси в соотношении 6 к 4 урожайность зеленой массы мятлика лугового на второй год в среднем – 10,96 т/га при посеве 20 млн/га всхожих семян. Период жизни может достигать 15 лет. В мятлике луговом в среднем содержится 3,3% сырого протеина, 0,7% жира, 9,2% клетчатки, 17,07% БЭВ [7, 12].

Агрофитоценоз с пыреем выделяется высокой урожайностью в условиях возделывания засушливого климата на каштановых почвах. Пырей средний – засухоустойчивая и зимостойкая культура. При норме высева семян в травосмеси 20 кг/га урожайность зеленой массы в среднем за несколько лет составила 69,5 ц/га, 10,8% – сырого протеина, 29% – сырой клетчатки, 0,63 – К.Е [13].

Разнообразие кормовых травостоев по видам и сортам культур позволяет создавать пастбища адаптированные под требуемые экологические ниши, что обеспечивает непрерывное кормление с начала весны и до поздней осени [8].

Многовидовой набор культур в кормовом клине приумножает возможности получить при невысоких затратах питательные травостои с достаточным количеством сырого протеина для сельскохозяйственного скота [9].

Материалы и методы. В 2020-2023 гг. на орошаемых землях ОС «Орошаемая» – филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (Волгоград) проводились исследования по изучению влияния ботанического состава травосмесей из многолетних культур на урожайность, химический состав, сбалансированность по питательным веществам, хозяйственное использование полученных урожаев. Для создания травосмесей были использованы следующие культуры – люцерна синегибридная, мятлик луговой, кострец безостый, пырей сизый, овсяница луговая, ежа сборная. Для оценки питательности кормов на примере кормления овец определяли переваримость основных питательных веществ.

Результаты и обсуждение. В качестве опытной выступила трёхкомпонентная смесь – люцерна, овсяница луговая, кострец безостый. Люцерну сеяли нормой 20, 45 и 70% от используемой в монопосевах данной культуры. В контроле был посев 100% люцерны. Были также изучены посевы мятликовых травосмесей без бобовых трав и травосмесь с 45% люцерны + пять многолетних злаковых трав.

Сев культур провели в первой половине августа 2021 года. Каждый год в конце февраля – начало марта вносили комплексное минеральное удобрение (по тало-мёрзлой почве) N80P90K60. После каждого укоса вносили азотное удобрение N60 в качестве подкормки. Полив производился дождевальными машинами BAUER консольного типа с целью поддержания предполивного порога влажности почвы на уровне 70% НВ.

Полученный урожай использовался на зелёный корм – 70%, приготовление силоса – 15%, сенажа – 10% и травяной муки – 5%.

В зависимости от доли участия люцерны в урожае, времени укоса, биологических особенностей культур и количественного состава травосмесей их видовой (ботанический) состав существенно изменялся год от года (таблица 1).

В монопосеве люцерны синегибридной в первом укосе наблюдалось наличие сорных однолетников, впоследствии люцерна уверенно их вытесняла. На третий год жизни доля люцерны в первом укосе была 86%, в последующих – 100%.

Трёхкомпонентные смеси показали, что доля участия люцерны в урожае возрастала при уменьшении доли мятликовых. В первом году жизни травосмеси третьего варианта в первом укосе дали люцерны – 15,9, втором – 47,1, третьем – 56%. Данная закономерность наблюдалась в течение всего трёхлетнего срока использования травостоев. В третий год жизни доля люцерны здесь составила: I укос – 34,5; II – 64,3; III – 77,5%.

Норма высева оказывала значительное влияние на структурное содержание люцерны в урожае. На первом году жизни, при 70% норме высева люцерны, доля её участия была в среднем 47,2%, 45% – 35,7, 20% – 30,2. В третий год жизни содержание люцерны в урожае возросло и составило соответственно 63,6; 58,7 и 50,8%.

Травосмесь из пяти мятликовых с люцерной в первый год жизни показало наибольшее её участие в урожае во втором укосе – 48,1%. Третий укос показал участие люцерны в урожае менее 42%. В следующие годы жизни содержание люцерны увеличивалось с каждым укосом. Максимальных значений данный показатель достиг в третий год использования, в третьем укосе – 74,4%.

Таблица 1 – Видовой состав травосмесей по сухому веществу (I) и зелёной массе (II), %
Table 1 – Species composition of grass mixtures by dry matter (I) and green mass (II), %

Травосмеси, % высева люцерны / Grass mixtures, % of alfalfa seeding	2021		2022		2023		Среднее / average	
	I	II	I	II	I	II	I	II
1. Люцерна, 100% Сорняки / 1. Alfalfa, 100% Weeds	92,1 7,9	91,7 8,3	97,2 2,8	96,0 4,0	95,3 4,7	97,3 2,7	94,9 5,1	95,0 5,0
2. Люцерна, 70% Кострец Овсяница Сорняки / 2. Alfalfa, 70% Rump Oatmeal Weeds	47,2 35,5 11,1 6,2	45,7 33,9 14,5 5,9	66,0 32,0 1,6 0,4	63,8 33,3 2,4 0,5	63,6 32,9 3,5 -	61,4 34,2 4,4 -	59,0 33,5 5,4 2,2	57,0 33,8 7,1 2,1
3. Люцерна, 45% Кострец Овсяница Сорняки / 3. Alfalfa, 45% Rump Oatmeal Weeds	35,7 47,2 12,4 4,7	27,5 53,7 13,8 5,0	57,5 39,5 2,3 0,7	55,7 40,1 3,3 0,9	58,7 40,0 1,3 -	57,1 41,5 1,3 -	50,6 42,2 5,3 1,8	46,8 45,1 6,1 1,9
4. Люцерна, 20% Кострец Овсяница Сорняки / 4. Alfalfa, 20% Rump Oatmeal Weeds	30,2 42,2 16,8 10,8	25,8 45,9 18,5 9,8	39,4 51,7 8,0 0,9	39,9 52,2 6,6 1,3	50,8 43,7 5,5 -	62,0 44,9 4,6 -	40,1 45,9 10,1 3,9	42,6 47,7 9,9 3,7
5. Кострец Овсяница Ежа сборная Сорняки / 5. The Rump Oatmeal The hedgehog national team Weeds	64,0 15,0 10,4 10,6	63,8 15,8 11,1 9,3	57,1 4,0 36,8 2,1	58,9 3,9 34,8 2,4	49,4 3,3 47,2 0,02	48,7 3,8 47,5 0,03	56,8 7,4 31,5 4,24	57,1 7,8 31,1 3,91
6. Люцерна, 45% Кострец Овсяница Ежа сборная Мятлик Пырей Сорняки / 6. Alfalfa, 45% Rump Oatmeal The hedgehog national team Bluegrass Wheatgrass Weeds	30,6 22,7 9,1 8,1 0,5 27,6 1,4	26,2 22,1 11,0 8,6 0,6 29,8 1,7	43,3 37,3 1,1 7,3 0,9 9,7 0,4	40,4 38,6 1,2 8,3 0,5 10,3 0,7	51,9 29,9 1,7 13,1 1,2 2,2 -	49,0 31,6 1,8 14,2 1,9 1,6 -	41,9 30,0 4,0 9,5 0,9 13,2 0,6	38,5 30,8 4,7 10,4 1,0 13,9 0,8

Из мятликовых трав, в течение трёх лет пользования травосмесями, кострец безостый показал себя преобладающим видом. Он лучше других культур отрастал и равномерно участвовал во всех укосах. Кострец по урожайности во всех вариантах (за исключением четвёртого) уступал лишь люцерне. В вариантах № 2, № 3, № 4 и № 5 при норме высева люцерны 70 и 45% доля участия в урожае уменьшилась уже ко второму году пользования и на третьем году жизни во всех группах резко сократилась. В злаковой травосмеси содержание костреца снизилось и составило по годам пользования соответственно 64,0; 57,1; и 49,4%, тем не менее, кострец являлся основным компонентом. В поликомпонентной травосмеси на протяжении двух лет пользования участие костреца в урожае увеличивалось с 22,7 до 37,3%, в третий год жизни сократилась до 29,9% и заметно уменьшилась в третьем укосе. Данная закономерность наблюдалась в течение трёх лет.

Пырей сизый показал широкое распространение лишь в первом укосе первого года жизни. В последующих укосах встречался значительно реже. Пырей после укоса отрастал очень слабо и сильно поражался ржавчиной. Содержание пырея в шестикомпонентных смесях по годам жизни равнялось соответственно 27,6; 9,7 и 2,2%, это говорит о том, что в третий год пользования он практически отсутствовал в посеве.

Присутствие в злаковой смеси ежи сборной в урожае первого года было очень низким – 10,4% в злаковой смеси, а в шестикомпонентной – 8,1%. Во второй год жизни процентное содержание ежи сборной в урожае повысилось до 36,8, а в третий год жизни до 47,2. По укосам доля данной культуры в урожае злаковой смеси также увеличивалась. В шести компонентной травосмеси ежа сборная большого развития не получила. Участие её в урожае составило от 8,1% в первый год жизни до 13,1% в третий год пользования. По продуктивности эта трава заняла второе место среди мятликовых культур.

Мятлик существенно не влиял на урожай. Содержание этой культуры по годам составляло – 0,5; 0,9; 1,2%.

Урожайность овсяницы была низкой, однако её участие в укосах было равномерно. В первый год жизни её участие в урожае было максимальным, а затем происходило сокращение как по годам, так и по укосам.

Сорная растительность встречалась преимущественно до первого укоса и в результате многолетние культуры её подавляли. На третий год жизни сорняки в травосмесях отсутствовали. Было отмечено, что бобово-мятликовые травосмеси были засорены гораздо меньше, чем посевы злаков и монопосев люцерны. Перед первым укосом в монопосеве люцерны отмечалось 14,1% сорной растительности (по сухому веществу), ко второму укосу люцерны полностью вытиснила её. Мятликовая травосмесь была незначительно поражена сорняками. Они наблюдались перед первым укосом, а затем полностью исчезли уже ко второму укосу. В последующие года пользования сорняки появлялись в местах выпада культурных растений вследствие перезимовки.

В аналитической лаборатории был проведён химический анализ трав по вариантам посева и укосам (таблица 2). Установлено, что содержание сырого протеина определялось процентным соотношением люцерны синегибридной в урожае. Наивысший показатель содержания сырого протеина отмечен в монопосеве люцерны, а наименьший в злаковой травосмеси. Согласно классификации кормов все варианты посева принадлежат к группе богатых протеином (более 15%).

Для оптимального физического состояния, поддержания высоких продуктивных качеств рацион коров во время лактации должен содержать 14-16% сырого протеина или в одной кормовой единице 100-110 г переваримого протеина. В изучаемых травосмесях лишь злаковая смесь соответствовала зоотехнической норме содержанию протеина – 15,4% в сухом веществе или 135 г переваримого протеина в одной кормовой единице. В бобово – мятликовых травосмесях содержание протеина превосходило норму в 1,42-1,7 раза, а в чистом посеве люцерны в 1, 86 раза (195 г /1 к.ед.). Такое содержание белка отвечает норме кормления свиней.

Содержание клетчатки летом у молодых растений должно соответствовать 27-28%, зимой 22-25% в сухом веществе [9].

В наших опытах максимальный показатель содержания клетчатки в течение трёх лет пользования был в варианте № 5 (трёхкомпонентная злаковая смесь) – 28,07%. При включении люцерны в посевы процент клетчатки соответственно снижался. В монопосеве люцерны синегибридной доля содержания клетчатки равнялась 20,92%. Содержание золы имело такую же закономерность и варьировалось от 11,67 до 10,39% соответственно. В зелёных кормах оптимальным содержанием клетчатки отличались варианты № 4, 5, 6, т.е. у злаков и травосмесей с минимальным участием люцерны. В зелёных кормах вариантов № 1, 2, 3 (травосмеси с большим участием люцерны) содержание клетчатки не хватало для кормления полигастрических (жвачных) животных. Зимние и летние рационы значительно отличаются друг от друга, в том числе и по содержанию клетчатки. Для заготовки кормов на зимний период уровень клетчатки наиболее оптимален у травосмесей, в которых люцерны синегибридной представлена в большей доле участия. Корма из смесей где люцерны представлена в меньшей доле участия, а так же из злаковых получаются грубыми. Разница в кормах для зимних и летних рационов должна учитываться при составлении программы кормления с.-х. животных.

Максимальное содержание сырого жира отмечалось в злаковой травосмеси – 2,82%, а минимальное в монопосеве люцерны – 2,34%. Содержание сырого жира снижалось с увеличением в смесях доли люцерны.

В организме животных наиболее полноценное усвоение протеина происходит когда на одну часть сырого протеина приходится 3,6 – 5 частей БЭВ. Во всех вариантах посевов их было значительно меньше.

Рацион высокоудойных коров должен содержать в одном килограмме сухого вещества не менее 100г переваримого протеина, 240 г клетчатки, 4,7 г фосфора, 6,3 г. кальция, 45 мг каротина и 70 г золы. Во всех смесях содержание золы было выше нормы.

При увеличении доли люцерны в урожае содержание калия снижалось. В злаковых его содержание составило 3,88%, а в чистой люцерне 2,49%.

Таблица 2 – Химический состав травосмесей, % в воздушно-сухом веществе (в среднем за 2021-2023 гг.)
Table 2 – Chemical composition of herbal mixtures, % in air-dry matter (average for 2021-2023)

Травосмеси / Herbal mixtures	Протеин / Protein	Жир / Fat	Клетчатка / Fiber	БЭВ / BEV	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca / calcium	Зола / Ash	N _{общ} / nitrogen _{common}	P	Гиро влага / Hygro moisture
1-й укос / 1st skew											
Люцерна 100% / Alfalfa 100%	20,86	2,20	20,01	33,70	0,78	2,62	2,03	10,98	2,78		9,87
-/- 70% + злаки / 70% + cereals	16,68	2,32	25,30	34,08	0,81	2,88	1,28	10,39	2,89		9,04
-/- 45% + злаки / 45%+ cereals	16,51	2,45	20,01	33,54	0,82	3,14	1,18	10,20	2,96		9,39
-/- 20% + злаки / 20% cereals	16,57	2,33	20,10	32,40	0,79	3,27	1,11	19,10	2,71		9,64
Злаки / cereals	14,70	2,73	28,36	30,71	0,89	3,62	0,77	11,28	2,30		8,88
-/- 45% + злаки /-/- 45% + cereals	15,56	2,52	26,37	33,47	0,85	3,62	0,86	11,18	2,77		9,09
2-й укос / 2nd skew											
Люцерна 100% / Alfalfa 100%	17,54	2,10	23,56	35,95	0,75	2,50	1,66	9,46	3,11		9,08
-/- 70% + злаки / 70%+ cereals	16,28	2,21	24,31	36,01	0,84	3,18	1,32	10,76	2,96		9,20
-/- 45% + злаки/ 45%+ cereals	16,63	2,23	25,74	33,71	0,83	3,04	1,16	10,64	2,94		9,08
-/- 20% + злаки / 20%+ cereals	16,54	2,08	26,43	33,00	0,84	3,09	0,72	11,10	3,02		9,27
Злаки / Cereals	16,98	2,33	28,14	29,94	0,91	3,92	0,84	12,01	3,23		8,81
-/- 45% + злаки / 45% + cereals	16,15	2,41	26,78	29,90	0,87	4,10	1,07	11,06	2,97		8,91
3-й укос / 3rd skew											
Люцерна 100% / Alfalfa 100%	18,38	2,76	19,19	36,17	0,72	2,35	1,86	10,73	3,59		9,54
-/- 70% + злаки / 70% + cereals	17,58	2,77	22,31	34,99	0,76	2,82	1,61	10,02	3,44		9,14
-/- 45% + злаки/ 45%+ cereals	17,52	3,05	21,95	34,58	0,76	2,83	1,54	10,46	3,33		9,23
-/- 20% + злаки/20% + cereals	16,22	3,33	23,51	34,30	0,77	3,23	1,52	10,46	3,03		9,24
Злаки / cereals	14,61	3,58	27,71	30,78	0,91	4,12	0,69	11,72	2,49		8,10
-/- 45% + злаки/ 45% + cereals	17,00	3,46	22,73	33,94	0,76	2,97	0,91	10,96	3,24		8,80
В среднем за 2021-2023 годы / On average for 2021-2023											
Люцерна 100%/ Alfalfa 100%	18,92	2,34	20,92	35,27	0,75	2,49	1,85	10,39	3,16	0,32	9,49
-/- 70% + злаки/70%+ cereals	16,84	2,43	24,00	35,02	0,80	2,96	1,43	10,39	3,09	0,35	9,12
-/- 45% + злаки/ 45%+ cereals	16,88	2,57	24,56	33,31	0,80	3,00	1,29	10,43	3,07	0,35	9,23
-/- 20% + злаки/ 20%+ cereals	16,44	2,58	25,34	33,23	0,80	3,19	1,11	10,71	2,92	0,35	9,38
Злаки / cereals	15,43	2,88	28,07	30,47	0,90	3,88	0,76	11,67	2,67	0,39	8,59
-/- 45% + злаки / 45%+ cereals	16,23	2,79	25,29	32,43	0,82	3,56	0,94	11,10	2,99	0,36	8,93

Для жвачных животных необходимое количество фосфора не должно быть ниже 0,3%. В монопосеве люцерны синегибридной содержание фосфора было 0,32%, в мятликовой смеси – 0,39%. Во всех вариантах содержание фосфора было в пределах нормы.

Содержание кальция во всех вариантах опыта было повышенным. Больше всего кальция содержится в чистом посеве люцерны – 1,85%. В злаковой травосмеси фосфора было в 2,4 раза меньше – 0,76%. Эти показатели соответствуют зоотехническим нормам (0,7-0,75). С увеличением доли люцерны синегибридной в урожае содержание кальция также увеличивалось.

Полноценный корм должен содержать не только необходимое количество макро и микроэлементов, но и быть сбалансированным по их соотношению друг к другу. В монопосеве люцерны синегибридной отношение кальция к фосфору было 5,7:1,0. В мятликовой травосмеси отношение этих элементов за весь период пользования равнялось 1,9:1,0. Чем большее участие в урожае принимала люцерна, тем отношение кальция к фосфору повышалось.

Норма соотношения фосфора и кальция – 4,7:6,3=0,75:1,0. В чистом посеве люцерны это соотношение составило 0,33:1,85=0,18:1. – отмечался большой избыток кальция. В мятликовой травосмеси 0,39:0,76=0,5:1. Бобово-мятликовые смеси занимали среднее положение, кальция в них было меньше чем в люцерне.

Из проведённого химического анализа и баланса питательных веществ видно, что более благоприятным для жвачных животных кормом является зелёная масса из мятликовых трав. В чистой люцерне отмечается избыточное содержание кальция и протеина, при этом ей не хватает углеводов. Бобово-мятликовые травосмеси в высокой степени обеспечены и оптимально сбалансированы по питательным веществам.

Основные показатели питательности корма (кормовые единицы и переваримый протеин) определялись каждый год двумя способами:

- а) по коэффициентам переваримости Томмэ;
- б) на валушках, получавших травосмеси, выращенных на вариантах 1, 3, 5, 6.

Исследования на овцах по использованию ими зелёной массы показали следующие коэффициенты переваримости: бобово-мятликовая трёх компонентная смесь – протеин – 74-81, жир – 43-48, клетчатка – 59-62, БЭВ – 65-85; бобово-мятликовая шести компонентная смесь – протеин – 77-84, жир – 47-53, клетчатка – 56-64, БЭВ – 69-85; мятликовая травосмесь – протеин – 69-79, жир – 46-56, клетчатка – 63-68, БЭВ – 78-80; люцерна – протеин – 81-88, жир – 40-54, клетчатка – 55-61, БЭВ – 71-81.

Наивысший коэффициент переваримости протеина наблюдался у валушков, получавших чистую люцерну, и составил 81-88. БЭВ, жир и клетчатка переваривались лучше у животных с рационом из бобово-мятликовых и мятликовых травосмесей.

Бобово-мятликовые смеси наиболее полно соответствовали зоотехническим требованиям (сахар-протеиновое соотношение, соотношение минеральных веществ, биологическая полноценность белка).

По данным химического анализа, полученного в аналитической лаборатории ВНИИОЗ, а также коэффициентов переваримости БЭВ, жира, протеина и клетчатки определялась питательная ценность травосмесей (таблица 3).

При сравнении содержания кормовых единиц и переваримого протеина, определённых этими двумя способами, становится понятно, что для овец и КРС эти показатели были максимальными в посевах чистой люцерны, а минимальными в мятликовой травосмеси, что объясняется более высоким процентным содержанием клетчатки.

В 2022 году изучалась питательная ценность травяной муки – определялось содержание кормовых единиц и переваримого протеина. Травяная мука в сравнении с воздушно-сухими образцами (высушенными в вентилируемом помещении обычным способом) показала, что в ней содержится меньше протеина и клетчатки, однако содержание БЭВ больше и общая питательность сухого вещества была выше.

Так, содержание кормовых единиц в травяной муке составляло 64,0-66,4 кг/100 кг корма, а в искусственно приготовленном сене (травосмеси) – 57,8-61,4 кг/100 кг корма.

Таблица 3 – Содержание переваримого протеина (1) и кормовых единиц (2) по принятым и определенным коэффициентам переваримости, %
Table 3 – The content of digestible protein (1) and feed units (2) according to accepted and defined digestibility coefficients, %

Варианты опыта / Variants of the experiment	Содержание по принятым коэффициентам переваримости / Content according to accepted digestibility coefficients						По определенным коэффициентам / According to certain coefficients		По принятым коэффициентам / According to the accepted coefficients	
	Год 2021 / The year is 2021		Год 2022 / The year is 2022				Год 2022 / The year is 2022		Год 2023 / The year is 2023	
	1	2	1	2	Травяная мука / Herbal flour		1	2	1	2
					1	2				
1	14,24	66,13	15,32	66,62	11,00	66,6	20,90	77,20	7,87	75,7
2	13,14	64,02	12,44	61,05	11,82	66,0	-	-	7,05	75,0
3	13,28	63,24	11,98	59,41	11,82	64,0	16,07	65,28	7,53	75,0
4	13,72	62,42	12,30	59,32	10,65	66,4	-	-	6,46	74,3
5	13,18	56,59	10,32	53,85	6,99	56,5	18,60	65,09	6,17	73,3
6	12,36	60,51	12,62	59,46	10,35	66,1	16,58	65,53	6,53	47,3

Питательная ценность травяной муки практически не различалась по вариантам опыта, однако злаковая травосмесь значительно уступала остальным по кормовой ценности.

Проведённые опыты показали, что содержание как отдельных аминокислот, так и их суммарные величины, были более высокими у бобовых многолетних культур, это соответствует литературным сведениям [10].

В проведённых нами исследованиях в растениях первого укоса сумма гидролизующих аминокислот составила: ежа сборная – 49,23; овсяница луговая – 54,61; мятлик луговой – 65,33; костреч безостый – 70,91; люцерна синегибридная – 89,50. Содержание незаменимых аминокислот в люцерне синегибридной в 1,5...2,0 раза выше, чем у мятликовых культур.

Содержание лизина в ежа сборной – 4,17; овсянице луговой – 4,75; костреце безостом – 6,57; мятлике луговом – 6,75; люцерне синегибридной – 9,29 г/кг сухого вещества. При кормлении лактирующих коров люцерной с таким содержанием лизина можно получать практически любые надои молока. Кормление злаковыми травами даст надой не более 15 кг в сутки.

Наличие свободных аминокислот составило: ежа сборная – 1,94; мятлик луговой – 2,48; костреч безостый – 2,63; овсяница луговая – 3,03; люцерна синегибридная – 7,71 г/кг сухого вещества. Как видно, по этому показателю, люцерна синегибридная значительно превосходит остальные травы. В зависимости от укоса содержание свободных аминокислот в травах довольно сильно варьировалось. У ежи сборной в первом укосе их было 1,94, во втором – 2,68, в третьем – 3,45 г/кг; у костреца безостого, соответственно – 2,63, 2,96, 5,63; у люцерны синегибридной – 7,70, 4,27, 5,60.

Выводы. Опираясь на такие показатели как урожайность, качественный и количественный состав корма, направление хозяйственного использования многолетних культур можно выделить три группы:

1. Монопосевы люцерны синегибридной и бобово-мятликовые травосмеси с долей люцерны 70%, наличием в них ежи сборной, овсяницы луговой и костреца безостого. Указанные посевы обладают наибольшей урожайностью зелёной массы, имеют самый высокий выход сухих веществ и энергии, протеина и аминокислот (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность травосмесей и выход питательных веществ
(усреднённые данные за четыре года исследований)

Table 4 – Yield of grass mixtures and nutrient yield (averaged data over four years of research)

№ п/п/ No	Травосмеси / Herbal mixtures	Кормовые единицы, т/га / Feed units, t/ha	Зеленая масса, т/га / Green weight, t/ha	Сухое вещество, т/га / Green weight, t/ha	Переваримый белок / Digestible protein	
					т/га/ t/ha	г на 1 к.ед
1	Люцерна 100% / Alfalfa 100%	7,04	46,09	10,25	1,52	216,5
2	Люцерна 70% + 2 злака / Alfalfa 70% + 2 cereals	6,94	45,90	10,45	1,38	198,5
3	Люцерна 45% + 2 злака / Alfalfa 45% + 2 cereals	6,47	43,59	9,86	1,29	198,5
4	Люцерна 20% + 2 злака / Alfalfa 20% + 2 cereals	6,35	41,68	9,79	1,25	197,6
5	3 злака / 3 cereals	5,20	36,54	8,54	0,93	178,9
6	Люцерна 45% + 5 злаков / Alfalfa 45% + 5 cereals	6,21	41,71	9,76	1,19	191,8

К недостаткам таких кормов относится неправильное сахар-протеиновое соотношение (нехватка сахаров) и избыток кальция. Благодаря высокому содержанию белка такое сырьё больше всего подходит для заготовки кормов на зимний период – сено, сенаж, травяная мука, гранулы.

Свежая зелёная масса люцерны с большим содержанием каротина и сырого протеина подходит для кормления моногастричных животных, особенно свиноматок и подсвинков. В травяной муке хорошо сохраняется каротин, она так же годится для кормления свиней. Переваримость люцернового сенажа и травяной муки у свиней ниже, чем у жвачных животных.

Сено люцерны в сравнении со свежей зелёной массой содержит больше сырой клетчатки и меньше сырого протеина, это можно объяснить крошением и осыпанием листьев в процессе уборки. Также отмечено, что в процессе высушивания сена в нём снижается количество каротина.

2. Бобово-злаковые травосмеси с нормой посева люцерны синегибридной от 20 до 45% от полной, по продуктивности уступают одновидовым посевам люцерны на 10-20%. Изучение химического состава трав и баланса питательных веществ показало, что они имеют наиболее благоприятный состав зелёных кормов для полигастричных животных и очень близки к полному рациону. Такие травосмеси в большой степени соответствуют зоотехническим нормам по биологической полноценности белка, сахар-протеиновому отношению, а также балансу минеральных веществ. Такие посевы должны являться основным звеном зелёного конвейера при укосном или пастбищном использовании травостоев.

В условиях орошаемого кормопроизводства Нижнего Поволжья, в которых люцерна показывает себя как самый урожайный компонент травосмесей, лучше использовать её укосным способом или вводить в сенокосно-пастбищный оборот, со стравливанием в ранние сроки и позднего скашивания зелёной массы [9].

3. В наших исследованиях урожайность мятликовых травосмесей (ежа сборная, козлец безостый, овсяница луговая и т.д.) была невысокой. В опыте она составила от 60 до 80% от урожайности люцерны в одновидовых посевах с применением удобрений. В условиях резко континентального климата, высоких температур и бедных почв юга Волгоградской области их конкурентная способность в условиях орошения по сравнению с люцерно-злаковыми травосмесями и однолетними кормовыми травами невысокая.

Химический состав урожая мятликовых культур в целом соответствует требованиям к зелёному корму. Баланс по основным питательным веществам (белки, жиры и углеводы), а также между минеральными веществами и элементами у этих кормов более благоприятный, в сравнении с люцерной, однако эффективность их снижается на фоне присутствия избыточного количества клетчатки, которая снижает питательность корма. Ещё в таких кормах недостаточное содержание незаменимых аминокислот.

4. Бобово-мятликовые травосмеси (1-я и 2-я группы) решают проблему обеспечения кормами как летом, так и в зимний период и по химическому составу приближены к полноценному рациону. Данные травосмеси представляют особый интерес для мелких и средних животноводческих хозяйств и предприятий занимающихся производством кормов. Из-за небольших земельных угодий и нехватки рабочих такие хозяйства не в состоянии вести полноценные севообороты и производить все виды кормов, а на их приобретение на стороне не всегда достаточно средств. Имея люцерно-злаковые смеси различного ботанического состава, фермер может в течение всего тёплого сезона кормить животных зелёной массой трав путём подкашивания или пастбы, а на зимний период, на этих же угодьях, сено, сенаж или травяную муку. Так формируется кормовая база фермерского хозяйства. Но есть и вторая сторона дела: люцерно-злаковые смеси повышают содержание гумуса в почве, создают её структуру, улучшают плодородие, и в этом отношении им нет равных.

Заключение. Бобово-мятликовые травосмеси (1-я и 2-я группы) решают проблему обеспечения кормами как летом, так и в зимний период и по химическому составу приближены к полноценному рациону. Данные травосмеси представляют особый интерес для мелких и средних животноводческих хозяйств и предприятий занимающихся производством кормов. Из-за небольших земельных угодий и нехватки рабочих такие хозяйства не в состоянии вести полноценные севообороты и производить все виды кормов, а на их приобретение на стороне не всегда достаточно средств. Имея люцерно-злаковые смеси различного ботанического состава, фермер может в течение всего тёплого сезона кормить животных зелёной массой трав путём подкашивания или пастбы, а на зимний период, на этих же угодьях, сено, сенаж или травяную муку. Так формируется кормовая база фермерского хозяйства. Но есть и вторая сторона дела: люцерно-злаковые смеси повышают содержание гумуса в почве, создают её структуру, улучшают плодородие, и в этом отношении им нет равных.

Conclusions. Bean-bluegrass grass mixtures (groups 1 and 2) solve the problem of providing fodder both in summer and in winter and are chemically close to a full-fledged diet. These grass mixtures are of particular interest to small and medium-sized livestock farms and enterprises engaged in the production of feed. Due to the small land and lack of workers, such farms are not able to conduct full-fledged crop rotations and produce all types of feed, and there are not always enough funds to purchase them on the side. Having alfalfa-cereal mixtures of various botanical compositions, a farmer can feed animals with a green mass of herbs throughout the warm season by mowing or grazing, and for the winter period, on the same lands, hay, haylage or grass flour. This is how the forage base of the farm is formed. But there is a second side to the matter: alfalfa-cereal mixtures increase the humus content in the soil, create its structure, improve fertility, and in this respect they have no equal.

Библиографический список

1. Тютюма Н. В. и др. Агроэкологическое сортоизучение многолетних кормовых трав в подзоне светло-каштановых почв Астраханской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4. С. 79-85.
2. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Молоканцева Е. И., Кулик Д. К., Головатюк О. В., Ивина И. П., Земляничина С. В. Бобово-мятликовые травосмеси на орошаемых землях Нижнего Поволжья. Волгоград, 2022.
3. 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. 76-83.
4. Тимошкин О. А., Тришина В. А. Влияние срока посева костреца безостого на формирование и урожайность агроценоза. Нива Поволжья. 2022. № 4. С. 1009.
5. Васин В. Г., Кригер М. С., Васин С. А. Урожайность зеленой массы травостоев на основе костреца безостого при применении стимуляторов роста с уборкой на сенаж. Самара АгроВектор. 2022. № 1. С. 2-10.
6. Мухамбетов Б., Абдинов Р., Кадашева Ж., Кабиев Е. Создание орошаемых культурных пастбищ на засоленных землях Прикаспия. Кормопроизводство. 2022. № 1. С. 12-15.
7. Тимошкина О. Ю., Тимошкин О. А., Тимошук Е. В. Продуктивность смешанных агрофитоценозов клевера ползучего и мятликовых трав в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Кормопроизводство. 2022. № 3. С. 3-9.

8. Привалова К. Н., Каримов Р. Р. Ботанический состав и качество корма при использовании пастбищных травостоев с участием фестулолиума. Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сборник научных трудов. Лобня, 2021. С. 106-112.

9. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Головатюк О. В. Сравнительная оценка продуктивности люцерны и клевера на орошаемых землях Нижнего Поволжья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3. С. 58-65.

10. Томмэ М. Ф., Мартыненко Р. В. Аминокислотный состав кормов. Москва: Колос, 1972. 288 с.

11. Кашеваров Н. И. и др. Новый сорт костреца безостого Флагман. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 1. С. 17-19.

12. Васин В. Г. и др. Формирование урожая житняково-бобовых травосмесей при использовании на сено. Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4. С. 60-69.

13. Zarianova Z. A., Bekuzarova S. A. The phenotypic features of red clover (*Trifolium pratense* L.) that correlate with seed productivity. Journal of Agriculture and Environment. 2020. № 3 (15). Pp. 13-18.

14. Bezv S. Ya., Toshkina E. A. Cultivation of legume-grain agroecosystems for the purpose of resource saving in forage production. IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science. 6-th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. 2020. Pp. 1-4.

References

1. Agroecological variety study of perennial fodder grasses in the subzone of light chestnut soils of the Astrakhan region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020. № 4. Pp. 79-85.

2. Dronova T. N., Burtseva N. I., Molokantseva E. I., Kulik D. K., Golovatyuk O. V., Ivina I. P., Zemlyanitsyna S. V. Leguminous grass mixtures on irrigated lands of the Lower Volga region. Volgograd, 2022.

3. Bakhtyaliev 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. 76-83.

4. Timoshkin O. A., Trishina V. A. Influence of the sowing date of awnless brome on the formation and yield of agroecosystem. Niva of the Volga region. 2022. № 4. P. 1009.

5. Vasin V. G., Krieger M. S., Vasin S. A. Yield of green mass of grass stands based on awnless brome when growth stimulants are used with haylage harvesting. Samara AgroVector. 2022. № 1. Pp. 2-10.

6. Mukhambetov B., Abdinov R., Kadasheva Zh., Kabiev E. Creation of irrigated cultivated pastures on the saline lands of the Caspian region. Fodder production. 2022. № 1. Pp. 12-15. 7. Timoshkina O. Yu., Timoshkin O. A., Timoshchuk E. V. Productivity of mixed agrophytocoenoses of creeping clover and bluegrasses in the forest-steppe of the Middle Volga region. Fodder production. 2022. № 3. Pp. 3-9.

8. Privalova K. N., Karimov R. R. Botanical Composition and Quality of Fodder in the Use of Pasture Grass Stands with Festulolium Participation. Multifunctional Adaptive Fodder Production: A Collection of Scientific Papers. Lobnya, 2021. Pp. 106-112.

9. Dronova T. N., Burtseva N. I., Golovatyuk O. V. Comparative Assessment of Alfalfa and Clover Productivity on Irrigated Lands of the Lower Volga Region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2019. № 3. Pp. 58-65.

10. Tomme M. F., Martynenko R. V. Amino acid composition of feeds. Moscow, Kolos Publ., 1972. 288 p.

11. Kashevarov N. I. et al. New Variety of Awnless Brome Flagman. Bulletin of Russian Agricultural Science. 2019. № 1. Pp. 17-19.

12. Vasin V. G., et al. Formation of the harvest of wheatgrass-leguminous grass mixtures when used for hay. Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2022. № 4. Pp. 60-69.

13. Zarianova Z. A., Bekuzarova S. A. The phenotypic features of red clover (*Trifolium pratense* L.) that correlate with seed productivity. Journal of Agriculture and Environment. 2020. № 3 (15). Pp. 13-18.

14. Bezv S. Ya., Toshkina E. A. Cultivation of legume-grain agroecosystems for the purpose of resource saving in forage production. IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science. 6-th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. 2020. Pp. 1-4.

Информация об авторах

Кулик Дмитрий Константинович, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8043-6661>, e-mail: Galstuk107@yandex.ru

Головатюк Ольга Владимировна, старший лаборант-исследователь, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7773-880X>, e-mail: golovatyuk2011@yandex.ru

Author's Information

Kulik Dmitry Konstantinovich, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture – the branch of the Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8043-6661>, e-mail: Galstuk107@yandex.ru

Golovatyuk Olga Vladimirovna, Senior Research Laboratory Assistant, All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture – the branch of the Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7773-880X>, e-mail: golovatyuk2011@yandex.ru

**AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE ADAPTIVE POTENTIAL OF WHITE WINE
GRAPE VARIETIES IN THE SHARPLY CONTINENTAL CLIMATE
OF THE LOWER VOLGA REGION****Semenenko S. Ya., Gurenko V. M., Lytov M. N.***All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: semenenkosy.vniioz@yandex.ru

Received 15.10.2024

Submitted 28.11.2024

The research was carried out according to the plan of the topic of the state task FGUF-2024-0005**Summary**

Objective data have been obtained and an agro ecological assessment of the adaptive potential of classic, white wine grape varieties has been carried out, the results of which confirm the possibility of cultivation, including late-ripening varieties of grapes, which confidently ripen and form a high-quality crop.

Abstract

Introduction. The relevance of the research is determined by the prospects for the development of industrial viticulture, including the production of technical grape varieties, in the soil and climatic conditions of the Lower Volga region. More recently, a new grape-growing and wine-making zone "Lower Volga" was registered here, where three grape-growing and wine-making regions are currently allocated - Dubovsky, Kamyshinsky and Sredneakhtubinsky. There are practical examples of successful winemaking projects that have already been implemented. The choice of varietal composition when laying new vineyards in the region is of priority importance. The purpose of this study is an agro ecological assessment of the adaptive potential of promising wine and white grape varieties in the sharply continental climate of the Lower Volga region. **Object.** A collection of white technical grape varieties as an object of assessment of adaptive potential in the sharply continental climate of the Lower Volga region. **Materials and methods.** The working hypothesis of the study is the assumption that it is possible to use objective, including quantitative data obtained as a result of observing a collection of technical white grape varieties in the Lower Volga wine-growing zone to assess the variability of agro biological indicators and adaptive potential in the sharply continental climate of the Lower Volga region. **Results and conclusions.** Objective data were obtained and an agro ecological assessment of the adaptive potential was carried out, promising wine grape varieties were identified. The data confirm the possibility of cultivation, including late-ripening varieties of the collection, which confidently ripen and form a high-quality crop. All the studied varieties in the conditions of the climate of the region were characterized by good ripening of shoots. In all the studied varieties, more than 80% of the vines ripened. The critical spread of diseases by varieties has not been revealed. The hot climate and high intensity of solar radiation in the summer months contribute to a rapid set of sugar with some lagging aromatic components, and a drop in acidity. This reduces the quality of the wine material and forces the use of separate grape harvesting to correct the situation. In the collection, separate harvesting was carried out according to the varieties Aligote, Citron magaracha, Rkatsiteli, Viognier, Mtsvane kahuri, Riesling. The highest yield, 17.2 t/ha, was obtained for the variety of the Russian selection Citron magaracha, which, combined with an average juice yield (71%), gives the best result in the yield of wine material. Most of the classic wine grape varieties, such as Sauvignon Blanc, Viognier, Riesling, Aligote, Mtsvane Kahuri, were distinguished by a confident average level of productivity, with the formation of 11.1 to 14.4 t/ha of berry yield.

Keywords: *technical grape varieties, white wine grape varieties, agroecological assessment, ripening of grape varieties, productive grape varieties.*

Citation. Semenenko S. Ya., Gurenko V. M., Lytov M. N. Agroecological assessment of the adaptive potential of white wine grape varieties in the sharply continental climate of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 99-110 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-10.

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 that there is no conflict of interest.

УДК 631.674:634.75

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА
БЕЛЫХ ВИННЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ
РЕЗКО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ****Семененко С. Я., доктор сельскохозяйственных наук****Гуренко В. М., кандидат сельскохозяйственных наук****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 темы государственного задания FGUF-2024-0005**

Актуальность. Актуальность исследований определяется перспективами развития промышленного виноградарства, в том числе производства технических сортов винограда, в почвенно-климатических условиях Нижнего Поволжья. Совсем недавно здесь зарегистрирована новая виноградовинодельческая зона «Нижняя Волга», где на сегодняшний момент выделено три виноградовинодельческих района – Дубовский, Камышинский и Среднеахтубинский. Есть практические примеры уже реализованных успешных проектов виноделия. Выбор сортового состава при закладке новых виноградников в регионе имеет приоритетное значение. Целью настоящего исследования является агроэкологическая оценка адаптивного потенциала перспективных винных, белых сортов винограда в условиях резко континентального климата Нижнего Поволжья. **Объект.** Коллекция белых технических сортов винограда, как объект оценки адаптивного потенциала в условиях резко континентального климата Нижнего Поволжья. **Материалы и методы.** Рабочей гипотезой исследования является предположение о возможности использования объективных, в том числе количественных данных, полученных в результате наблюдения за коллекцией технических белых сортов винограда в виноградовинодельческой зоне «Нижняя Волга», для оценки изменчивости агробиологических показателей и адаптационного потенциала в условиях резко-континентального климата Нижнего Поволжья. **Результаты и выводы.** Получены объективные данные и проведена агроэкологическая оценка адаптивного потенциала, выделены перспективные винные сорта винограда. Данные подтверждают возможность возделывания, в том числе, позднеспелых сортов коллекции, которые уверенно вызревают и формируют урожай высокого качества. Все изучаемые сорта в условиях климата региона характеризовались хорошей вызреваемостью побегов. У всех изучаемых сортов вызревало более 80% лозы. Критичного распространения болезней по сортам не выявлено. Жаркий климат и высокая интенсивность солнечной радиации в летние месяцы способствуют быстрому набору сахара с некоторым отставанием ароматических составляющих и падением кислотности. Это снижает качество виноматериала и вынуждает применять раздельный сбор винограда для исправления ситуации. В коллекции раздельный сбор урожая проводили по сортам Алиготе, Цитронный магарача, Ркацителли, Вионье, Мцване кахури, Рислинг. Наибольшая урожайность, 17,2 т/га, получена по сорту российской селекции Цитронный магарача, что в сочетании со средним уровнем выхода сока (71%) дает лучший результат по выходу виноматериала. Большинство классических винных сортов винограда, таких как Совиньон блан, Вионье, Рислинг, Алиготе, Мцване кахури, отличались уверенным средним уровнем продуктивности, с формированием от 11,1 до 14,4 т/га урожая ягоды.

Ключевые слова: технические сорта винограда, белые винные сорта винограда, агроэкологическая оценка, вызреваемость сортов винограда, урожайные сорта винограда.

Цитирование. Семененко С. Я., Гуренко В. М., Лытов М. Н. Агроэкологическая оценка адаптивного потенциала белых винных сортов винограда в условиях резко континентального климата Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 99-110. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-10.

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. Сегодня перед виноградарско-винодельческой отраслью государством поставлены приоритетные задачи импортозамещения, вывода Российской виноградной продукции на конкурентоспособный уровень, причем как на внутреннем, так и на зарубежных рынках, увеличения производства Российской винодельческой продукции на уровне мировых стандартов качества. Основным районом промышленного производства винограда в современной России является Южный федеральный округ [1, 2, 3]. При этом свыше

80% всего производства винограда в этом округе сосредоточено в Краснодарском крае и республике Крым. Большие площади под промышленными посадками винограда заняты в республике Дагестан и Ставропольском крае [2, 4].

В Нижнем Поволжье промышленное производство винограда пока представлено слабо, однако это направление становится все более популярным, отрасль активно развивается [5, 6, 7]. Оценки природно-климатических особенностей региона подтверждают возможность выращивания многих стародавних сортов основных районов виноградарства и виноделия, а также новых гибридов современной селекции. Совсем недавно зарегистрирована новая виноградовинодельческая зона «Нижняя Волга», где на сегодняшний момент выделено три виноградовинодельческих района – Дубовский, Камышинский и Среднеахтубинский. Есть практические примеры перспективности развития виноделия в этой зоне [8].

Выбор сортового состава при закладке новых виноградников в регионе имеет приоритетное значение [9]. Именно во взаимодействии уникальных для каждого агроландшафта и даже более локальных фаций, природных условий и адаптационного потенциала сорта формируется та продукция, которая может дать уникальный результат. С учетом почвенно-климатических особенностей необходимо использовать только наиболее ценные и высокопродуктивные сорта, подходящие для данных условий [10, 11]. Неправильный подбор сортов может быть фактором существенного снижения урожайности винограда и делает виноградники нерентабельными, требующими больших работ по исправлению допущенных недостатков. Только зная реакцию тех или иных групп сортов на климатические и почвенные условия, можно оценить вероятность получения высококачественной продукции и выбрать направления для специализации производства.

Целью настоящего исследования является агроэкологическая оценка адаптивного потенциала перспективных винных, белых сортов винограда в условиях резко-континентального климата Нижнего Поволжья.

Материалы и методы. Рабочей гипотезой исследования является предположение о возможности использования объективных, в том числе количественных данных, полученных в результате наблюдения за коллекцией технических белых сортов винограда в виноградовинодельческой зоне «Нижняя Волга», для оценки изменчивости агробиологических показателей и адаптационного потенциала в условиях резко-континентального климата Нижнего Поволжья.

Исследования проводили на опытно-производственном участке ИП «Шишлянникова М. В.» Дубовского района Волгоградской области, Дубовского виноградовинодельческого района (правобережье р. Волга). Подпочва терруара образована слоистыми отложениями, благодаря уникальному минеральному составу которых вина приобретают яркий аромат и полный гармоничный вкус.

Коллекция белых технических сортов винограда, по которым проводили наблюдения, включает классические, в том числе стародавние и автохтонные сорта главных промышленных виноградовинодельческих районов мира: с. Алиготе, с. Цитронный магарача, с. Ркацители, с. Сибирьковский, с. Совиньон блан, с. Вионье, с. Мцване кахури и с. Рислинг. Наблюдениями регистрировались даты наступления основных фаз роста и развития винограда, определяли продолжительность продукционного периода по методике М. А. Лазаревского, проводили оценку силы роста и вызреваемости побегов, учет поражения растений болезнями, по методике Н. Н. Простосердова выполняли увологическую оценку урожая, определяли выход, сахаристость и кислотность сока [12, 13, 14, 15]. Учет урожая проводили по каждому сорту в фазу технической спелости ягод методом сплошного сбора. Для наиболее точного учета метеорологических показателей непосредственно на опытном участке была расположена полевая метеостанция Davis.

Виноградник оснащен капельным поливом. Режим капельного полива направлен на создание глубокого залегания корневой системы для обеспечения низкой вероятности подмерзания в зимний период. Форма ведения виноградных кустов безрукавная, веерная с отсутствием многолетних рукавов. Система защиты винограда в посадках включала проведение комплекса обработок. Для эффективного контроля болезней оидиума и милдью на винограде посадки в третьей декаде мая и второй декаде июня обрабатывали комбинированным препаратом Кабрио топ. В начале июля посадки обрабатывали двухкомпонентным препаратом Медея.

В конце июля проводили обработку посадок препаратом Байзафон для профилактики болезней оидиума и серой гнили. Пятую и шестую обработки проводили в первой и второй декадах августа препаратом Тиовит джет (воднодиспергируемые гранулы серы) и мочевиной.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований обобщены и приведены в таблице 1. Для комплексной оценки потенциала агроэкологической приспособленности винных сортов винограда, их адаптивного потенциала и способности формировать продукцию надлежащего качества приведены результаты фенологических наблюдений за ростом и развитием сортов винограда в коллекции, характеристика силы роста и вызреваемости побегов, устойчивости к болезням, увологические показатели грозди и ягод винограда.

Алиготе. Стародавний сорт из Франции, выведен более 300 лет назад. В опытных посадках сортовой коллекции сорт вступал в фазу вегетации 23 апреля, а технологическая спелость ягод наступила уже к 1 сентября, когда и был проведен сбор урожая (рисунок 1). Продолжительность продукционного периода составила 130 дней, что создает хороший запас для безрискового выращивания в регионе. Сила роста побегов в условиях орошения у этого сорта средняя, длина однолетнего побега составила 1,7 м. Вызреваемость побегов хорошая.



а)



б)

Рисунок 1 – Сорт Алиготе из коллекции сортов винограда в виноградовинодельческой зоне «Нижняя Волга»: а) общий вид, 02.08.2024 (фото М. Н. Лытов);

б) гроздь в фазу технической спелости, 01.09.2024 (фото В. М. Гуренко)

Figure 1 – Aligote variety from the collection of grape varieties in the Lower Volga vineyard zone:

а) general view, 02.08.2024 (photo by M. N. Lytov); б) bunch in the phase of technical ripeness, 01.09.2024 (photo by V. M. Gurenko)

Сорт неустойчив к болезням, однако за счет сухого климата региона и применяемой зональной системы защиты риски поражения можно существенно снизить. За отчетный период наблюдали очень слабое поражение винограда этого сорта оидиумом и серой гнилью.

В условиях резко-континентального климата региона при орошении сорт отличается достаточно хорошей продуктивностью. Урожайность по итогам отчетного периода составила в среднем 11,5 т/га. Выход сока по сорту оказался достаточно высоким и составил 78%. Биохимическая характеристика сока, приведенная в таблице 1, показывает данные по первому и второму технологическому сбору урожая. Проблема, которую решает отдельный сбор урожая, состоит в следующем. Сухой жаркий климат при орошении создает условия активного роста и развития винограда. Происходит быстрый набор сахара с некоторым отставанием ароматических составляющих и падением кислотности. В такой ситуации первый сбор обеспечивает винодельческому сырью высокую кислотность и низкий сахар. Второй сбор обеспечивает высокую фенольную ароматику и исправляет сахарокислотный баланс. Двойной сбор винограда обеспечивает в конечном итоге повышение концентрации терпенов и фенолов, которые в значительной степени определяют ароматику виноматериала. Содержание сахара в соке при первом технологическом сборе по сорту Алиготе составило 18% при pH 3,1. Второй технологический сбор проводили, когда сахаристость сока повысилась до 23%, а pH снизилось до 3,5.

Таблица 1 – Результаты агроэкологической оценки адаптивности белых винных сортов винограда в условиях резко континентального климата Нижнего Поволжья
Table 1 – Results of agroecological assessment of adaptability of white wine grape varieties in the sharply continental climate of the Lower Volga region

Показатель / Indicator	Сорт / Variety							
	Алиготе / Aligote	Цитронный магарача / Sitronnii magaracha	Ркацители / Rkatsiteli	Сибирьковый / Sibirkovii	Совиньон блан / Sauvignon Blanc	Вионье / Vionier	Мцване кахури / Mtsvane Kahuri	Рислинг / Riesling
Дата распускания глазков / Date of budding	23.4	18.4	26.4	25.4	24.4	22.4	26.4	27.4
Дата созревания ягод / Ripening date of berries	1.9	23.8	5.9	29.8	2.9	27.8	4.9	3.9
Производственный период, дн. / Production period, days	130	127	131	125	128	125	128	126
Длина однолетнего побега, м / Length of annual shoot, m	1,7	1,6	1,7	2,1	1,5	1,4	1,6	2,0
Вызреваемость побега, % / Shoot ripening, %	>80	>80	>80	>80	>80	>80	>80	>80
Степень поражения, балл / Degree of damage, score	Оидиум	0	1	1	0	0	3	0
	Милдью / Mildew	0	1	0	0	0	1	0
	Антракноз / Anthracnose	0	0	0	0	0	0	0
	Серая гниль / Gray rot	0	0	0	0	0	1	0
Длина грозди, см / Bunch length, cm	12	13	13	14	11	10	17	9
Ширина грозди, см / Bunch width, cm	8	9	7	8	6	6	11	6
Масса грозди, г / Bunch weight, g	156	319	270	252	166	161	259	140
Число ягод в грозди, шт. / Number of berries per bunch, pcs.	88	170	118	115	114	103	108	84
Масса ягоды, г / Berry weight, g	1,7	1,8	2,2	2,1	1,4	1,5	2,3	1,6
Выход сока, % / Juice yield, %	78	71	76	81	76	73	80	75
Сахаристость, % / Sugar content, %	1 сбор / First harvest	18	21	18	22	22	19	19
	2 сбор / Second harvest	23	-	23	-	-	24	23
pH	1 сбор / First harvest	3,1	3,2	3,1	3,4	3,4	3,1	3,1
	2 сбор / Second harvest	3,5	-	3,5	-	-	3,6	3,5
Урожайность, т/га / Yield, t/ha	11,5	17,2	12,4	13,3	11,1	10,2	14,4	11,3

НСР₀₅ по учетам: длина побега 0,08 м, длина грозди 0,7 см, ширина грозди 0,5 см, масса грозди 21 г, масса ягоды 0,07 г, число ягод в грозди 11 шт., выход сока 3,2%, сахаристость 1 сбор 0,6%, 2 сбор 0,8%, pH 1 сбор 0,09, 2 сбор 0,07, урожайность 0,27 т/га.

НСР₀₅ according to the records: shoot length 0.08 m, bunch length 0.7 cm, bunch width 0.5 cm, bunch weight 21 g, berry weight 0.07 g, number of berries in the bunch 11 pcs., juice yield 3.2 %, sugar content 1 harvest 0.6%, 2 harvest 0.8%, pH 1 harvest 0.09, 2 harvest 0.07, yield 0.27 t/ha.

Цитронный Магарача. Российский сорт селекции ВНИИВиВ «Магарача». Введен в культуру из элитного сеянца 1985 года. В опытных посадках сортовой коллекции у Цитронного Магарача распускание глазков наблюдалось уже 18 апреля. Съемная спелость ягод наступила уже 23 августа, а продолжительность продукционного периода составила 127 дней. Сила роста побегов средняя, средняя длина однолетнего побега составила 1,6 м, с вызреваемостью более 80% (хорошая). На фоне применяемой в коллекционных посадках винограда системы защиты растений развития болезней не наблюдалось. Гроздь плотная, достаточно крупная, средний размер в длину составил 13 см, в диаметре – 9 см, средняя масса грозди за отчетный период на орошаемом фоне составила 319 г (рисунок 2). Ягоды округлой формы, со средней массой 1,8 г. Число ягод в грозди, в среднем, составило 170 шт., что существенно выше, чем у большинства сортов коллекции. В почвенно-климатических условиях региона при орошении сорт показал себя очень продуктивным. Урожайность за отчетный период составила 17,2 т/га, что существенно превышает продуктивность других сортов коллекции. Выход сока по сорту в среднем составил около 71%.

Уборку урожая по этому сорту проводили за один технологический сбор. Сахаристость сока составила 21%, а pH находилась в пределах 3,2.



а)



б)

Рисунок 2 – Сорт Цитронный Магарача из коллекции сортов винограда в виноградовинодельческой зоне «Нижняя Волга», 2024 г.:

а) общий вид, 02.08.2024; б) формирование гроздей, 02.08.2024 (фото М. Н. Лытов)

Figure 2 – Citron Magarach variety from the collection of grape varieties in the Nizhnyaya Volga vineyard zone, 2024: a) general view, 08/02/2024; b) formation of clusters, 02.08.2024 (photo by M. N. Lytov)

Ркацители. Стародавний грузинский сорт, предположительно, получен в результате одомашнивания из диких форм винограда. В опытных посадках сорт достаточно поздно вступал в фазу вегетации, начало распускания глазков в отчетном году было отмечено 26 апреля. Созревание ягоды отмечено 5 сентября, продолжительность продукционного периода в регионе составила 131 сутки с учетом того, что культура возделывается в условиях орошения. Данные свидетельствуют о необходимости проведения многолетних испытаний для всеобъемлющего изучения рисков. Средняя длина однолетнего побега у сорта составила 1,7 м (рисунок 3), лоза вызрела хорошо. Сорт в целом характеризуется как относительно устойчивый к болезням. Однако в опытных посадках были отмечены растения, пораженные оидиумом и милдью. Степень поражения очень слабая.

Гроздь плотная, среднего размера, средняя длина грозди 13 см, средняя ширина 7 см, масса грозди 270 г. Средняя масса ягоды составила 2,2 г, при среднем числе ягод в грозди 118 шт. Полученные данные показали, что сорт в условиях резко-континентального климата Нижневолжского региона при орошении достаточно продуктивен. Урожайность составила 12,4 т/га, что в целом характеризует хороший средний уровень. Выход сока по сорту достаточно хороший, составил в среднем 76%. Урожай собирали двумя технологическими сборами. Содержание сахара в соке первого технологического сбора составило 18% при pH 3,1. Содержание сахара в соке второго технологического сбора увеличилось до 23% при снижении pH до 3,5.



а)



б)

Рисунок 3 – Сорт Ркацители из коллекции сортов винограда в виноградовинодельческой зоне «Нижняя Волга», 2024 г.: а) общий вид, 02.08.2024 (фото М. Н. Лытов);

б) гроздь в фазу технической спелости, 05.09.2024 (фото В. М. Гуренко)

Figure 3 – The Rkatsiteli variety from the collection of grape varieties in the Lower Volga vineyard zone, 2024: a) general view, 08/02/2024 (photo by M. N. Lytov);

b) a bunch in the phase of technical ripeness, 09/05/2024 (photo by V. M. Gurenko)

Сибирьковский. Автохтонный Донской сорт (рисунок 4). Начало распускания глазков по сорту отмечено сравнительно поздно, 25 апреля, что в целом коррелирует с его невысокой зимостойкостью. Однако продукционный период у этого сорта не превышал 125 суток, что позволило ему сформировать ягоду съемных кондиций уже к 29 августа. В условиях орошения при жарком и сухом климате, который характерен для региона, сорт формирует мощную лозу, длина которой в среднем составила 2,1 м. Выхреваемость побегов хорошая. В опытных посадках были отмечены растения, пораженные оидиумом. Степень поражения характеризуется как очень слабая. Длина грозди в среднем составляет 14 см, а ширина – 8 см, средняя масса 252 г. Средняя масса ягоды в условиях орошения составила 2,1 г, что выше, чем в зоне автохтонного произрастания. Среднее число ягод в грозди 115 шт.



а)



б)

Рисунок 4 – Сорт Сибирьковский из коллекции сортов винограда в виноградовинодельческой зоне «Нижняя Волга», 2024 г.: а) общий вид, 02.08.2024 (фото М. Н. Лытов);

б) гроздь в фазу технической спелости, 29.08.2024 (фото М. Н. Гуренко)

Figure 4 – The Sibirkovy variety from the collection of grape varieties in the Nizhnyaya Volga viticulture zone, 2024: a) general view, 08/02/2024 (photo by M. N. Lytov);

b) bunch in the phase of technical ripeness, 08/29/2024 (photo by M. N. Gurenko)

Урожайность винограда сорта Сибирьковский в отчетном году составила 13,3 т/га, что в целом характеризует продуктивность сорта как хорошую. Выход сока по сорту очень хороший, составил, в среднем, 81%. Урожай убрали за один технологический сбор, кондиции ягоды были приемлемыми. Сахаристость сока в фазу съемной спелости составила 22%, pH – около 3,4.

Совиньон блан. Стародавний французский сорт (рисунок 5).



а)



б)

Рисунок 5 – Сорт Совиньон блан из коллекции сортов винограда в виноградовинодельческой зоне «Нижняя Волга», 2024 г.: а) общий вид, 02.08.2024 (фото М. Н. Лытов;

б) гроздь в фазу технической спелости, 02.09.2024 (фото В. М. Гуренко)

Figure 5 – Sauvignon Blanc variety from the collection of grape varieties in the Lower Volga vineyard zone, 2024: a) general view, 02.08.2024 (photo by M. N. Lytov;

b) bunch in the phase of technical ripeness, 02.09.2024 (photo by V. M. Gurenko)

Начало распускания глазков в отчетном году по сорту было отмечено 24 апреля, сбор урожая проводили 2 сентября, продолжительность продукционного периода составила 128 суток. В целом по данным отчетного года можно говорить о хорошем запасе времени для безрискового возделывания в условиях региона. Средняя длина однолетнего побега у сорта составила 1,5 м, вызреваемость побегов хорошая. Сорт неустойчив к болезням, однако на фоне сухого климата региона и применяемой зональной системы защиты поражения болезнями растений этого сорта в коллекции мы не наблюдали. Средняя длина грозди 11 см, средняя ширина 6 см, средняя масса составила 166 г. Ягода мелкая (1,4 г), число ягод в грозди 114 шт. Урожайность сорта в отчетном году составила 11,1 т/га, что в целом характеризует средний уровень продуктивности. Выход сока по сорту достаточно хороший, составил, в среднем, 76%. Общее содержание сахаров в соке составило 22 % при pH в пределах 3,4.

Вионье. Достоверных сведений о происхождении сорта нет. В госреестре селекционных достижений указывается, что сорт «интродуцирован из Италии» [16]. В опытных посадках сорт вступал в фазу вегетации 22 апреля. Утверждается, что сорт восприимчив к возвратным весенним заморозками, хотя в опытных посадках поражения растений не наблюдалось. Однако раннее вступление сорта в фазу вегетации создает определенные риски. Техническая спелость ягод отмечена 27 августа. продолжительность продукционного периода 125 дней. Средняя длина однолетнего побега 1,4 м (рисунок 6). Вызреваемость побегов хорошая. Поражений болезнями по сорту выявлено не было.

Гроздь плотная, небольшая, средняя длина грозди 10 см, ширина 6 см, средняя масса грозди 166 г. Ягоды мелкие (1,5 г), в грозди 103 ягод. Урожайность сорта составила 10,2 т/га, что даже несколько выше средней продуктивности сорта в зонах промышленного виноградарства. Выход сока по сорту составил 73%. Урожай собирали двумя технологическими сборами. Содержание сахара в соке первого технологического сбора составило 19% при pH 3,1. Содержание сахара в соке второго технологического сбора увеличилось до 24% при снижении pH до 3,6. Интенсивный набор сахара в ягодах сорта является специфической реакцией на климат региона, который приходится компенсировать агротехническими методами.



а)



б)

Рисунок 6 – Сорт Вионье из коллекции сортов винограда в виноградовинодельческой зоне «Нижняя Волга»: а) общий вид, 02.08.2024 (фото М. Н. Лытов);

б) гроздь в фазу технической спелости, 27.08.2024 (фото В. М. Гуренко)

Figure 6 – Viognier variety from the collection of grape varieties in the Lower Volga vineyard and winemaking zone: а) general view, 02.08.2024 (photo by M. N. Lytov);

б) a bunch in the phase of technical ripeness, 08/27/2024 (photo by V. M. Gurenko)

Мцване кахури. Стародавний автохтонный грузинский сорт винограда (рисунок 7). В опытных посадках характеризовался поздним вступлением в фазу вегетации, начало распускания глазков по сорту отмечено 26 апреля. Однако продукционный период у этого сорта не превышал 128 суток, что позволило ему сформировать спелую ягоду уже к 4 сентября. Средняя длина составила 1,6 м. Вызреваемость побегов хорошая. Отмечено слабое поражение винограда оидиумом и единичные поражения милдью.



а)



б)

Рисунок 7 – Сорт Мцване кахури из коллекции сортов винограда в виноградовинодельческой зоне «Нижняя Волга»: а) общий вид, 02.08.2024 (фото М. Н. Лытова);

б) гроздь в фазу технической спелости, 04.09.2024 (фото В. М. Гуренко)

Figure 7 – Mtsvane kakhuri variety from the collection of grape varieties in the Lower Volga vineyard zone:

а) general view, 02.08.2024 (photo by M. N. Lytov);

б) a bunch in the phase of technical ripeness, 09/04/2024 (photo by V. M. Gurenko)

Гроздь крупная, средняя длина 17 см, а средняя ширина 11 см, средняя масса грозди 259 г. Средняя масса ягоды в условиях орошения составила 2,3 г, что выше, чем в зоне автохтонного произрастания. Среднее число ягод в грозди 108 шт. Урожайность винограда сорта Мцване кахури в отчетном году составила 14,4 т/га, что в целом характеризует продуктивность сорта как хорошую. Выход сока по сорту очень хороший, 80%. Урожай убрали двумя технологическими сборами. Первый сбор проводили при сахаристости сока в ягодах 19% и pH 3,2. Второй сбор проводили, когда сахаристость сока ягод составила 24%, а pH – 3,6.

Рислинг. Стародавний сорт германского происхождения, родиной сорта считают долину р. Рейн. В коллекционных посадках начало распускания глазков по сорту отмечено 27 апреля. При позднем вступлении в фазу вегетации в условиях жаркого и сухого климата региона съемная спелость ягоды наступала уже 3 сентября (рисунок 8). Продолжительность продукционного периода не превышала 126 суток. Растение сильнорослое, средняя длина однолетнего побега в опытах составила 2,0 м. Вызревание побега хорошее. Наблюдалось слабое поражение растений оидиумом и очень слабое – милдью.



а)



б)

Рисунок 8 – Сорт Рислинг из коллекции сортов винограда в виноградовинодельческой зоне «Нижняя Волга»: а) общий вид, 02.08.2024 (фото М. Н. Лытов);

б) гроздь в фазу технической спелости, 03.09.2024 (фото В. М. Гуренко)

Figure 8 – Riesling variety from the collection of grape varieties in the Lower Volga viticultural zone:

а) general view, 02.08.2024 (photo by M. N. Lytov);

б) bunch in the phase of technical ripeness, 03.09.2024 (photo by V. M. Gurenko)

Средняя длина грозди 9 см, средняя ширина 6 см, средняя масса грозди составила 140 г. Ягоды средней величины, масса 1,6 г. Среднее количество ягод в грозди 84 шт. При орошении на каштановых почвах Нижневолжского региона показал способность к формированию хороших урожаев. В отчетном году урожайность по сорту составила 11,3 т/га, что выше средней продуктивности в традиционных виноградарских зонах. В сравнении с другими сортами коллекции продуктивность винограда Рислинг занимает уверенный средний уровень. Проблемой производства виноматериалов из винограда сорта Рислинг в регионе оказался быстрый набор сахара и снижение кислотности сока. Чтобы компенсировать этот недостаток, убирали урожай раздельным способом. Содержание сахара в соке первого технологического сбора составило 19% при pH 3,1. Содержание сахара в соке второго технологического сбора увеличилось до 23% при снижении pH до 3,5.

Выводы. Обобщение изложенного материала позволяет сделать вывод, что все вышеперечисленные белые сорта достаточно хорошо адаптированы для климата Нижней Волги и представляют большой интерес для их выращивания. Значительный запас по фенологии развития и созревания ягоды снижает риски повреждения растений возвратными заморозками и недобора кондиций ягоды. Вызреваемость побегов по всем белым сортам хорошая. Жаркий и сухой климат при высокой интенсивности солнечной радиации по многим сортам способствовал даже перебору кондиций по сахаристости сока. Это проблема, так как нарушается углеводно-кислотный баланс и снижается качество виноматериала. Но эти недостатки в наборе кондиций ягод можно компенсировать технологическими способами. В частности, орошение является незаменимым инструментом регулирования кондиций созревающего винограда, таких как размер ягоды, баланс сахара и кислотности, фенольная зрелость. Для белых сортов винограда в момент роста ягоды можно создать условия за счет орошения для увеличения ягоды в момент созревания, что частично компенсирует быстрый набор сахара. Этот агротехнический прием дает большой эффект именно в нашей зоне, где рост и развитие виноградного растения практически полностью зависит от режимов орошения, а естественная влагообеспеченность крайне низка. Регионы без орошения не имеют такого преимущества. Другим способом технологической компенсации дисбаланса в наборе кондиций ягоды является раздельный сбор урожая. Основной проблемой выращивания этих сортов винограда на Нижней Волге является их сравни-

тельно невысокая морозоустойчивость и зимостойкость, не соответствующая климату региона. Коллекция вышеперечисленных сортов белого винограда выращивается только по укрывной технологии.

Conclusions. Summarizing the above material allows us to conclude that all of the above white varieties are well adapted to the climate of the Lower Volga and are of great interest for their cultivation. A significant reserve in the phenology of berry development and maturation reduces the risks of damage to plants by recurrent frosts and a shortage of berry conditions. The ripeness of shoots in all white varieties is good. The hot and dry climate with a high intensity of solar radiation in many varieties even contributed to the sorting of the sugar content of the juice. This is a problem, as the carbohydrate-acid balance is disrupted and the quality of the wine material decreases. But these shortcomings in the set of berry conditions can be compensated by technological means. In particular, irrigation is an indispensable tool for regulating the conditions of ripening grapes, such as berry size, sugar and acidity balance, and phenolic maturity. For white grape varieties at the time of berry growth, conditions can be created by irrigation to increase the berry at the time of ripening, which partially compensates for the rapid sugar intake. This agrotechnical technique has a great effect in our area, where the growth and development of the grape plant almost completely depends on irrigation regimes, and the natural moisture supply is extremely low. Regions without irrigation do not have such an advantage. Another way of technological compensation for the imbalance in the set of berry conditions is separate harvesting. The main problem of growing these grape varieties on the Lower Volga is their relatively low frost resistance and winter hardiness, which does not correspond to the climate of the region. The collection of the above-mentioned varieties of white grapes is grown only by covering technology.

Библиографический список

1. Исаенко А. П. Оценка развития виноградарства и виноделия в России. Вестник Адыгейского государственного университета. Серия: Экономика. 2020. № 3 (265). С. 37-43.
2. 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.
3. Петров В. С., Мarmorштейн А. А., Лукьянова А. А., Коваленко А. Г. Адаптивная фенологическая реакция автохтонных сортов винограда на изменения погодноклиматических условий юга России. Магарач. Виноградарство и виноделие. 2020. Т. 22. № 3 (113). С. 210-215.
4. Шольц-Куликов Е. П. Сортимент винограда для виноделия России. Виноградарство и виноделие. 2020. Т. 49. С. 261-263.
5. Овчинников А. С., Бородыхин В. В., Гуренко В. М. R 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.
6. Гуляева Г. В., Байрамбеков Ш. Б., Соколова Г. Ф. Экологическая оценка столовых сортов винограда в условиях Нижнего Поволжья. Орошаемое земледелие. 2018. № 3. С. 19-20.
7. Петрова С. С., Воробьева О. М., Меркуропулос Г., Заманиди П. К. Новые высококачественные черноплодные сорта винограда для производства вин превосходного класса и их адаптация к условиям Нижнего Поволжья. Евразийский союз ученых. 2021. № 12 (93). С. 14-20.
8. Кружилин И. П., Курапина Н. В., Гусев Д. Э. Выращивание оздоровленных саженцев винограда. Орошаемое земледелие. 2014. № 1. С. 16-17.
9. Штомпель Ю. А., Незнаева А. М. Выбор и оценка земель для закладки насаждений технических сортов винограда на Кубани. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2008. № 14. С. 131-133.
10. Зармаев А. А. Методологические подходы к закладке виноградников. Известия Чеченского государственного университета им. А. А. Кадырова. 2022. № 4 (28). С. 45-49.
11. Матузок Н. В., Радчевский П. П., Трошин Л. П. Новации виноградарства России. 17. Организация закладки виноградника. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2010. № 56. С. 86-105.
12. 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.
13. Полулях А. А., Волынкин В. А. Реакция местных сортов винограда Крыма на засуху как стресс-фактор биосферы. Магарач. Виноградарство и виноделие. 2019. Т. 21. № 4 (110). С. 307-311.
14. Керанова Н. Т., Ройчев В. Р. Сравнительный анализ плодородности и урожайности винных белых сортов винограда. Русский виноград. 2022. Т. 19. С. 45-52.
15. Ройчев В. Агробиологическая и технологическая характеристика интродуцированных сортов винограда, предназначенных для производства красного вина. Русский виноград. 2016. Т. 3. С. 65-72.
16. Государственный реестр селекционных достижений допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений. <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-seleksionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/>.

References

1. Isaenko A. P. Assessment of the development of viticulture and winemaking in Russia. Bulletin of Adyge State University. Series: Economics. 2020. № 3 (265). Pp. 37-43.
2. Mukhametzyanov R. R., Dzhancharova G. K., Arzamastseva N. V. Change in the volume of production of fruits, berries and grapes in Russia. Economics of agriculture in Russia. 2022. № 9. Pp. 67-72.
3. Petrov V. S., Marmorshtein A. A., Lukyanova A. A., Kovalenko A. G. Adaptive phenological reaction of autochthonous grape varieties to changes in weather and climatic conditions of the south of Russia. Magarach. Viticulture and winemaking. 2020. V. 22. № 3 (113). Pp. 210-215.
4. Scholz-Kulikov E. P. Assortment of grapes for winemaking in Russia. Viticulture and winemaking. 2020. V. 49. Pp. 261-263.
5. Ovchinnikov A. S., Borodychev V. V., Gurenko V. M. R on the development of the law and program for the development of the viticulture and winemaking industry in the Volgograd region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020. № 2 (58). Pp. 14-28.
6. Gulyaeva G. V., Bayrambekov Sh. B., Sokolova G. F. Ecological assessment of table grape varieties in the conditions of the Lower Volga region. Irrigated agriculture. 2018. № 3. Pp. 19-20.
7. Petrova S. S., Vorobyeva O. M., Merkouropoulos G., Zamanidi P. K. New High-Quality Black Berry Grape Varieties for the Production of Excellent Wines and Their Adaptation to the Conditions of the Lower Volga Region. Eurasian Union of Scientists. 2021. № 12 (93). Pp. 14-20.
8. Kruzhilin I. P., Kurapina N. V., Gusev D. E. Cultivation of healthy grape seedlings. Irrigated agriculture. 2014. № 1. Pp. 16-17.
9. Shtompel Y. A., Neznaeva A. M. Selection and Evaluation of Lands for Planting of Technical Grape Varieties in the Kuban. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2008. № 14. Pp. 131-133.
10. Zarmaev A. A. Methodological approaches to the establishment of vineyards. Proceedings of the Chechen State University named after A. A. Kadyrov. 2022. № 4 (28). Pp. 45-49.
11. Matuzok N. V., Radchevsky P. P., Troshin L. P. Innovations of viticulture in Russia. 17. Organization of the establishment of a vineyard. Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2010. № 56. Pp. 86-105.
12. Petrov V. S., Aleynikova G. Yu., Seget O. L., Marmorshtein A. A., Russo D. E., Sundyreva M. A., Kiseleva G. K., Kazakhmedov R. E., Orlov V. A. Methodology of management of agrobiological, adaptive and production stability of grape plantations in unstable weather conditions and technogenic intensification of production. Fruit growing and viticulture in the South of Russia. 2024. № 86 (2). Pp. 16-43.
13. Polulyakh A. A., Volynkin V. A. Reaction of Local Grape Varieties of Crimea to Drought as a Stress Factor of the Biosphere. Magarach. Viticulture and winemaking. 2019. V. 21. № 4 (110). Pp. 307-311.
14. Keranova N. T., Roychev V. R. Comparative analysis of fruitfulness and yield of wine white grape varieties. Russian grapes. 2022. V. 19. Pp. 45-52.
15. Roychev V. Agrobiological and technological characteristics of introduced grape varieties intended for the production of red wine. Russian grapes. 2016. V. 3. Pp. 65-72.
16. State Register of Selection Achievements Approved for Use. V. 1. Plant varieties: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvenny-reestr-seleksionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/>.

Информация об авторах

Семененко Сергей Яковлевич, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом оросительных мелиораций, ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID ID: 0000-0001-5992-8127, semenenkoy.vniioz@yandex.ru

Гуренко Владимир Михайлович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID ID: 0000-0002-2172-0758, vkovniigim@yandex.ru

Лытов Михаил Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова», (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Author's Information

Semenenko Sergey Yakovlevich, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Irrigation Reclamation Department, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture - branch of the "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID ID: 0000-0001-5992-8127, e-mail: semenenkoy.vniioz@yandex.ru

Gurenko Vladimir Mikhailovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture - branch of the "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID ID: 0000-0002-2172-0758, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Lytov Michail Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture - branch of the "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail vkovniigim@yandex.ru

ANALYSIS OF SATELLITE AND FIELD OBSERVATIONS ON THE DYNAMICS OF COTTON CROP FORMATION USING SPRINKLING IRRIGATION**Khodyakov E. A., Kuznetsov Y. V., Kusaiko A. S., Bondarenko K. V.**Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: e419829@yandex.ru

Received 22.08.2024

Submitted 24.10.2024

Summary

The article presents the results of a joint analysis of remote sensing data with field observations on cotton crops. According to the results of the research, the characteristic dynamics of NDVI indices in the inter-phase periods of cotton has been established. The data obtained are a sufficient basis for conducting remote monitoring of cotton cultivation as an "analog year" for the Lower Volga region.

Abstract

Introduction. Cotton is a strategic resource for the defense, textile industry of the Russian Federation and for medicine. The natural and climatic conditions of the Russian Federation are not favorable for the cultivation of raw cotton, but thanks to new selections, a variety of cotton with sufficient yield for profitable production has been obtained. Difficult growing conditions require the use of new management and monitoring technologies. **Object.** The object of research is the crops of the cotton variety "PGSSH-1". **Materials and methods.** The research was carried out at the Educational Research and Production Center «Gornaya Polyana» of Volgograd State Agrarian University. To assess the dynamics of the NDVI of cotton during two years of research, the Gis-GeoProfi-2.0 software was developed and satellite images were processed from 48 Sentinel-2 images for the period May-October 2019 and 2020. To conduct a joint analysis of field observations with satellite data, the growing season of cotton was divided for four interphase periods. **Results and conclusion.** As a result of the conducted research, the characteristic dynamics of NDVI indices in interphase periods has been established, with a description of the duration, total temperatures and irrigation regime, which makes it possible to use the graph of the NDVI index obtained in 2019 as an "analog year" to assess the effectiveness of forming a cotton crop to 3 t/ha of cotton on the light brown soils of the Lower Volga region. The analysis of the obtained results allowed us to establish a high sensitivity of cotton to air temperatures in the initial period of plant development in the inter-phase period "Sowing – the end of leaf formation", which can significantly affect the size of the crop being formed.

Keywords: cotton growing, cotton vegetation index, cotton yield, remote sensing of fields.

Citation. Khodyakov E. A., Kuznetsov Y. V., Kusaiko A. S., Bondarenko K. V. Analysis of satellite and field observations on the dynamics of cotton crop formation using sprinkling irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 111-123 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-11.

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 528.7:631.6:633.511

АНАЛИЗ ДАННЫХ СПУТНИКОВЫХ И ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ДИНАМИКОЙ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ ПОЛИВЕ ДОЖДЕВАНИЕМ**Ходяков Е. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор****Кузнецов Ю.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор****Кусайко А. С., аспирант****Бондаренко К. В., кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник**ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Хлопок является стратегическим ресурсом для обеспечения оборонной, текстильной промышленности и медицины Российской Федерации. Природно-климатические условия РФ не относятся к благоприятным для выращивания хлопка-сырца, но благодаря работе волгоградских и узбекских селекционеров получен сорт хлопчатника с достаточной для рентабельного производства урожайностью. Сложные условия выращивания требуют применения новых технологий управления и мониторинга. **Объект.** Объектом исследований являются посевы сорта хлопчатника

«ПГССХ-1». **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном участке Учебного научно-производственного центра «Горная Поляна» Волгоградского ГАУ. Для оценки динамики индекса NDVI хлопчатника в течение двух лет исследований, выполнена разработка программного обеспечения «Гис-ГеоПрофи-2.0» и обработаны 48 космических снимков Sentinel-2 за период май-октябрь 2019 г. и 2020 г. Для проведения совместного анализа полевых наблюдений со спутниковыми данными вегетационный период хлопчатника был разделен на четыре межфазных периода. **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований установлена характерная динамика индексов NDVI по межфазным периодам, с описанием длительности, суммарных температур и режима орошения, что позволяет использовать, полученный в 2019 г. график изменения индекса NDVI в качестве «года-аналога» для оценки эффективности формирования урожая хлопчатника 3 т/га на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья. Анализ полученных результатов позволил установить высокую чувствительность хлопчатника к температурам воздуха в начальный период развития растений в межфазный период «Посев – окончание образования листьев», что может существенно повлиять на величину формируемого урожая.

Ключевые слова: хлопководство, вегетационный индекс хлопчатника, урожайность хлопчатника, дистанционное зондирование полей.

Цитирование. Ходяков Е. А., Кузнецов Ю. В., Кусайко А. С., Бондаренко К. В. Анализ данных спутниковых и полевых наблюдений за динамикой формирования урожая хлопчатника при поливе дождеванием. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 111-123. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-11.

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. Хлопководство является стратегической отраслью агропромышленного комплекса государства, поскольку хлопок широко используется как в оборонной и текстильной отрасли, так и в медицине. На сегодняшний день Россия импортирует 100% хлопкового волокна. Основными поставщиками являются страны Средней Азии: Узбекистан (около 50%), Таджикистан, Казахстан, Киргизия. В настоящее время страны-производители хлопкового волокна проводят политику увеличения переработки внутри своих стран, что уже привело к падению импорта хлопкового волокна в натуральном выражении: по итогам 2019-го он сократился почти на 30% в годовом сопоставлении, по итогам 2020-го – ещё примерно на 12%. По данным Министерства сельского хозяйства РФ в 2020-м валовой сбор хлопка-сырца не дотянул до 35 т при посевной площади менее 60 га [1-3]. Учитывая риски санкционного давления, для сохранения суверенитета в России возникла острая необходимость в развитии отечественного хлопководства.

В Учебном научно-производственном центре «Горная Поляна» Волгоградского ГАУ с 2019 г. аспирант Бондаренко К. В. и его научный руководитель профессор Ходяков Е. А. проводили полевые опыты по выращиванию хлопчатника при разных способах полива, режимах орошения и доз внесения минеральных удобрений с полным спектром сопутствующих наблюдений [4, 5].

Совместно с ними была поставлена цель – комплексно использовать результаты полученной наземной информации и данных дистанционного зондирования для изучения изменений вегетационных индексов отражения, выявления и анализа связей, характеризующих особенности спектральных показателей состояния посевов, установить закономерности формирования урожайности хлопчатника 3 т/га под воздействием различных погодных условий.

Задача эффективного применения технологий дистанционного зондирования в сельскохозяйственной практике является актуальной. Для совместного анализа данных дистанционного зондирования и полевых наблюдений за развитием хлопчатника был использован разработанный нами программный комплекс «Гис-ГеоПрофи-2.0», адаптированный для ведения агромониторинга, на основе внесения данных непосредственно в поле с помощью web-инструментария. При разработке программного комплекса были изучены научно-методические разработки В. А. Генина, С. А. Родимцева, Н. Е. Павловской и др. [6-10], ориентированные на региональную географическую специфику растениеводства.

Материалы и методы. Опытный участок расположен на правом берегу реки Волга. Климат Волгоградской области резко континентальный с холодной малоснежной зимой и жарким сухим летом. Практически полное отсутствие осадков в июле и августе, высокая

температура воздуха в сочетании с большим количеством суховеев, когда идёт наиболее интенсивное развитие хлопчатника, и сезонный недостаток суммарных среднесуточных температур являются осложняющими факторами для выращивания хлопчатника.

Почвы экспериментального участка светло-каштановые, с содержанием гумуса не более 1-2%, средне- и тяжёло-суглинистые по гранулометрическому составу, типичны для основной территории Нижнего Поволжья. Грунтовые воды на водный режим почвы не влияли, поскольку они находились на глубине значительно больше, чем 3 м.

Для оценки погодных условий в период проведения полевых опытов использовали гидротермический коэффициент (ГТК) Г. Т. Селянинова. Он определяется как отношение суммы выпавших осадков к сумме среднесуточных температур воздуха, согласно данным интернет-метеостанции «СОКОЛ-М», расположенной на опытном участке. По этому показателю погодные условия в 2019 и 2020 гг. характеризовались как острозасушливые (ГТК были меньше 0,4 и равны соответственно 0,29 и 0,17).

Исследования выполняли с сортом хлопчатника «ПГССХ-1». Этот ультраскороспелый сорт был выведен селекционерами из Волгоградского ГАУ и Узбекистана специально для почвенно-климатических условий Волгоградской области [11].

На исследуемом участке в течение двух 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.

Одной из основных задач исследований являлось изучение динамики нормализованного вегетационного индекса (NDVI) в зависимости от фаз развития хлопчатника, среднесуточных температур воздуха и водообеспеченности растений.

В рамках исследования была выполнена тематическая обработка 48 мультиспектральных космических снимков Sentinel-2 за период май-октябрь 2019 и 2020 гг., которая включала в себя радиометрическую и атмосферную коррекцию, маскирование и исключение облачности, вычисление вегетационных индексов NDVI по экспериментальным полям.

Результаты и обсуждение. По результатам тематической обработки мультиспектральных космических снимков Sentinel-2 составлены таблицы 1, 2 и графики изменения вегетационного индекса NDVI (рисунки 1, 2) в зависимости от фаз роста и развития хлопчатника.

Для оценки динамики NDVI в течение двух лет исследований вегетационный период хлопчатника был разделен на четыре межфазных периода, которые были проанализированы совместно с данными дистанционного зондирования:

1. «Посев – окончание образования листьев». Этот период роста хлопчатника характеризовался изменением индекса NDVI в диапазоне 0,16-0,19. Переход значений NDVI выше 0,2 был очень значимым для мониторинга выращивания хлопчатника, так как в 2019 году и 2020 году превышение коэффициента значений 0,2 совпало с наступлением фазы «начало бутонизации», то есть с окончанием периода прорастания семян и образования настоящих листьев.

2. «Бутонизация – цветение». Переход от фазы «массовой бутонизации» к фазе «начало цветения» сопровождался изменением значений NDVI в диапазоне от 0,36 до 0,4. В период массового цветения происходило небольшое снижение индекса NDVI и дальнейшее восстановление в течение 10 дней. На графиках динамики NDVI (рисунки 1 и 2) это можно увидеть в виде небольшого «плато» с 14 июля по 19 июля 2019 года и с 26 июля по 7 августа 2020 года.

3. «Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек)». Развитие хлопчатника от фазы начала плодообразования до полного созревания (раскрытия коробочек) характеризовалось пирамидальным изменением индекса NDVI, возрастанием от 0,5 до 0,6-0,75 и возвращении к значениям близким 0,5. На этом этапе важно фиксировать стабильное значение среднего NDVI, что говорит о нормальном развитии, существенное снижение NDVI является отклонением от нормы.

4. «Массовое раскрытие коробочек – учет урожая». После массового раскрытия коробочек происходит существенное снижение значений NDVI в результате дефолиации до значений близких к 0,3. Продолжительность этапа составила от 18 до 30 дней, общее снижение биомассы за весь период в значениях NDVI от 0,24 до 0,27, диапазон значений NDVI на конец этапа составил 0,3-0,39.

Таблица 1 – Изменение NDVI по фазам роста и развития хлопчатника при поливе дождеванием в 2019 году

Table 1 – NDVI change by phases of cotton growth and development during sprinkling irrigation in 2019

№№	Фазы роста и развития хлопчатника / Phases of growth and development of cotton	Дата съемки / Date of shooting	NDVI
1	Посев / Sowing	11.05.2019	0,141
2	Массовые всходы / Mass sprouts	17.05.2019	0,148
3	Второй настоящий лист / Second Real Leaf	25.05.2019	0,150
4	Третий настоящий лист / Third Real Leaf	02.06.2019	0,157
5	Четвёртый настоящий лист / Fourth Real Leaf	14.06.2019	0,193
6	Начало бутонизации / Budding Initiation	22.06.2019	0,249
7	Массовая бутонизация / Mass budding	27.06.2019	0,314
8	Начало цветения / The beginning of flowering	07.07.2019	0,382
9		14.07.2019	0,532
10	Массовое цветение / Mass flowering	19.07.2019	0,521
11	Массовое плодобразование / Mass fruiting	29.07.2019	0,664
12		01.08.2019	0,735
13		13.08.2019	0,698
14		18.08.2019	0,624
15		21.08.2019	0,596
16		26.08.2019	0,600
17	Начало раскрытия коробочек / The beginning of the opening of the boxes	28.08.2019	0,597
18		31.08.2019	0,608
19	Массовое раскрытие коробочек / Mass opening of boxes	05.09.2019	0,597
20		07.09.2019	0,564
21		10.09.2019	0,571
22		12.09.2019	0,578
23		17.09.2019	0,557
24	Учет урожая / Crop accounting	12.10.2019	0,344

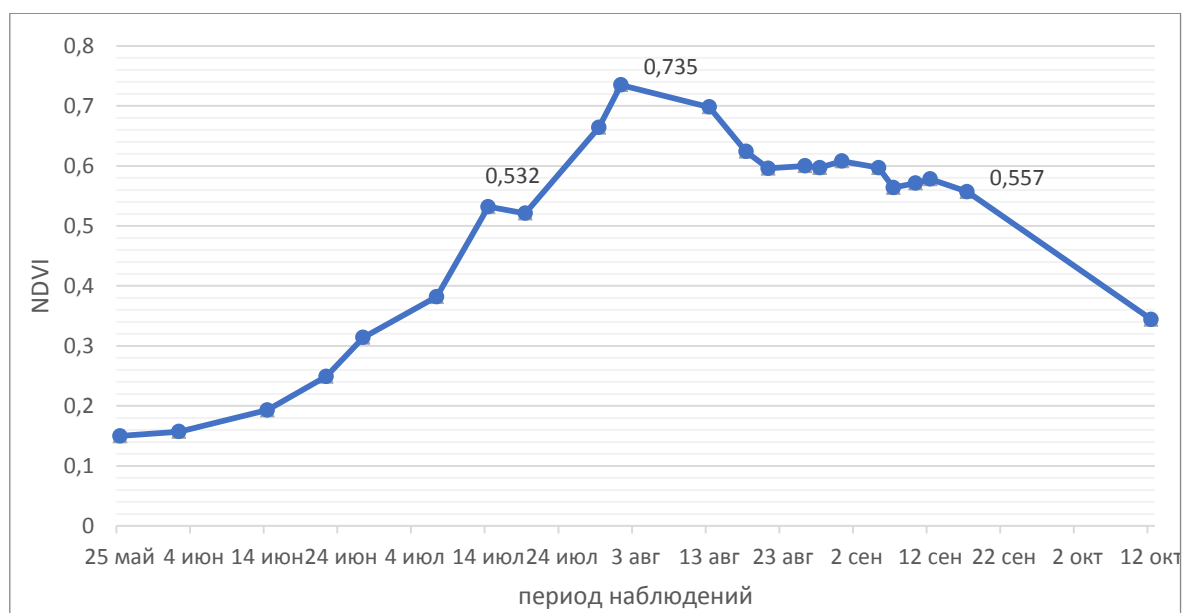


Рисунок 1 – График изменения вегетационного индекса NDVI для хлопчатника при поливе дождеванием в 2019 году

Figure 1 – NDVI cotton during irrigation by sprinkling in 2019

Таблица 2 – Изменение NDVI по фазам роста и развития хлопчатника при поливе дождеванием в 2020 г.

Table 2 – NDVI change by phases of cotton growth and development during sprinkling irrigation in 2020

№№	Фазы роста и развития хлопчатника / Phases of growth and development of cotton	Дата съемки / Date of shooting	NDVI
1	Посев / Sowing	12.05.2020	0,151
2	Массовые всходы / Mass sprouts	27.05.2020	0,153
3	Формирование первого листа / The formation of the first Leaf	08.06.2020	0,157
4	Второй настоящий лист / Second Real Leaf	13.06.2020	0,163
5	Четвёртый настоящий лист / Fourth Real Leaf	28.06.2020	0,165
6		01.07.2020	0,173
7	Начало бутонизации / Budding Initiation	08.07.2020	0,179
8	Массовая бутонизация / Mass budding	13.07.2020	0,241
9		16.07.2020	0,356
10	Начало цветения / The beginning of flowering	26.07.2020	0,439
11	Массовое цветение / Mass flowering	28.07.2020	0,448
12		05.08.2020	0,438
13	Начало плодообразования / The beginning of fruit formation	07.08.2020	0,41
14	Массовое плодообразование / Mass fruiting	15.08.2020	0,588
15		17.08.2020	0,584
16		20.08.2020	0,564
17		22.08.2020	0,604
18		27.08.2020	0,607
19		04.09.2020	0,619
20		21.09.2020	0,644
21		26.09.2020	0,461
22	Массовое раскрытие коробочек / Mass opening of boxes	11.10.2020	0,331

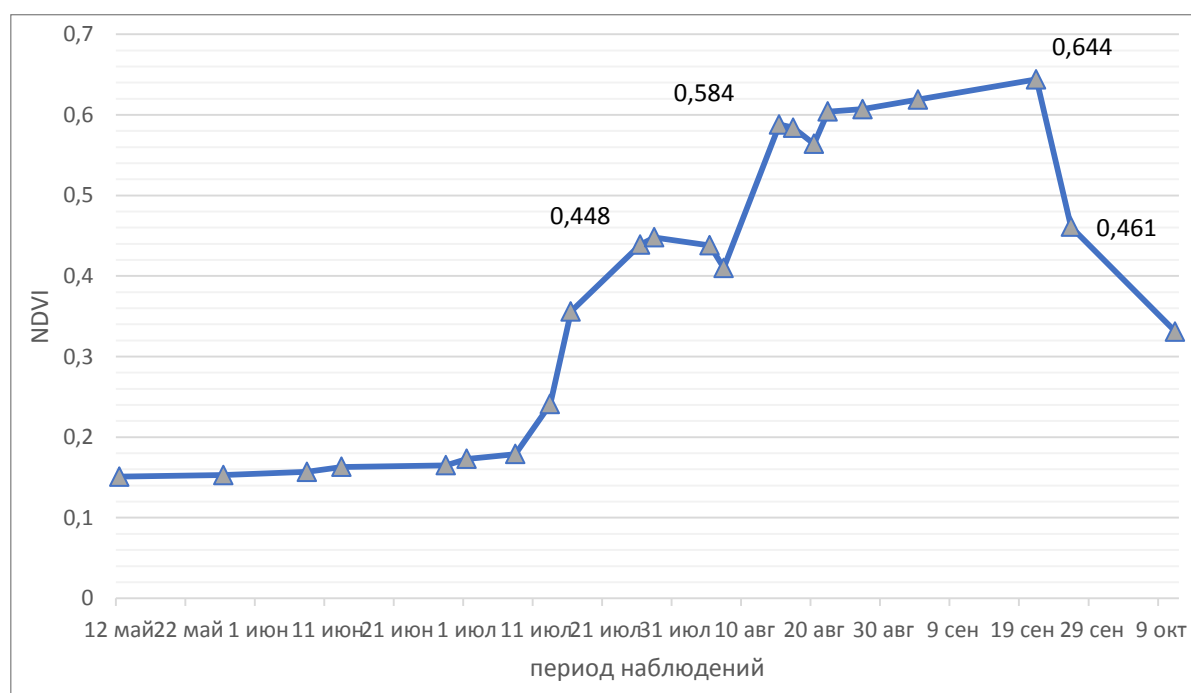


Рисунок 2 – График изменения вегетационного индекса NDVI для хлопчатника при поливе дождеванием в 2020 году

Figure 2 – NDVI cotton during irrigation by sprinkling in 2020

Таким образом, исследования показали (таблицы 1 и 2, рисунки 1, 2) характерную динамику NDVI хлопчатника на соответствующих фазах роста и развития для светло-каштановых почв Нижнего Поволжья.

Помимо получения индексов вегетации, были обработаны массивы измерений климатических параметров на гидрометеостанции, к которым относятся максимальная и минимальная температуры воздуха, количество суточных осадков, относительная влажность воздуха, средняя скорость ветра, суммарная солнечная радиация.

Среди двух лет исследований 2019 г. был принят нами в качестве «года-аналога». Для оценки интенсивности формирования урожайности хлопчатника 3 т/га по индексам NDVI в таблицах 3 и 4 представлены данные по тепло- и влагообеспеченности посевов.

Таблица 3 – Данные мониторинга выращивания хлопчатника в 2019 году при поливе дождеванием
Table 3 – Monitoring data on cotton cultivation in 2019 with sprinkling

№	Межфазный период / Interphase period	Продолжительность, Т, дн / Duration	Сумма температур, $\sum t^{\circ}\text{C}$ / Sum of 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 / NDVI Value Range	Изменение NDVI / Change in NDVI
1	Посев – окончание образования листьев / Sowing – the end of leaf formation	42 дня / days 11.05.-22.06	988	558	13	0,14-0,25	Нарастание биомассы +0,11 / Biomass Growth +0.11
2	Бутонизация – цветение / Budding – flowering	30 дней / days 23.06.-22.07	709	410	14	0,25-0,56	Нарастание биомассы +0,31 / Biomass growth +0.31
3	Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек) / The beginning of fruit formation is ripening (opening of the bolls)	57 дней / days 23.07.-17.09	1232	662	12	0,56-0,73-0,56	Пирамид. изменение +0,2 -0,17 / Pyramids. Change +0.2 -0.17
4	Массовое раскрытие коробочек – созревание / Mass opening of bolls – maturation	18 дней / days 18.09.-05.10	213	43	2	0,56-0,34	Снижение NDVI -0,23 / Decrease in NDVI -0.23
5	Суммарные значения / Totals	147	3142	1673			

Первый межфазный период «Посев – окончание образования листьев» продолжался 42 дня с 11 мая по 22 июня. Общая сумма температур воздуха в этот период составила 988, а активных – 568 $^{\circ}\text{C}$, среднесуточное значение активных температур (выше 10 $^{\circ}\text{C}$) составило 14 $^{\circ}\text{C}$. Осадки выпали в размере 185 $\text{м}^3/\text{га}$, а почвенные влагозапасы (разница во влажности почвы в рассматриваемом период в слое почвы 1,5 м) составили 183 $\text{м}^3/\text{га}$. За это время был выполнен 1 послепосевной полив нормой 210 и 1 вегетационный полив

дождеванием 460 м³/га. В итоге суммарное водопотребление составило 672 м³/га, а среднесуточное водопотребление находилось на уровне 16,0 м³/га. Индекс NDVI увеличился на 0,11 единицы (от 0,14 до 0,25).

Таблица 4 – Режим орошения хлопчатника в 2019 году при поливе дождеванием

Table 4 – Cotton irrigation regime in 2020 with sprinkling irrigation

№	Межфазный период / Interphase period	Продолжительность, Т, дн / Duration	Количество поливов/поливная норма, М м ³ /га / Number of irrigations/irrigation rate, М m ³ /ha	Осадки, Р м ³ /га / Precipitation, Р m ³ /ha	Почвенные влагозапасы, ΔW м ³ /га / Soil moisture reserves, ΔW m ³ /ha	Суммарное водопотребление в слое почвы 0,5м, Е м ³ /га / Total water consumption in the soil layer 0.5 m, Е 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 for- mation	42 дня / days 11.05.- 22.06	1/210+1/460	185	-183	672	16,0
2	Бутонизация – цветение / Budding – flowering	30 дней / days 23.06.- 22.07	0	320	240	560	18,7
3	Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек) / The beginning of fruit formation is ripening (opening of the bolls)	57 дней / days 23.07.- 17.09	1/460+1/540	207	15	1222	21,4
4	Массовое раскрытие коробочек – сбор урожа / Mass opening of bolls – harvesting	18 дней / days 18.09.- 05.10	0	125	170	295	16,4
5	Суммарные зна- чения / Totals	147	1670	837	242	2749	

Второй межфазный период «Бутонизация – цветение» наблюдался с 23 июня по 22 июля продолжительностью 30 дней. Общая сумма температур воздуха в этот период составила 709, а активных – 410 °С, среднесуточное значение активных температур составило 14 °С. Осадки увеличились до 320 м³/га, а почвенные влагозапасы были равны 240 м³/га. Поливы не производили. Суммарное водопотребление составило 560 м³/га, среднесуточное водопотребление повысилось до 18,7 м³/га, индекс NDVI, в связи с нарастанием биомассы, на 0,31 единиц (от 0,25 до 0,56).

Третий межфазный период «Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек)» продолжался 57 дней с 23 июля по 17 сентября. Общая сумма температур воздуха составила 1232 °С, а активных – 662 °С, среднесуточное значение активных температур снизилось до 12 °С. В свою очередь, среднесуточное водопотребление увеличилось до максимальных значений за вегетационный период 2019 года, а именно до 21,4 м³/га, при поч-

венных влагозапасов 15 м³/га, осадках на уровне 207 м³/га. В этот период были выполнены 2 вегетационный полива дождеванием нормой 460 м³/га и нормой 540 м³/га, суммарное водопотребление составило 1222 м³/га, NDVI хлопчатника в этот период достиг своего максимального значения 0,735, затем плавно снизился до значений 0,56 единиц.

Четвёртый период развития хлопчатника «Массовое раскрытие коробочек – сбор урожая» продолжался 18 дней с 18 сентября по 5 октября. В это период среднесуточное значение активных температур снизилось до 2 °С, среднесуточное водопотребление снизилось до 16,4 м³/га, практически до уровня периода формирования всходов хлопчатника (первый межфазный период). Осадки составили 125 м³/га, в этот период вегетационные поливы не проводились. В результате дефолиации листьев хлопчатника на заключительном этапе развития NDVI снизился на 0,23 единицы (от 0,56 до 0,34).

В результате поддержания предполивной влажности почвы 70-70-65% НВ при поливе дождеванием в активном слое 0,5 м и внесении минеральных удобрений дозами N105P45K34 кг д.в./га в 2019 г. была получена урожайность хлопка-сырца 3,0 т/га.

Данные мониторинга выращивания хлопчатника и режима орошения на экспериментальных полях УНПЦ «Горная поляна» Волгоградского ГАУ в 2020 г. представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Данные мониторинга выращивания хлопчатника в 2020 году при поливе дождеванием
Table 5 – Monitoring data on cotton cultivation in 2020 with sprinkling

№	Межфазный период / Interphase period	Продолжительность, Т, дн / Duration	Сумма температур, $\Sigma t^{\circ}\text{C}$ / Sum of 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 температур, $t_{cp}^{\circ}\text{C}$ актив / Edn. Day. Active temperatures, $TCP^{\circ}\text{C}$ active	Диапазон значений NDVI / NDVI Value Range	Изменение NDVI / Change in NDVI
1	Посев – окончание образования листьев / Sowing – the end of leaf formation	53 дня / days 15.05.-07.07	1166	636	12	0,14-0,18	Нарастание биомассы / Biomass build-up +0,04 /
2	Бутонизация – цветение / Budding – flowering	31 день / days 08.07.-07.08	802	491	16	0,18-0,45	Нарастание биомассы / Biomass build-up +0,27
3	Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек) / The beginning of fruit formation is ripening (opening of the bolls)	50 дней / days 08.08.-26.09	1011	511	10	0,45-0,64 - 0,46	Пирамид. изменение / Pyramids. change +0,19 -0,18
4	Массовое раскрытие коробочек – сбор урожая / Mass opening of bolls – harvesting	18 дней / days 27.09.-14.10	287	107	6	0,46-0,34	Снижение NDVI -0,12 / Decrease in NDVI -0.12
5	Суммарные значения / Totals	152	3266	1745			

Таблица 6 – Режим орошения хлопчатника в 2020 году при поливе дождеванием
Table 6 – Cotton irrigation regime in 2020 with sprinkling irrigation

№	Межфазный период / Interphase period	Продолжительность, Т, дн. / Duration	Количество поливов / поливная норма, М м³/га / Number of irrigations / irrigation rate, M m³/ha	Осадки, Р м³/га / Precipitation, P m³/ha	Почвенные влагозапасы, ΔW м³/га / Soil moisture reserves, ΔW m³/ha	Суммарное водопотребление 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	53 дня / days 15.05.-07.07	1/210+ 1/460	320	-157	833	15,7
2	Бутонизация – цветение / Budding – flowering	31 день / days 08.07.-07.08	1/460	120	-15	565	18,2
3	Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек) / The beginning of fruit formation is ripening (opening of the bolls)	50 дней / days 08.08.-26.09	1/460+ 1/540	10	37	1047	20,9
4	Массовое раскрытие коробочек – сбор урожая / Mass opening of bolls – harvesting	18 дней / days 27.09.-14.10	0	50	252	302	16,8
	Суммарные значения / Totals	152	2130	500	117	2747	

Как известно из исследований Г. С. Зайцева и других исследователей [12], именно появление всходов в оптимальные сроки является одним из ключевых факторов для получения стабильных урожаев хлопчатника. Именно поэтому при сравнении результатов мониторинга первому периоду роста хлопчатника было уделено повышенное внимание (рисунк 3).

Оно показало, что, несмотря на практически одинаковый срок посева хлопчатника (11-15 мая), в 2020 г. из-за более низких температур почвы произошло значительное отставание в 10...17 дней в росте растений до фазы бутонизации, которое в дальнейшем повлияло на урожайность. Активные среднесуточные температуры за первые десять дней после посева в 2019 г. составили 10 °С, а в 2020 г. только 2,3 °С.

Дальнейшее сравнение с «годом-аналогом» 2019 г. показало, что в 2020 г. продолжительность первого межфазного периода «Посев – окончание образования листьев» увеличилась с 42 до 53 дней. Среднесуточная активная температура (выше 10 °С) за весь период снизилась до 12 °С. Общая сумма температур воздуха в этот период возросла с 988 до 1166, а активных – с 568 до 636 °С. Среднесуточное водопотребление снизилось с 16 до

15,7 м³/га, при сохранении норм и количества поливов, были выполнены 2 вегетационных полива дождеванием нормой 210 м³/га и нормой 460 м³/га, прирост индекса NDVI оказался существенно ниже, показатель увеличился на 0,04 единиц (от 0,14 до 0,18).

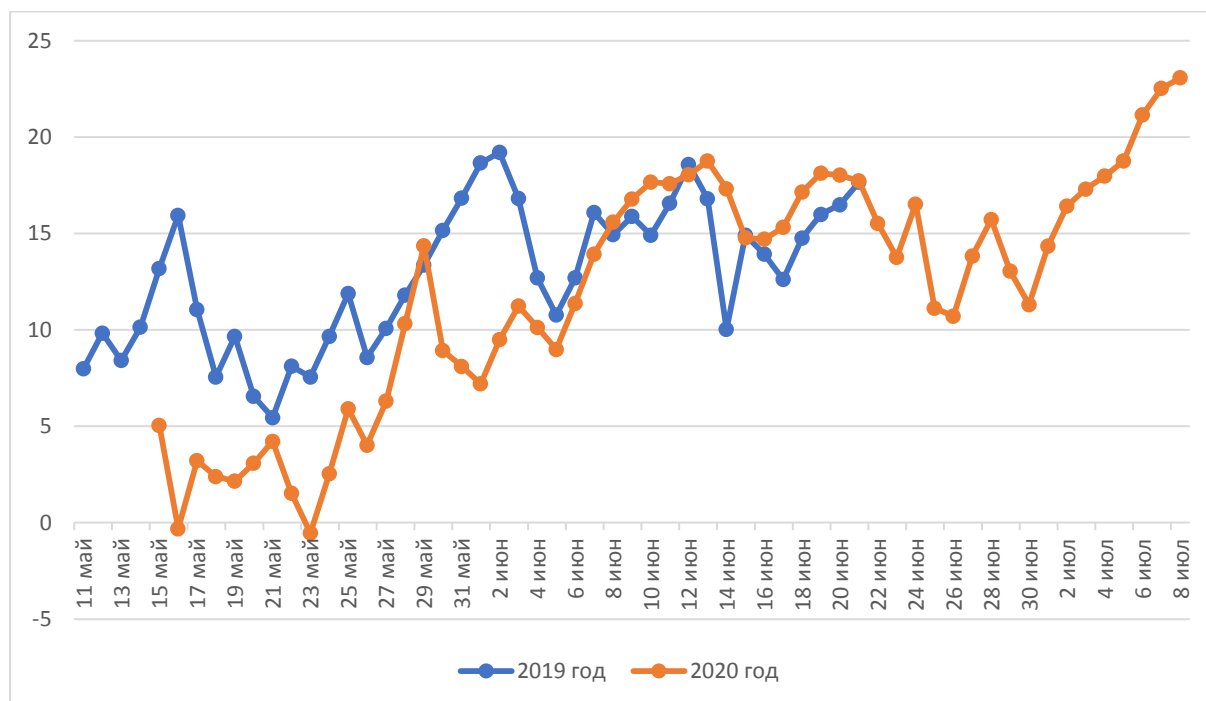


Рисунок 3 – График изменения активных среднесуточных температур (выше 10 °C) на межфазном периоде «Посев – окончание образования листьев» в 2019-2020 гг.

Figure 3 – Active average daily temperatures (above 10 °C) during the interphase period "Sowing – the end of leaf formation" in 2019-2020

Продолжительность второго межфазного периода «Бутонизация – цветение» в 2020 г. практически не изменилась и составила 31 день. Среднесуточная активная температура была выше на 2 °C и составила 16 °C. Общая сумма температур воздуха увеличилась с 109 до 802, а активных увеличилась с 410 до 491 °C. Осадки снизились с 320 до 120 м³/га, в связи с чем, в отличие от 2019 г., был выполнен 1 вегетационный полив дождеванием нормой 460 м³/га. В целом же суммарное водопотребление изменилось несущественно – с 560 до 565 м³/га. Индекс NDVI повысился на 0,27 единиц (от 0,18 до 0,45), что на 13% ниже, чем в 2019 году.

Продолжительность третьего межфазного периода «Начало плодообразования – созревание (раскрытие коробочек)» сократилась относительно «года-аналога» (57 дней в 2019 г. и 50 дней в 2020 г.). Среднесуточная активная температура за этот период была ниже на 2 °C и составила 10 °C. Общая сумма температур воздуха в 2019 г. была 1232 °C, в 2020 г. 1011 °C, а активных 662 и 511 °C. Среднесуточное водопотребление снизилось несущественно – с 21,4 до 20,9 м³/га, при сохранении норм и количества поливов, были выполнены 2 вегетационных полива дождеванием нормой 460 м³/га и нормой 540 м³/га, суммарное водопотребление снизилось с 1222 м³/га до 1047 м³/га. В этот период запаздывание в развитии из-за поздних всходов стало существенно сказываться на биомассе растений хлопчатника, что отразилось на снижении индекса NDVI, так, максимальное значение снизилось с 0,73 до 0,64, а на конец периода показатель составил 0,46 в 2020 г., тогда как в 2019 году был на уровне 0,56.

Четвёртый период развития хлопчатника «Массовое раскрытие коробочек – сбор урожая» по продолжительности остался неизменным 18 дней. Следует отметить, что в этом периоде формирование урожая практически закончено, существенное влияние могут оказывать только экстремальные погодные явления, таких явлений в рассматриваемых межфазных периодах не было. Общая сумма температур воздуха составила 213 и 287 °C,

сумма активных температур оказалась существенно выше 107°C по сравнению с 43°C в 2019 году. В этот период поливы не проводились, суммарное водопотребление практически не изменилось $295\text{ м}^3/\text{га}$ и $302\text{ м}^3/\text{га}$. Диапазон снижения индекса NDVI на заключительном этапе развития хлопчатника снизился от 0,23 единиц (от 0,64 до 0,30) до 0,13 единиц (от 0,56 до 0,32), что вызвано более высокими значениями NDVI, достигнутыми в 2019 году.

В результате при одинаковой водообеспеченности растений (суммарное водопотребление составило 2749 и $22747\text{ м}^3/\text{га}$), незначительной разнице в температуре воздуха (общая сумма температур воздуха 3142 и 3266 , а активных – 1683 и 1745°C) поздние всходы в итоге привели к снижению урожайности хлопчатника с $3,0$ до $2,8\text{ т/га}$.

Заключение. В результате проведенных исследований получены значения динамики индексов NDVI развития хлопчатника для светло-каштановых почв Нижнего Поволжья, характерных для получения урожайности 3 т/га хлопка-сырца при поддержании предполивной влажности почвы $70\text{--}70\text{--}65\%$ НВ и внесении минеральных удобрений дозами $\text{N105P45K34 кг д.в./га}$.

Анализ полученных результатов позволил установить высокую чувствительность хлопчатника к температурам воздуха в начальный период развития растений в межфазный период «Посев – окончание образования листьев», что может существенно повлиять на величину формируемого урожая.

Установлена динамика индексов NDVI в течение вегетации растений, что позволяет использовать полученный в 2019 г. график изменения индекса NDVI в качестве «года-аналога» для оценки эффективности формирования урожая хлопчатника 3 т/га на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья. Это позволит своевременно корректировать режим орошения, вносить ускорители роста и проводить иные мероприятия в случае существенных отклонений индексов NDVI на любом этапе роста и развития растений.

Conclusions. As a result of the conducted studies, the values of the dynamics of the NDVI indices of cotton development for light brown soils of the Lower Volga region, which are suitable for obtaining a yield of 3 tons/ha of raw cotton while maintaining a pre-set soil moisture of $70\text{--}70\text{--}65\%$ HB and applying mineral fertilizers with doses of N105P45K34 kg/ha .

The analysis of the obtained results allowed us to establish a high sensitivity of cotton to air temperatures in the initial period of plant development in the inter-phase period "Sowing – the end of leaf formation", which can significantly affect the size of the crop being formed.

The dynamics of NDVI indices during the vegetation period of plants has been established, which makes it possible to use the schedule of changes in the NDVI index obtained in 2019 as an "analog year" to assess the effectiveness of the formation of a 3 t/ha cotton crop on light brown soils of the Lower Volga region. This will allow timely correction of the irrigation regime, introduction of growth accelerators and other measures in case of significant deviations of NDVI indices at any stage of plant growth and development.

Библиографический список

1. Юркова Р. Е., Докучаева Л. М. Современное состояние производства хлопчатника в России. Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сборник статей XI Международной научно-практической конференции. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. С. 326–329.
2. Ухарова О. А., Архипова Е. В., Федорова Н. Е. Динамика развития рынка натуральных волокон. Сборник научных трудов по итогам Международной научной конференции. Москва, 2022. Т. 3. С. 99–104.
3. Гукежева М. Х. Перспективы импортозамещения хлопка в текстильной промышленности страны. Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12. № 1. С. 36.
4. Овчинников А. С., Ходяков Е. А., Милованов С. Г., Бондаренко К. В. Режим орошения хлопчатника при дождевании и капельном орошении в Нижнем Поволжье. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 15–24.
5. Ходяков Е. А., Милованов С. Г., Бондаренко К. В. Особенности технологии полива хлопчатника при дождевании и капельном орошении в Нижнем Поволжье. Сборник материалов международного научно-практического симпозиума. Ташкент, 2022. С. 379–385.
6. Генин В. А., Клебанович Н. В. Моделирование урожайности кукурузы и сои по данным дистанционного зондирования земли. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 100–104.
7. Павловская Н. В. и др. Оценка состояния посевов озимой пшеницы и ярового ячменя по среднему значению NDVI, на основе космоснимков. Вестник аграрной науки. 2020. № 6 (87). С. 25–32.
8. Родимцев С. А. и др. Моделирование условий вегетации с использованием отклонений текущих значений NDVI от среднеежегодных показателей. Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 3. С. 591–603.

9. Павловская Н. Е. Применение новых систем защиты сельскохозяйственных культур на основе прогнозирования урожайности с использованием спектральных характеристик аэрофотосъемок и данных автоматической метеостанции. Орёл: Орловский ГАУ им. Н. В. Парахина, 2022. 208 с.

10. Овчинников А. С. и др. Функциональное моделирование процессов выращивания хлопчатника. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 258-266.

11. Конотопская Т. М., Подковыров И. Ю., Панина О. А. Результаты исследований коллекции сортов хлопчатника на светло-каштановых почвах УПНЦ «Горная Поляна». Приоритетные научные исследования и инновационные технологии в АПК: наука-производству: материалы Национальной научно-практической конференции. 2019. С. 167-173.

12. Овчинников А. С. и др. Влияние погоды на стабильность плодоношения хлопчатника в условиях Нижнего Поволжья. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 195. С. 172-181.

13. Masharipova Kh. T., Salokhiddinov A. T. Modernization of technological bases of water management at field level with the use of remote sensing technology. Irrigation and Melioration. 2015. No. 1. Pp. 38-41.

14. Kenjabaev Sh., et al. Comparison of spectro-biophysical and yield parameters of cotton in irrigated lowlands of Amudarya River. InterCarto. InterGIS. 2020. Vol. 26. No. 3. Pp. 294-308.

References

1. Yurkova R. E., Dokuchaeva L. M. Current state of cotton production in Russia. Innovative technologies in the agro-industrial complex: theory and practice: collection of articles of the XI International Scientific and Practical Conference. Penza: Penza State Agrarian University, 2023. Pp. 326-329.

2. Ukharova O. A., Arkhipova E. V., Fedorova N. E. Dynamics of the development of the natural fiber market. Collection of Scientific Papers on the Results of the International Scientific Conference. Moscow, 2022. V. 3. Pp. 99-104.

3. Gukezheva M. Kh. Prospects for Import Substitution of Cotton in the Textile Industry of the Country. Bulletin of Eurasian Science. 2020. V. 12. № 1. P. 36.

4. Ovchinnikov A. S., Khodyakov E. A., Milovanov S. G., Bondarenko K. V. Cotton irrigation regime for sprinkling and drip irrigation in the Lower Volga region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2019. № 3 (55). Pp. 15-24.

5. Khodyakov E. A., Milovanov S. G., Bondarenko K. V. Features of Cotton Irrigation Technology for Sprinkling and Drip Irrigation in the Lower Volga Region. Collection of materials of the international scientific and practical symposium. Tashkent, 2022. Pp. 379-385.

6. Genin V. A., Klebanovich N. V. Modeling of corn and soybean yields from remote sensing data. Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. 2018. № 4. Pp. 100-104.

7. Assessment of the state of winter wheat and spring barley crops by the average NDVI value, based on satellite images. Bulletin of Agrarian Science. 2020. № 6 (87). Pp. 25-32.

8. Modeling of vegetation conditions using deviations of current NDVI values from long-term mean indicators. Agricultural biology. 2022. V. 57. № 3. Pp. 591-603.

9. Pavlovskaya N. E. Application of New Crop Protection Systems Based on Yield Forecasting Using Spectral Characteristics of Aerial Photography and Data of an Automatic Weather Station. Orel: Oryol State Agrarian University named after N. V. Parakhin, 2022. 208 p.

10. Ovchinnikov A. S. et al. Functional Modeling of Cotton Growing Processes. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2017. № 3 (47). Pp. 258-266.

11. Konotopskaya T. M., Podkovyrov I. Yu., Panina O. A. Results of research on the collection of cotton varieties on light chestnut soils of the Gornaya Polyana Scientific Center. Priority Scientific Research and Innovative Technologies in the Agro-Industrial Complex: Science-Production: Materials of the National Scientific and Practical Conference. 2019. Pp. 167-173.

12. Ovchinnikov A. S., et al. Influence of weather on the stability of cotton fruiting in the conditions of the Lower Volga region. Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2024. № 195. Pp. 172-181.

13. Masharipova Kh. T., Salokhiddinov A. T. Modernization of technological bases of water management at field level with the use of remote sensing technology. Irrigation and Melioration. 2015. No 1. Pp. 38-41.

14. Kenjabaev Sh., et al. Comparison of spectro-biophysical and yield parameters of cotton in irrigated lowlands of Amudarya River. InterCarto. InterGIS. 2020. Vol. 26. No. 3. Pp. 294-308.

Информация об авторах

Ходяков Евгений Алексеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: E419829@yandex.ru

Кузнецов Юрий Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Землеустройство, кадастры и экология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: yvkuznetsov_emf@volgau.com

Кусайко Андрей Сергеевич, соискатель, директор ООО «НПП «ГеоПрофи» (Российская Федерация, 400001, г. Волгоград, ул. им. Канунникова, д. 6/1), e-mail: a.s.kusaiko@nppgeoprofi.ru

Бондаренко Кирилл Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник Центра оросительной мелиорации, разработки и испытания поливной техники НИИ фундаментальных и прикладных агробиотехнологий, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kirill-bondarenko-1995@mail.ru

Author's Information

Khodyakov Evgeny Alekseevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Land Reclamation and Integrated Use of Water Resources, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, ave. Universitetskii, 26), e-mail: E419829@yandex.ru

Kuznetsov Yury Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Zemleustroystvo, cadaster and ecology, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, ave. Universitetskii, 26), e-mail: 13yvkuznecov_emf@volgau.com

Kusaiko Andrey Sergeevich, applicant, Director of LLC «NPP GeoProfi» (Russian Federation, 400001, Volgograd, Kanynnikova str., 6/1), e-mail: a.s.kusaiko@nppgeoprofi.ru

Bondarenko Kirill Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher at the Center for irrigation melioration, development and testing of irrigation equipment at the Research Institute of Fundamental and Applied Agrobiotechnologies Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, ave. Universitetskii, 26), e-mail: kirill-bondarenko-1995@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-12

ECOLOGICAL VARIETY TESTING OF NEW POTATO HYBRIDS IN THE CONDITIONS OF THE MOUNTAINOUS ZONE OF THE KBR

Abazov A. H., Abidova G. H., Sarbasheva A. I., Bugov R. R., Khuranov M. M.

*The Institute of Agriculture is a branch of the Federal State Budgetary Educational Institution FNC
Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Nalchik, the Republic of Kabardino-Balkaria, Russian Federation*

Corresponding author of the E-mail: sarbashasi59@mail.ru

Received 20.05.2024

Submitted 17.10.2024

The research was carried out as part of the implementation of the State task for 2022-2024 No. R&D: 122041300012-2 "To identify new potato genotypes with high productivity and quality of tubers, resistance to bio- and abiofactors of the environment and produce potato seed material, improved on the basis of in vitro"

Abstract

Introduction. Under the conditions of sanctions and import substitution, domestic breeders faced the task of creating competitive crop products, including potatoes. In this regard, the production and introduction into production of potato varieties with high yields, excellent taste qualities, resistant to pathogens, pests and adverse environmental conditions has become especially relevant. **The research material** was new potato hybrids purchased from the A. G. Lorch Federal State Budgetary Educational Institution of Potato Research Center in accordance with the agreement on scientific and technical cooperation. The research was carried out on the experimental fields of the potato breeding and seed production laboratory, which are located in the mountainous zone of the Kabardino-Balkarian Republic at an altitude of 900-1100 m above sea level (Belokamenskoye village, Zolsky district). The experiments were laid down in accordance with the methodological guidelines. **The purpose of these studies** is to obtain new competitive potato varieties with good economically useful characteristics, excellent taste qualities, resistant to diseases and pathogens. **Results and conclusions.** As a result of such joint work, a new potato variety Zamir was created, which successfully passed all stages of the breeding process at the institute. In 2022, the variety was transferred to State Export sites in various regions of the Russian Federation. In 2024, the Zamir variety was entered into the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation and approved for use in the North Caucasus region. A variety of table and universal purpose, with good taste qualities. The average weight of the tuber is 85.5-108.4 g. The starch content is on average 13.1-14.9%; the tasting score (in points) is 9. The potential yield is 26.3-49.5 t/ha. The variety tolerates heat and drought well, and is resistant to environmental stressors. Resistant to golden potato cyst-forming nematode (*Globodera rostochiensis* Wollenweber), potato cancer (*Sinchiytrium endobioticum* Shilb), ring rot (*Corynebacterium sepe-donicum* Speck et Kolli), blackleg (*Pectobacterium phytophthorum*). Stable yields, high marketability, recyclability, resistance to viruses are the qualities that characterize the new Zamir variety for widespread use in production.

Keywords: potatoes, ecological variety testing, potato hybrids, potato varieties, potato yield, quality of potato tubers.

Citation. Abazov A. H., Abidova G. H., Sarbasheva A. I., Bugov R. R., Khuranov M. M. Ecological variety testing of new potato hybrids in the conditions of the mountainous zone of the KBR. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 123-132 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-12.

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 that there is no conflict of interest.

УДК 635.21

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОРТОИСПЫТАНИЕ НОВЫХ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ
В УСЛОВИЯХ ГОРНОЙ ЗОНЫ КБР****Абазов А. Х.**, кандидат сельскохозяйственных наук**Абидова Г. Х.**, младший научный сотрудник**Сарбашева А. И.**, старший научный сотрудник**Бугов Р. Р.**, младший научный сотрудник**Хуранов М. М.**, младший научный сотрудник*Институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ ФНЦ «Кабардино-Балкарский научный центр РАН»
г. Нальчик, Республика Кабардино-Балкария, Российская Федерация***Исследования проведены в рамках выполнения Государственного задания на 2022-2024 годы
№ НИОКТР: 122041300012-2 «Выделить новые генотипы картофеля с высокой
продуктивностью и качеством клубней, устойчивостью к био- и абиотическим факторам среды
и произвести семенной материал картофеля, оздоровленный на основе *in vitro*»**

Актуальность. В условиях санкций и импортозамещения перед отечественными селекционерами встала задача создания конкурентоспособных продуктов растениеводства, в том числе картофеля, в связи с чем, получение и внедрение в производство сортов картофеля с высоким урожаем, отличными вкусовыми качествами, устойчивых к патогенам, вредителям и неблагоприятным условиям среды стало особенно актуальным. **Материалом исследований** являлись новые гибриды картофеля, приобретаемые из ФГБНУ ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха в соответствии с договором о научно-техническом сотрудничестве. Исследования проводились на опытных полях лаборатории селекции и семеноводства картофеля, которые находятся в горной зоне Кабардино-Балкарской Республики на высоте 900-1100 м над уровнем моря (с.п. Белокаменское, Зольский район). Опыты были заложены в соответствии с методическими указаниями. **Целью данных исследований** является получение новых конкурентоспособных сортов картофеля, с хорошими хозяйственно-полезными признаками, отличными вкусовыми качествами, устойчивых к болезням и патогенам. **Результаты и выводы.** В результате такой совместной работы был создан новый сорт картофеля Замир, который успешно прошел все этапы селекционного процесса в институте. В 2022 г. сорт был передан на Госсортоучастки в различные регионы Российской Федерации. В 2024 году сорт Замир был внесен в Государственный реестр селекционных достижений РФ и допущен к использованию по Северо-Кавказскому региону. Сорт столового и универсального назначения, с хорошими вкусовыми качествами. Средняя масса клубня 85,5-108,4 г. Содержание крахмала в среднем 13,1-14,9%; дегустационная оценка (в баллах) – 9. Потенциальная урожайность 26,3-49,5 т/га. Сорт хорошо переносит жару и засуху, устойчив к стрессовым факторам среды. Устойчив к золотистой картофельной цистообразующей нематодe (*Globoderarostochiensis* Wollenweber), раку картофеля (*Sinchiytriumendobioticum* Shilb), к кольцевой гнили (*Corynebacterium sepedonicum* Spieck. et Koll), черной ножке (*Pectobacterium phytophthorum*). Стабильная урожайность, высокая товарность, пригодность к переработке, устойчивость к вирусам – качества, характеризующие новый сорт Замир для широкого использования в производстве.

Ключевые слова: картофель, экологическое сортоиспытание, гибриды картофеля, сорта картофеля, урожайность картофеля, качество клубней картофеля.

Цитирование. Абазов А. Х., Абидова Г. Х., Сарбашева А. И., Бугов Р. Р., Хуранов М. М. Экологическое сортоиспытание новых гибридов картофеля в условиях горной зоны КБР. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 123-132. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-12.

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. Селекция картофеля в институте проводится в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве с ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха. В результате совместной работы были созданы сорта картофеля с высокими показателями урожайности, с хорошим товарным видом, с великолепным вкусом, устойчивые ко многим вирусным болезням и патогенам. Полученные сорта картофеля хорошо адаптированы к различным видам почв и климатическим условиям не только в различных регионах страны, но и в Кабардино-Балкарии [1, 2].

Обеспечение растущего населения планеты продуктами питания требует постоянного увеличения производства сельскохозяйственной продукции, в том числе и картофеля. Как показывают многочисленные исследования, картофель, наряду с кукурузой, рисом и пшеницей – одна из наиболее распространенных продовольственных культур на земном шаре. Ценность данной культуры заключается в доступности по цене, пригодности к длительному хранению и высокой урожайности [3, 4].

Ценность картофеля, как продукта питания, в сфере современных учений была определена содержанием в клубнях большого количества крахмала, белка, витаминов, минеральных веществ и др.

Картофель – ценная кормовая культура. Отличное сырье для промышленности: получение крахмала, спирта. В земледелии картофель играет большую роль как предшественник многих яровых культур [5].

В условиях современного рынка и в результате возрастающих требований к потребительским и кулинарным качествам клубней отечественных сортов картофеля, устойчивых к био- и абиотическим факторам среды, возникает необходимость создания высокоурожайных конкурентоспособных сортов картофеля столового назначения [6, 7].

В Государственном реестре РФ находятся сорта картофеля: Горянка, Зольский, Нальчикский, Мусинский, Терский, Сосруко, Замир, которые были выведены совместно с учеными-селекционерами ИСХ КБНЦ РАН и ФИЦ картофеля. В 2024 г. в Государственный реестр был внесён новый среднеранний сорт картофеля Замир (№ 2652-15) [8, 9, 10].

Материалы и методы. Изучались новые гибриды картофеля, приобретенные в соответствии с договором о научно-техническом сотрудничестве [11, 12, 13].

Исследования проводились на экспериментальных участках, которые находятся на высоте 900-1100 м над уровнем моря Кабардино-Балкарской Республики (с.п. Белокаменское, Зольский район). Опыты были заложены в соответствии с методиками [14, 15].

Гибриды высаживались 4-х рядковыми деланками по 20 клубней в рядке, массой 40-80 г. проходы между деланками 2 м для механизированной уборки.

Результаты и обсуждение. В питомнике конкурсного сортоиспытания (таблица 1) среди генотипов ранней группы спелости были выделены: № 2519-145 с урожайностью 55,2 т/га, превышением над стандартом (сорт Удача) 14,3 т/га, устойчивостью к фитопатогенам 7, 9, 5 баллов соответственно; № 15.23-9 с урожайностью 63,8 т/га, превышением над стандартом (сорт Удача – 40,9 т/га) 22,9 т/га, средней массой клубней 84,2, устойчивостью к патогенам – вирусным, фитофторозу, макроспориозу 5, 9, 9 баллов, соответственно.

В среднеранней группе спелости выделены следующие генотипы картофеля: № 2652-15, с урожайностью 49,5 т/га, превысившие стандарт (сорт Невский – 42,5 т/га) на 7,8 т/га; № 2643-7 с урожайностью 64,2 т/га (с превышением контроля на 21,7 т/га), а также, устойчивостью к патогенам – 7, 9, 7 баллов; № 2591-7 с урожайностью 66,2 т/га, прибавка к контролю составила 23,7 т/га.

Выделенный гибрид № 13.4-26 из среднеранней группы популяции картофеля превышал стандарт Нарт 1 по урожайности на 9,4 т/га (51,9 т/га) и крахмалистостью – 15%.

Таблица 1 – Структура урожая лучших гибридов конкурсного испытания, 2019 г.

Table 1 – Crop structure of the best hybrids of the competitive test, 2019

№ п/п	Селекционный номер / Selection number	Происхождение / Origin	Содержание крахмала % / Starch content %	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Выход товарных клубней, % / Yield of marketable tubers, %	Средняя масса клубня, г / Average tuber weight, g	Устойчивость к болезням, баллов / Disease resistance, points		
							Вирусные / Viral	Фитофтороз / late blight	Макроспориоз / Macrosporiasis
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ст-т	Удача / Udacha	115,5	40,9	94,0	80,3	7	9	5
2	2519-145	Ресурс х Аусония / Resource x Ausonia	13,2	55,2	90,4	84,1	7	9	5

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	2588-122	Удача х 88.16/20 / Udacha х 88.16/20	17,5	35,1	88,4	88,4	7	9	5
4	13.1-8	-	12,4	41,7	90,2	92,0	7	9	5
5	15.23-9	-	17,5	63,8	82,2	84,2	5	9	9
	HCP _{0,5т/га}	1,5/1,9	1,1	1,7	0,9	0,7	-	-	-
6	Ст-т	Невский / Nevskii	13,4	42,5	94,2	67,5	7	7	5
7	2652-15	Малиновка х 93.20-12 / Malinovka х 93.20-12	16,8	49,5	96,7	108	7	7	5
8	2643-7	Слава Брянщины х 92.4-75 / Slava Breanchini х 92.4-75	18,7	64,2	90,4	98,6	7	9	7
9	2591-7	Ли́ра х Аусония / Lyra х Ausonia	18,5	66,2	90,1	126	5	9	9
	HCP _{0,5т/га}	1,7/2,0	1,3	0,9	1,1	2,6	-	-	-
10	Ст-т	Нарт-1 / Nart-1	15,9	42,5	94,2	67,5	9	7	7
11	2650-9	Юбилей Жукова х Зарево / Jubilee of Zhukov х Zarevo	14,0	37,2	93,4	75,9	5	7	5
12	13.4-5	-	15,6	37,2	87,9	84,2	5	9	5
13	13.4-26	-	15,0	51,9	89,7	97,4	7	9	7
14	2103-11	78.37/78 х 946-3	19,5	42,1	89,3	80,0	7	7	7
	HCP _{0,5т/га}	-	2,5	1,4	2,9	1,8	-	-	-
15	Ст-т	Нальчикский / Naltschikskii	20,7	40,9	96,0	89,7	7	9	7
16	2513-54	Ли́ра х Аусония / Lyra х Ausonia	16,5	40,5	91,9	114	5	7	7
17	15.22-27	-	18,3	59,7	94,2	109	5	7	5
18	2688-17	Удача х 88.34/14 / Udacha х 88.34/14	11,9	50,7	92,7	129	5	7	5
	HCP _{0,5т/га}	-	16,8	2,8	93,4	106	-	-	-

Среди генотипов картофеля среднепоздней группы спелости стандартный сорт Нальчикский (40,9 т/га) по урожайности преуспели: № 2688-17 (50,7 т/га) и № 15.22-27 (59,7 т/га) на 9,8 и 18,8 т/га, с хорошим выходом товарных клубней – 92,7 и 94,2% и средней массой клубня 129 и 109 г, соответственно. Крахмалистость у этих генотипов составила 11,9 и 18,3%, соответственно, устойчивость к болезням невысокая – 5, 7, 5 баллов (таблица 1).

В 2020 г. была продолжена работа по изучению выделившихся генотипов картофеля (таблица 2).

Таблица 2 – Структура урожая гибридов участка размножения, 2020 г.

Table 2 – Crop structure of hybrids of the breeding area, 2020

№ п/п	Селекционный номер / Selection number	Происхождение / Origin	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Выход товарных клубней, % / Yield of marketable tubers, %	Средняя масса клубня, г / Average weight of 1 tuber, g	Содержание крахмала, % / Starch content, %	Содержание сухих веществ, % / Dry matter content, %	Устойчивость к болезням, балл / Disease resistance, score		
								Вирусные / Viral	Фитофтороз / late blight	Макроспориоз / Macrosporiosis
1.	Ст-т	Удача / Udacha	11,1	63,6	63,0	14,0	19,7	5	7	7
2.	1755-55	Сантана х Гала / Santana x Gala	15,1	85,5	64,4	14,3	20,1	7	7	5
3.	2588-122	Удача х 88.16/20 / Udacha x 88.16/20	12,8	77,5	70,7	19,4	25,1	7	7	9
	НСП 0,5 т/га		2,1	2,1	1,9	0,7	0,5	-	-	-
4.	Ст-т	Невский / Nevskii	14,1	68,4	63,2	16,8	22,5	5	5	9
5.	4704-5(15)		20,6	82,6	90,3	13,5	19,3	5	7	7
6.	1871-2	Красавица х Тирас / Krasavitsa x Tiras	15,2	84,8	77,4	17,7	23,4	5	9	7
7.	2652-15	Малиновка х 93.20-12 / Malinovka x 93.20-12	29,3	82,3	71,1	15,7	21,5	7	5	5
8.	2520-152	Удача х 88.16/20 / Udacha x 88.16/20	30,4	81,4	87,4	17,2	22,9	7	7	9
	НСП 0,5 т/га		2,8	1,8	2,3	0,8	0,7	-	-	-
9.	1869-1	Табор х Тирас / Tabor x Tiras	12,4	74,4	50,7	13,3	19,0	7	9	7
10.	2591-1	Ли́ра х Аусония / Lyra x Ausonia	14,8	67,2	59,9	21,0	26,8	7	7	5
	НСП 0,5 т/га		3,7	2,1	2,4	0,9	2,3	-	-	-

Климатические условия в 2020 году характеризовались отсутствием влаги и высокими температурами, при этом отмечался процент выхода товарных клубней выше значений стандартных сортов.

По содержанию сухих веществ, крахмалистости, массе одного клубня картофеля были выделены сортообразцы: 4704-5, 2520-152, 2652-15, 2588-122, 2520-152, 2591-1.

По результативности выделившихся генотипов в 2021 году научно-исследовательская работа была продолжена. Данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Структура урожая гибридов питомника размножения, 2021 г.
Table 3 – Crop structure of breeding nursery hybrids, 2021

№ п/п	Селекционный номер / Selection number	Происхождение / Origin	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Выход товарных клубней, % / Yield of marketable tubers, %	Средняя масса 1 клубня, г / Average weight of 1 tuber, g	Содержание крахмала, % / Starch content, %	Содержание сухих веществ, % / Dry matter content, %	Устойчивость к болезням, балл / Disease resistance, score		
								Вирусные / Viral	Фитофтороз / late blight	Макроспориоз / Macrosporiosis
1	Ст.	Удача / Udacha	26,9	75,2	86,6	15,5	21,3	5	7	5
2	1755-55	Сантана х Гала / Santana x Gala	29,6	82,0	75,7	14,5	20,3	7	7	5
3	2588-122	Удача х 88.16/20 / Udacha x 88.16/20	29,9	84,2	91,9	19,2	24,9	7	7	9
	НСР ₀₅		3,56	13,7	15, 1	0,90	0,96			
4	Ст.	Нарт 1 / Nart-1	25,4	83,8	80,9	15,9	21,6	5	5	9
5	4704-15	-	32,0	94,8	90,0	13,5	19,3	5	7	7
6	1871-2	Красавица х Тирас / Krasavitsa x Tiras	28,7	89,8	87,5	17,4	23,1	5	9	7
7	2652-15	Малиновка х 93.20-12 / Malinovka x 93.20-12	32,3	88,6	86,1	15,4	21,3	7	7	5
	НСР ₀₅		4,31	7,81	17,6	1,05	1,02			
8	Ст.	Дезире / Desiree	24,6	83,4	68,3	13,1	18,8	7	9	5
9	2520-152	Удача х 88.16/20 / Udacha x 88.16/20	32,6	88,9	85,2	17,1	22,8	7	7	9
10	12.1-7	-	29,0	89,2	94,4	16,7	22,4	7	8	5
	НСР ₀₅		5,38	10,28	21,3	2,40	2,34			
11	Ст.	Нальчикский / Nalchikskii	28,1	79,3	85,0	19,8	25,5	7	9	7
12	15.23-9	-	27,3	91,2	80,5	15,9	21,6	5	9	7
13	2721-172	97.4-4 х Кондор / 97.4-4 x Condor	37,2	91,3	92,5	14,5	20,2	5	7	5
	НСР ₀₅		4,78	6,99	13,7	1,34	1,36			

В среднепоздней группе спелости был выделен гибрид 2721-172 (97.4-4 х Кондор), который по урожайности и основным качествам превысил стандарт – сорт Нальчикский.

По результатам оценки столовых качеств были выделены следующие генотипы, данные которых представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты оценки столовых качеств и кулинарного типа лучших гибридов картофеля в селекционном питомнике, в среднем за 2019-2021 гг.

Table 4 – Results of the assessment of the table qualities and culinary type of the best potato hybrids in the breeding nursery, on average for 2019-2021

№ п/п	Селекционный номер / Selection number	Происхождение / Origin	Целость кожуры / Integrity of the peel	Плотность мякоти / Flesh density	Рассыпчатость, мучнистость / Crumbli-ness, flouriness	Водяни-стость / Wateri-ness	Потемне-ние мякоти после пригото-вления / Darkening of the pulp after cook-ing	Запах / Smell	Вкус / Taste	Кулинар-ный Тип / Culinary type
1	2520-152	Удача х 88.16/20 / Udacha x 88.16/20	7	5	5	7	9	7	7	БС
2	2652-15	Малиновка х 93.20-12 / Malinovka x 93.20-12	7	7	7	7	7	7	7	С
3	2588-122	Удача х 88.16/20 / Udacha x 88.16/20	7	5	7	7	7	9	7	С
4	2721-172	97.4-4 х Кондор / 97.4-4 x Condor	3	7	1	3	9	7	5	А
5	15.23-9	-	3	7	3	5	7	7	7	Б
6	428	-	3	7	3	3	7	5	5	Б
7	419	-	7	7	7	9	9	9	9	С
8	1755-55	Сантана х Гала / Santana x Gala	3	7	3	5	9	7	7	АБ
9	1871-2	Красавица х Тирас / Krasavitsa x Tiras	5	5	5	5	9	7	9	БС
10	4704-15	-	3	5	3	3	7	7	7	А

По вкусовым качествам были выделены следующие генотипы картофеля: 4704-15, 2721-172, 428, 15.23-9, 2520-152, 1871-2, 419, 2588-122, 2652-15, которые можно отнести к салатному, универсальному и мучнистому типам.

В исследуемые годы (2019-2021 гг.) отобрано 6 лучших гибридов, которые превысили стандартные сорта картофеля по хозяйственно-полезным признакам: 2588-122, 4704-15, 2520-15, 2721-172 и 2520-152, которые будут использованы в дальнейшей работе.

Гибрид картофеля под селекционным номером № 2652-15 (далее сорт Замир) по результатам проведенных исследований был передан на ГСИ, а с текущего года он включён в Госреестр селекционных достижений.



Сорт картофеля Замир. Среднеранний сорт столового назначения, адаптирован к различным почвенно-климатическим условиям. Урожайность – 26,3-49,5 т/га, масса 1 клубня – 8,5-108,4 г, крахмалистость – 13,1-14,9%, класс в кулинарии – тип С, клубни среднемучнистые, неплохо развариваются. Пригодны для приготовления пюре, запеканок, начинок для выпечки. Цвет мякоти – белый, цвет кожуры – белый. Устойчив к золотистой цистообразующей картофельной нематодой, раку картофеля, кольцевой гнили, парше обыкновенной, вирусу PVV, черной ножке, ризоктониозу, фитофторозу, альтернариозу, морщинистой и полосчатой мозаике.

Зона возделывания: Северо-Кавказский регион РФ.

Заключение. Проведённые исследования в течение продолжительного времени свидетельствуют о стабильности и устойчивости положительных признаков отобранных гибридов.

Conclusions. Studies conducted over a long period of time indicate the stability and stability of the positive traits of the selected hybrids.

Библиографический список

1. Абазов А. Х., Басиев С. С., Газдаров М. Д., Сарбашева А. И. Селекция картофеля по хозяйственно-ценным признакам для условий Северо-Кавказского региона. Известия Нижневолжского АУК. 2023. № 4 (72). С. 81-93.
2. Абазов А. Х., Абидов Х. К., Абидова Г. Х., Гажева Р. А. Создание сортов картофеля ранних групп спелости в условиях Юга России. Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2020. № 6 (98). С. 97-102.
3. Симаков Е. А., Анисимов Б. В., Жевора С. В., Митюшкин А. В. и др. Актуальные направления развития селекции и семеноводства картофеля в России. Картофель и овощи. № 12. 2020. С. 22-26.
4. Анисимов Б. В., Еланский С. Н., Зейрук В. Н., Кузнецова М. А. и др. Сорта картофеля, возделываемые в России. Справочное издание. М.: Агрспас, 2013. 144 с.
5. Костина Л. И., Косарева О. С. Коллекция селекционных сортов картофеля для селекции на продуктивность, скороспелость, устойчивость к фитофторозу, вирусным болезням и *Globodera rostochiensis* Woll. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. № 179 (4). С. 74-81.
6. Ильясова А. Б., Кудасова Д. Е., Шингисбаева Ж. А., Туралиева М. А. Исследование наиболее распространенных вредителей и болезни картофеля. Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. 2020. № 3 (91). С. 237-245.
7. Трускинов Э. В., Ситников М. Н. Особенности изучения и поддержания коллекции картофеля на фоне вирусных и вирусоподобных заболеваний. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180 (4). С. 75-80.
8. Анисимов Б. В. и др. Сорта картофеля, возделываемые в России. Справочное издание. М.: Агрспас, 2013. 144 с.
9. Абазов А. Х., Сарбашева А. И., Батырова О. А., Лихова З. Х. Результаты селекционно-семеноводческой работы по картофелю в Институте сельского хозяйства КБНЦ РАН. Передовое развитие современной науки: опыт, проблемы, прогнозы: сборник статей международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2022. С. 47-55.
10. Государственный реестр охраняемых селекционных достижений: официальное издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. № 6 (266). 488 с.
11. Симаков Е. А., Анисимов Б. В., Шабанов А. Э. Методические положения по проведению оценки гибридов картофеля. Москва, 2013. 15 с.

12. Методика оценки сортов на отличимость, однородность и стабильность на основе методики UPOV. Официальный бюллетень Госкомиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений РФ. 2002. № 6. 27 с.

13. Банадысев С. А., Старовойтов А. М., Колядко И. И., Маханько В. Л., и др. Методические рекомендации по специальной оценке сортов картофеля. Минск, 2003. 76 с.

14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.

15. Симаков Е. А., Склярова Н. П., Яшина И. П. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. Москва: ВНИИХ, 2006. 72 с.

References

1. Abazov A. Kh., Basiev S. S., Gazdarov M. D., Sarbasheva A. I. Potato Selection for Economically Valuable Traits for the Conditions of the North Caucasus Region. Proceedings of Nizhnevolzhsk AUK. 2023. № 4 (72). Pp. 81-93.

2. Abazov A. Kh., Abidov Kh. K., Abidova G. Kh., Gazheva R. A. Creation of potato varieties of early ripeness groups in the conditions of the South of Russia. Proceedings of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2020. № 6 (98). Pp. 97-102.

3. Simakov E. A., Anisimov B. V., Zhevora S. V., Mityushkin A. V., et al. Actual directions of development of potato breeding and seed production in Russia. Potatoes and vegetables. № 12. 2020. Pp. 22-26.

4. Anisimov B. V., Elansky S. N., Zeiruk V. N., Kuznetsova M. A., et al. Potato varieties cultivated in Russia. Reference edition. Moscow, Agropas Publ., 2013. 144 p.

5. Kostina L. I., Kosareva O. S. Collection of Selected Potato Varieties for Breeding for Productivity, Precociousness, Resistance to Late Blight, Viral Diseases and Globodera rostochiensis Woll. Works on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2018. № 179 (4). Pp. 74-81.

6. Ilyasova A. B., Kudasova D. E., Shingisbaeva Zh. A., Turalieva M. A. The study of the most common pests and potato diseases. Shakarim University Bulletin. Series of Technical Sciences. 2020. № 3 (91). Pp. 237-245.

7. Truskinov E. V., Sitnikov M. N. Features of Studying and Maintaining the Potato Collection on the Background of Viral and Virus-Like Diseases. Works on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2019. № 180 (4). Pp. 75-80.

8. Anisimov B. V. et al. Potato varieties cultivated in Russia. Reference edition. Moscow, Agropas Publ., 2013. 144 p.

9. Abazov A. Kh., Sarbasheva A. I., Batyrova O. A., Likhova Z. Kh. Results of Selection and Seed Work on Potatoes at the Institute of Agriculture of the KBNTS RAS. Advanced Development of Modern Science: Experience, Problems, Forecasts: Collection of Articles of the International Scientific and Practical Conference. Petrozavodsk, 2022. Pp. 47-55.

10. State Register of Protected Selection Achievements: Official Edition. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2021. № 6 (266). 488 p.

11. Simakov E. A., Anisimov B. V., Shabanov A. E. Methodological provisions for assessing potato hybrids. Moscow, 2013. 15 p.

12. A method for evaluating varieties for distinctiveness, uniformity and stability based on the UPOV methodology. Official Bulletin of the State Commission of the Russian Federation for Testing and Protection of Breeding Achievements of the Russian Federation. 2002. № 6. 27 p.

13. Banadysev S. A., Starovoytov A. M., Kolyadko I. I., Makhanko V. L., et al. Guidelines for Special Assessment of Potato Varieties. Minsk, 2003. 76 p.

14. Dospikhov B. A. Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Moscow, Agropromizdat Publ., 1985. 352 p.

15. Simakov E. A., Sklyarova N. P., Yashina I. P. Guidelines for the technology of the potato breeding process. Moscow, VNIKH Publ., 2006. 72 p.

Информация об авторах

Абазов Аниуар Хамидович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ ФНЦ «Кабардино-Балкарский научный центр РАН» (Российская Федерация, 360002, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, Долинск, ул. Балкарова, д. 2), ORCID: 0000-0002-7389-9833, e-mail: ishkbnrcan@yandex.ru

Абидова Галимат Хабаловна, младший научный сотрудник, заведующий лабораторией селекции и семеноводства картофеля, Институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ ФНЦ «Кабардино-Балкарский научный центр РАН» (Российская Федерация, 360002, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, Долинск, ул. Балкарова, д. 2), ORCID: 0000-0001-5167-5911, e-mail: oxana.abidova@yandex.ru

Сарбашева Асият Идрисовна, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией химических анализов и биологических исследований, Институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ ФНЦ «Кабардино-Балкарский научный центр РАН» (Российская Федерация, 360002, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, Долинск, ул. Балкарова, д. 2), ORCID: 0000-0003-4708-1293, e-mail: sarbashasi59@mail.ru

Бугов Резуан Рамазанович, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства картофеля, Институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ ФНЦ «Кабардино-Балкарский научный центр РАН» (Российская Федерация, 360002, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, Долинск, ул. Балкарова, д. 2), ORCID: 0000-0003-3506-3143, e-mail: rezuanbugov@yandex.ru

Хуранов Мухамед Муаедович, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства картофеля, Институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ ФНЦ «Кабардино-Балкарский научный центр РАН» (Российская Федерация, 360002, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, Долинск, ул. Балкарова, д. 2), ORCID: 0000-0003-0527-419, e-mail: huranovmuhamed86@yandex.ru

Author's Information

Abazov Aniuar Khamidovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Institute of Agriculture – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 360002, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Dolinsk, Balkarov Street, 2), ORCID: 0000-0002-7389-9833, e-mail: ishkbnrcan@yandex.ru

Abidova Galimat Khabalovna, Junior Researcher, Head of the Laboratory of Potato Breeding and Seed Production, Institute of Agriculture – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 360002, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Dolinsk, Balkarov Street, 2), ORCID: 0000-0001-5167-5911, e-mail: oxana.abidova@yandex.ru

Sarbasheva Asiyat Sarbasheva, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Chemical Analysis and Biological Research, Institute of Agriculture – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 360002, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Dolinsk, Balkarov Street, 2), ORCID: 0000-0003-4708-1293, e-mail: sarbashasi59@mail.ru

Bugov Rezuan Ramazanovich, Junior Researcher of the Potato Breeding and Seed Production Laboratory, Institute of Agriculture – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 360002, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Dolinsk, Balkarov Street, 2), ORCID: 0000-0003-3506-3143, e-mail: rezuanbugov@yandex.ru

Khuranov Mukhamed Muayedovich, Junior Researcher of the Laboratory of Potato Breeding and Seed Production, Institute of Agriculture – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 360002, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Dolinsk, Balkarov Street, 2), ORCID: 0000-0003-0527-419, e-mail: huranovmuhamed86@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-13

PHENOTYPIC VARIABILITY OF SOME MORPHOBIOLOGICAL TRAITS OF GOLDEN CURRANT (*RIBES AUREUM* PURSH) IN THE CONDITIONS OF THE ORENBURG REGION

Aminova E. V., Merezhko O. E., Fomin S. D., Voronov S. I.

*Orenburg Experimental Station of Horticulture and Viticulture is a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Breeding and Technological Center of Horticulture and Nursery Breeding"
Orenburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: aminowa.eugenia2015@yandex.ru

Received 04.10.2024

Submitted 09.12.2024

The research was carried out within the framework of the implementation of the state task of the Federal State Budgetary Educational Institution of Horticulture FGUW-2021-0001 "Genetic and biotechnological approaches to the management of the breeding process, improvement of existing breeding methods for the construction of new genetic modifications of fruit, berry, vegetable and field crops that meet modern requirements of agricultural production"

Summary

In the Orenburg region, the production of fruit and berry crops is carried out in extreme climatic conditions.

Abstract

Introduction. One of the ways to increase the production of golden currant is to create large-fruited varieties and expand the area for this crop. The article presents the morphological and biological characteristics of the samples of golden currant. **Object.** In the conditions of the Orenburg region in 2020-2024, 13 forms of the golden homeland were studied. **Materials and methods.** Morphological and biological characteristics were determined according to generally accepted methods "Program and methodology of selection of fruit, berry and nut crops" (1995), "Program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut crops, 1999", "Methodological aspects of selection of golden currant on the basis of "weight" and "berry size"". **Results and discussion.** As a result of the conducted research, it was established that the duration of the growing season in golden currant plants varied according to the samples over the years of research from 186 to 197 days with an average value of 190 days. It was found that in samples No. 1-2 and No. 1-6, the "beginning of flowering" phase occurred from April 29 to May 2, and later the "beginning of flowering" (May 6-9) in the studied forms No. 1-5 and No. 1-1. Consequently, in the Orenburg region, depending on the shapes and weather conditions, the flowering of the bush was stretched for 19-24 days. According to the results of the research, the forms are highlighted (№ 2-2, № 2-6, № 1-6, № 1-1, № 1-2 and No. 1-3) which form the largest number of flowers in an inflorescence on average $6.8 \pm 0.3 \dots 7.7 \pm 0.3$ pcs. The fruit setability of the golden currant forms ranged on average from 66.1 to 75.3%, while the largest percentage of full-fledged ovaries appeared in the samples: № 1-6 (76.9%), № 1-2 (75.3%) and No. 1-3 (72.9%). When evaluating morphological features, it was found that in all the studied forms the leaf blade was wider than its length, while in 70% of the samples the leaf shape was five-lobed and the angle of the base of the plate with a petiole was straight, and in 30% the leaf shape was three-lobed with an obtuse angle of the base. **Conclusion.** Thus, the 2 genotypes (No. 1-2 and No. 1-6) with the earliest flowering and berry setting, the maximum fruit weight and productivity per bush (5.1-5.7 kg), as well as the minimum number of seeds in fruits are of the greatest interest.

Keywords: golden currant, currant flowering, leaf blade, garden crops, cultivation of golden currant.

Citation. Aminova E. V., Merezhko O. E., Fomin S. D., Voronov S. I. Phenotypic variability of some morphobiological traits of golden currant (*Ribes aureum* Pursh) in the conditions of the Orenburg region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 132-141 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-13.

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

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

УДК 634.724

ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ НЕКОТОРЫХ МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СМОРОДИНЫ ЗОЛОТИСТОЙ (*RIBES AUREUM* PURSH) В УСЛОВИЯХ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Аминова Е. В., кандидат сельскохозяйственных наук

Мережко О. Е., кандидат биологических наук

Фомин С. Д., доктор технических наук, профессор

Воронов С. И., доктор биологических наук, член-корреспондент РАН

Оренбургская опытная станция садоводства и виноградарства –

филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения

«Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства»

г. Оренбург, Российская Федерация

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания ФГБНУ ФНЦ Садоводства FGUW-2021-0001 «Генетические и биотехнологические подходы управления селекционным процессом, совершенствование существующих методов селекции для конструирования новых генетических модификаций плодовых, ягодных, овощных и полевых культур, отвечающих современным требованиям сельскохозяйственного производства»

Актуальность. Одним из путей повышения производства смородины золотистой является создание крупноплодных сортов и расширение площадей под эту культуру. В статье представлены морфологические и биологические характеристики образцов смородины золотистой. **Объект.** В условиях Оренбургской области в 2020-2024 гг. было проведено изучение 13 форм смородины золотистой. **Материалы и методы.** Морфологические и биологические характеристики определяли по общепринятым методикам «Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (1995), «Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур, 1999», «Методические аспекты селекции смородины золотистой по признакам "масса" и "размер ягоды"». **Результаты и обсуждение.** В результате проведенных исследований установлено, что продолжительность вегетационного периода у растений смородины золотистой изменялась по образцам за годы исследований от 186 до 197 суток при среднем значении 190 суток. Установлено, что у образцов № 1-2 и № 1-6 фаза «начало цветения» наступала с 29 апреля по 2 мая, а более позднее «начало цветения» (6-9 мая) у изучаемых форм № 1-5 и № 1-1. Следовательно, в Оренбургской области в зависимости от форм и погодных условий цветение куста растягивалось на 19-24 суток. По итогам исследований, выделены формы (№ 2-2, № 2-6, № 1-6, № 1-1, № 1-2 и № 1-3) которые формируют наибольшее количество цветков в соцветии в среднем $6,8 \pm 0,3 \dots 7,7 \pm 0,3$ шт. Завязываемость плодов у форм смородины золотистой варьировала в среднем от 66,1 до 75,3%, при этом наибольший процент полноценных завязей проявился у образцов: № 1-6 (76,9%), № 1-2 (75,3%) и № 1-3 (72,9%). При оценке морфологических признаков было установлено, что у всех исследуемых форм листовая пластинка по ширине была больше, чем ее длина, при этом у 70% образцов форма листа пятилопастная и угол основания пластинки с черешком прямой, а у 30% форма листа трехлопастная с тупым углом основания. **Заключение.** Таким образом, наибольший интерес представляют 2 генотипа (№ 1-2 и № 1-6) с наиболее ранними цветением и завязываемостью ягод, максимальной массой плода и продуктивностью с куста (5,1-5,7 кг), а также минимальным количеством семян в плодах.

Ключевые слова: смородина золотистая, цветение смородины, листовая пластинка, садовые культуры, возделывание смородины золотистой.

Цитирование. Аминова Е. В., Мережко О. Е., Фомин С. Д., Воронов С. И. Фенотипическая изменчивость некоторых морфобиологических признаков смородины золотистой (*Ribes aureum* Pursh) в условиях Оренбургской области. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 132-141. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-13.

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. Расширение сортимента садовых культур за счет нетрадиционных в регионах, где возделывание основных промышленных культур сталкивается с затруднениями по причинам пессимума факторов, является важным согласно цели доступности сельскохозяйственной продукции в рамках реализации Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации.

Генетическое разнообразие обеспечивает ценный исходный селекционный материал для акклиматизации к нестабильным биотическим и абиотическим факторам среды [1, 2]. Применение морфологического скрининга сортов различных культур требует значительных материальных затрат, так как признаки зачастую подвергаются действию экологических факторов [3].

За последние десятилетия, с увеличением количества районированных сортов, смородина золотистая является потенциальной культурой для степной зоны Южного Урала и Сибири [4]. В Оренбургской области растения *Ribes aureum* Pursh стали привлекать вследствие экологической пластичности, к почвенно-климатическим условиям, чем у традиционных видов смородины [5] и массовым повреждением имеющихся сортов смородины черной грибами рода *Verticillium* spp., *Fusarium* spp. и *Alternaria* spp. [6,7]. В связи с этим актуально проводить (особую ценность представляют) исследования по изучению уникальных форм, сортов и генотипов растений *Ribes aureum* Pursh.

В научных публикациях указывается, что смородина золотистая принадлежит к рановегетирующим растениям, цветки её обоеполые, золотисто-желтые, в цветковой кисти насчитывается от 5 до 15 цветков [8-13]. Листья трех- или пятилопастные, с тупыми и округлыми лопастями [14-17]. Основная масса сортов и форм смородины золотистой имеет шаровидные плоды темно-фиолетовой или черной окраски (92-95%), реже оранжево-желтой и красной (5-8%), масса одной ягоды в различных климатических регионах колеблется от 0,6 до 2,0 г [18]. В Российской Федерации Скворцовым А. К. и др., (2005) велись исследования по морфологическим параметрам в популяциях *R. aureum*, ресурсная оценка культуры в ЦЧЗ выполнялась – Сорокопудовым В. Н. и Бурменко Ю. В. (2017), в Оренбургской области – Гнусенковой Е. А. (2002), Ивановой Е. А. (2015).

Изменения климатических условий нередко провоцируют увеличение вариабельность аномальных факторов внешней среды в вегетационный период, в связи с чем необходимо оценивать реакцию создаваемых новых сортов на абиотические стрессы окружающей среды.

На сегодняшний день особое предпочтение отдается самоплодным сортам, так как они имеют большую значимость в зонах с критическими погодными условиями в фазу «цветения». Оренбургская область характеризуется резко-континентальным климатом, и в период массового цветения растений смородины золотистой в отдельные годы стоит жаркая, сухая и ветреная погода, а в иные годы наблюдаются продолжительные непрерывные дожди и отрицательные температуры воздуха.

Тихонова О. А. в своей научной публикации указывает: «способность сорта завязывать плоды от опыления своей пылью связывают с особенностями морфологического строения цветка и с физиологическими факторами» [19].

Успех селекционных разработок прежде всего определяется исследованием, отбором и систематизацией генетического материала. Исследователями указывается, что отличия по степени идентификации количественных признаков и модификация характера наследования имеют регулярный характер из-за влияния условий внешней среды, как по годам, так и эколого-климатическим зонам [16-20].

Цель исследований – изучить морфо-биологические признаки форм *Ribes aureum* Pursh, проявляющиеся в климатических условиях Оренбургской области.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на базе Оренбургского филиала ФГБНУ ФНЦ Садоводства в 2020-2024 гг. Объектами исследований являлись 13 отборных форм смородины золотистой. Образцы были отобраны с лесозащитных полос по Оренбургской области (Юго-Восток и Запад области). Схема посадки растений – 3 × 2 м. Контролем служил районированный сорт Ляйсан. Почва на гибридном участке представлена южным чернозёмом.

Морфологические и биологические характеристики определяли по общепринятым методикам «Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (1995) [21], «Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур, 1999» [22]. Морфологическое описание листа проводили согласно методике [8], морфологическую характеристику ягод [9]. Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли по Б. А. Доспехову [23] с применением программы «Excel» («Microsoft Office», США).

Результаты и обсуждение. В условиях Оренбургской области продолжительность вегетационного периода у растений смородины золотистой изменялась по образцам за годы исследований от 186 до 197 суток при среднем значении 190 суток. К раннеспелым отнесено 2 образца (14,3%), среднеспелым – 10 (71,4%) и позднеспелым – 2 (14,3%) образца.

Известно, что интенсивность цветения и завязываемость плодов у ягодников находятся в прямой зависимости от сортовых признаков. В среднем за 5 лет исследований установлено, что у форм № 1-2 и № 1-6 фаза «начало цветения» наступала с 29 апреля по 2 мая, это на 3-е суток раньше, чем у сорта Ляйсан (К) и форм № 1-3, № 1-4, № 1-7, № 2-1, № 2-2, № 2-3, № 2-4, № 2-5, № 2-6, а более позднее «начало цветения» (7-10 мая) наблюдалось у форм смородины золотистой № 1-5 и № 1-1 (таблица 1). В Оренбургской области в зависимости от форм и погодных условий цветение куста растягивалось на 19-24 суток. Наши данные перекликаются с данными других исследователей [8,13,14]. Среди исследуемых образцов наиболее ранняя и интенсивная завязываемость ягод отмечалась у форм № 1-2 и № 1-6 при этом она завершилась 24-26 мая в зависимости от года. Данный показатель у остальных изучаемых форм варьировал от 28 мая до 3 июня.

Таблица 1 – Фенологические данные форм и завязываемость ягод смородины золотистой, 2020-2024 гг.

Table 1 – Phenological data and the binding capacity of berries of golden currant forms, 2020-2024

Форма / Form	Начало цветения / The beginning of flowering	Массовое цветение / Mass flowering	Завязываемость ягод / The binding capacity of berries
Ляйсан (К) / Lyajsan (K)	03.05-05.05	06.05-18.05	28.05-31.05
1-1	06.05-09.05	10.05-23.05	31.05-3.06
1-2	30.04-02.05	04.05-14.05	24.05-26.05
1-3	03.05-05.05	06.05-18.05	28.05-31.05
1-4	03.05-05.05	06.05-19.05	28.05-30.05
1-5	06.05-09.05	10.05-23.05	30.05-3.06
1-6	30.04-02.05	04.05-14.05	24.05-26.05
1-7	03.05-05.05	06.05-18.05	27.05-30.05
2-1	03.05-05.05	06.05-18.05	28.05-30.05
2-2	03.05-05.05	06.05-17.05	27.05-30.05
2-3	03.05-05.05	06.05-18.05	27.05-30.05
2-4	03.05-05.05	06.05-18.05	28.05-30.05
2-5	03.05-05.05	07.05-17.05	27.05-30.05
2-6	03.05-05.05	06.05-18.05	27.05-30.05

Образование плодов и их созревание находится в прямой зависимости от почвенно-климатических факторов среды.

В результате проведенного исследования выявлены формы (№ 2-2, № 2-6, № 1-6, № 1-1, № 1-2 и № 1-3), формирующие наибольшее количество цветков в соцветие в среднем $6,9 \pm 0,4 \dots 7,9 \pm 0,3$ шт. (рисунок 1). Минимальное количество цветков было отмечено у форм № 2-5 ($5,7 \pm 0,2$ шт.) и № 2-4 ($5,8 \pm 0,2$ шт.). Установлены достоверные различия между формами по данному признаку.

В условиях полевого эксперимента завязываемость плодов при свободном опылении варьировала в среднем от 66,1 до 75,3%. Наибольший процент полноценных завязей проявился у форм: № 1-6 (76,9%), № 1-2 (75,3%) и № 1-3 (72,9%). Для образцов № 1-4 и № 1-5 процент полноценных завязей не превышал 66%. Следовательно, чем выше процент завязавшихся ягод, тем выше степень адаптивности, а значит, максимально могут реализовать свой генетический потенциал растения.

По данным исследователей [8, 18] «Фактическая продуктивность для кустарников определяется по количеству завязавшихся плодов в штуках на кисть». В результате проведенных исследований наибольшее количество ягод на кисть отмечалось у форм *R. aureum*: № 1-3, № 1-2 и № 1-6 – $5,4 \pm 0,1$, $5,8 \pm 0,3$, $5,7 \pm 0,3$ шт. соответственно, а наименьшее количество ягод $3,9 \pm 0,1$ шт. (№1-4) (рисунок 1). Общая тенденция этого компонента по формам в разные годы исследований сохраняется, в тоже время в зависимости от условий произрастания наибольшая изменчивость отмечалась у форм № 2-1 и № 2-2.

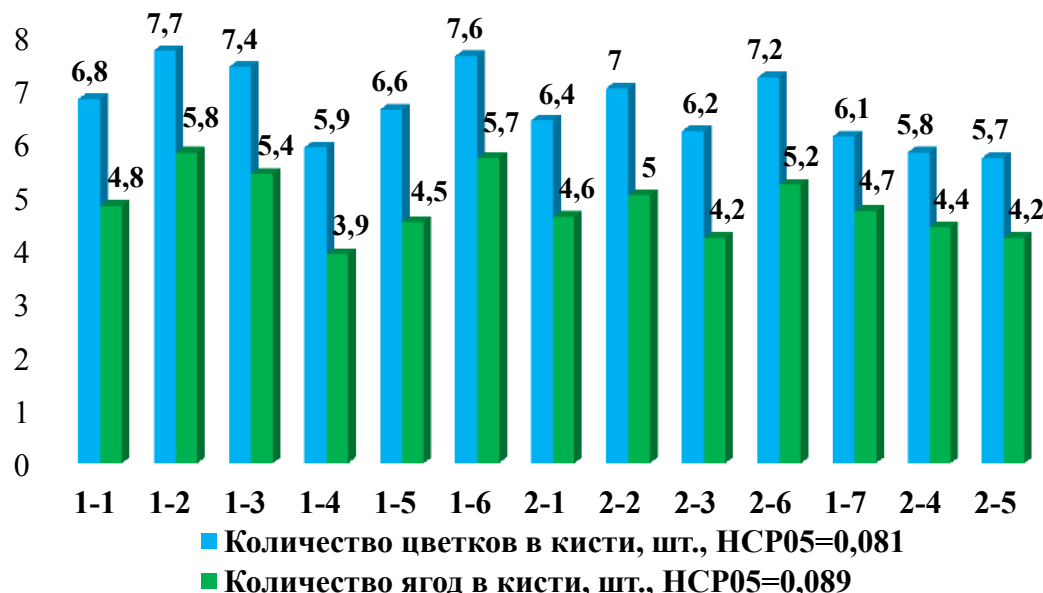


Рисунок 1 – Количество цветков и ягод в кисти у форм смородины золотистой (2020-2024 гг.)
Figure 1 – Number of flowers and berries in the cluster of forms golden currant (2020-2024)

Дисперсионный анализ выявил прямую зависимость между признаками «количество цветков» и «количество ягод» в кисти коэффициент корреляции равен 0,93, а коэффициент корреляции между полноценной завязью и количеством цветков составил 0,451.

Средняя масса плода является критерием, связанным с продуктивностью, что вызывает необходимость оценки генотипов по данному показателю. В таблице 2 представлено распределение исследуемых образцов смородины золотистой по уровню фенотипического проявления количественных признаков. По результатам проведенных исследований образцы были распределены на 4 группы: с мелкими плодами (0,88 г) № 1-4, № 2-4, № 2-5; средними (1,23-1,40 г) 1-7, 2-1; крупными (1,77-1,98 г) № 1-5, № 1-1, № 1-3, № 2-2, очень крупными плодами (2,0-2,23 г) № 2-3, № 1-6, № 2-6, № 1-2. При этом в условиях 2020 г. изменчивость признака составляла от $1,29 \pm 0,08$ г (№ 1-4, № 1-5) до $2,30 \pm 0,09$ г (№ 2-6, № 1-2). В 2021 г. масса плода находилась в пределах: $0,91 \pm 0,10$ г (№1-5, №1-7) – $2,07 \pm 0,07$ г (№ 1-6); 2022 г.: $1,40 \pm 0,13$ г (№ 2-4) – $2,43 \pm 0,06$ г (№ 1-2, № 1-6); 2023 г.: $1,19 \pm 0,14$ г (№ 1-5) – $2,41 \pm 0,04$ г (№ 1-2); 2024 г.: $1,34 \pm 0,13$ г (№ 1-7) до $2,09 \pm 0,06$ г (1-6, 2-6) при среднем популяционном значении 1,93 г, 1,61 г, 2,04 г, 2,00 г, 1,71 г соответственно.

В результате проведенных исследований было выявлено различное количество семян в плодах смородины золотистой (6-41 шт.), максимальное количество семян отмечено у 24% образцов из всех изучаемых форм в 2022 г. – $41 \pm 4,3$ шт., минимальное в 2023 г. у 23% образцов – $7 \pm 1,7$ шт., при среднем значении $24,7 \pm 0,4$ и $17,2 \pm 0,7$ шт. соответственно. Нами было выявлено, что выход семян у исследуемых форм по годам составил 14,40-16,39% от сырой массы ягод.

В соответствии с методикой [9] и с селекционными задачами основными требованиями к сортам смородины золотистой является: урожайность более 5 кг с куста, одновременное созревание, крупноплодность (более 2,2 г). Результаты исследований позволили распределить образцы смородины золотистой по продуктивности с куста на 3 группы: I группа – 5,1-5,7 кг отмечено у форм № 1-2, № 2-6, № 2-2, № 1-3, № 1-6, № 1-1; II группа – 3,6-4,7 кг – № 2-5 и № 2-1; III группа – 3,0-3,3 кг – № 2-4, № 2-3, № 1-4, № 1-5, № 1-7.

Таблица 2 – Морфологические признаки и механический анализ плодов смородины золотистой и ее продуктивность

Table 2 – Morphological characteristics and mechanical analysis of golden currant fruits and its productivity

Параметры / Parameters	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
средняя масса ягоды X ± Sx / the average weight of the berry X ± Sx	1,93±0,09	1,61±0,07	2,04±0,03	2,00±0,05	1,71±0,03
V, %	34,7	26,9	18,1	25,6	21,3
min	1,23	0,91	1,40	1,19	1,31
max	2,30	2,07	2,43	2,41	2,09
число семян в ягоде X ± Sx / the number of seeds in a berry X ± Sx	21,9±0,4	23,1±0,2	24,7±0,4	17,2±0,7	19,0±0,5
V, %	33,1	37,0	28,9	21,7	35,7
min	8	6	11	7	6
max	35	31	41	39	34
удельная масса семян в ягоде X ± Sx / specific weight of seeds in a berry X ± Sx	15,23±0,39	14,40±0,22	16,39±0,19	15,67±0,65	14,90±0,48
V, %	21,6	19,7	29,7	27,2	23,9
продуктивность, кг/куст X ± Sx / productivity, kg/bush X ± Sx	4,5±1,6	3,7±1,3	5,3±1,1	4,9±1,2	2,9±1,8
V, %	19,1	17,3	23,7	26,2	29,1

Таким образом, из 13 изучаемых форм 46,4 % образцов относятся к первой группе и являются перспективными, так как соответствуют предъявленным требованиям в методике и задачам.

К третьей группе относятся менее перспективные образцы (38,3% от общего количества генотипов) с низкой продуктивностью, а значит, со сниженной устойчивостью к абиотическим и биотическим факторам.

Таблица 3 – Морфологическая характеристика плода форм смородины золотистой (в среднем за 2020-2024 гг.)

Table 3 – Morphological characteristics of berries of golden currant forms (average for 2020-2024)

Форма / Form	Параметры плода / Fetal Parameter			
	Ширина, см / Width, cm	Высота, см / Height, cm	Окраска / Color	Вкус, балл / Taste, score
Ляйсан (К) / Lyajsan (K)	1,04±0,04	1,00±0,06	Ж / Y	4,6
1-1	0,97±0,03	1,05±0,04	ч / b	4,3
1-2	1,09±0,04	1,34±0,04	ч / b	4,6
1-3	1,02±0,06	0,95±0,03	ч / b	4,4
1-4	0,91±0,02	0,98±0,02	ч / b	4,0
1-5	0,96±0,10	0,90±0,02	ч / b	4,3
1-6	1,22±0,05	1,13±0,03	ч / b	4,6
1-7	0,83±0,01	0,85±0,07	ж / y	4,3
2-1	1,05±0,03	1,00±0,05	ч / b	4,5
2-2	0,95±0,03	1,06±0,04	ч / b	4,3
2-3	0,78±0,05	0,81±0,03	ж / y	4,4
2-4	0,80±0,02	0,83±0,02	ч / b	4,0
2-5	0,90±0,05	1,10±0,05	ч / b	4,0
2-6	1,08±0,02	1,16±0,02	ч / b	4,6
V, %	15,8	14,3	-	-
HCP ₀₅	0,081	0,089	-	-

Примечание: окраска плода ж – жёлтая, ч – чёрная.

Note: the color of the fruit y – yellow, b is black.

В положениях систематики, аутентификации растений зачастую используют морфологические сведения по листьям, побегам, ягодам и т.д.

По итогам 5-и лет исследований морфометрических параметров плодов были отмечены различия у форм смородины золотистой по высоте от $0,81 \pm 0,03$ до $1,34 \pm 0,04$ см, и ширине от $0,78 \pm 0,05$ до $1,22 \pm 0,05$ см, коэффициент вариации составил 15,8% и 14,3% соответственно (таблица 3). Минимальные размеры ягод отмечались у форм № 2-3 и № 2-4, а наибольший интерес представляют формы № 1-2, № 1-6 и № 2-6.

Анализ данных наблюдений показывает, что у большинства исследуемых форм *R. aureum* (85,7%) плоды блестящие, черной окраски, округлой формой.

Значительный интерес с точки зрения производства и садоводов любителей для консервации проявляют сорта смородины золотистой с приятно-гармоничным вкусом ягод и темно-яркой окраской сока. Высокие вкусовые качества плодов 4,5 балла и выше среди исследуемых образцов было выявлено у сорта Ляйсан (К) и форм № 1-2, № 1-6, № 2-6, № 2-1.

Важное значение в интродукции является внутривидовое разнообразие и изменчивость морфо-биологических признаков растений. Листья отличаются по форме, размеру, жилкованию, окраске и основанию [9].

Оценка результатов морфологических признаков выявила, что у 70% образцов форма листа пятилопастная и угол основания пластинки с черешком прямой, а у 30% форма листа трехлопастная с тупым углом основания. При этом у исследуемых форм смородины золотистой № 1-2 и № 2-6 зубчики края листовой пластинки – средние, а у остальных – тупые (рисунок 2). У сорта Ляйсан (К) форма листа трехлопастная, вырезы глубокие, основания листьев прямые, выемка мелкая.

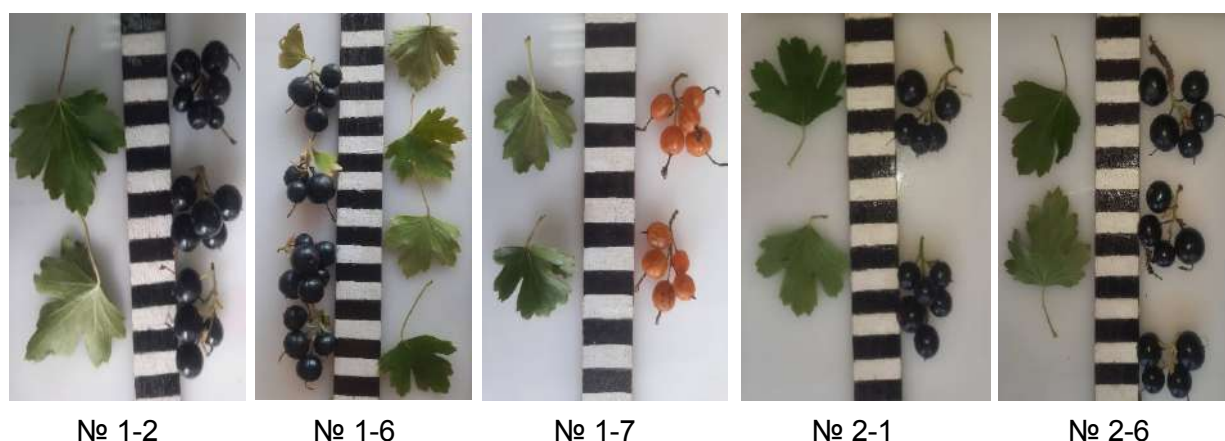


Рисунок 2 – Листья и плоды форм *Ribes aureum* Pursh
Figure 2 – Leaves and fruit forms *Ribes aureum* Pursh

Исследования за 5 лет показали, что у всех наблюдаемых образцов листовая пластинка по ширине превышала ее длины. За длительный период исследований длина листа у образцов варьировала в среднем от 3,6 см (№ 2-4) до 5,4 см (№ 1-2) (таблица 4). У контроля (сорт Ляйсан) длина листовой пластинки составила $4,1 \pm 0,2$ см, а ширина $3,4 \pm 0,2$ см.

Анализируя средние данные по параметрам ширины листа, установили разницу, которая составила от $3,7 \pm 0,3$ (№ 2-2, № 2-4, № 1-5) до $4,6 \pm 0,2$ см (№ 1-2).

У большинства изучаемых образцов (71 %) длина черешка отмечалась в диапазоне $2,7 \pm 0,2$ (№ 1-6) ... $3,6 \pm 0,3$ (№ 2-3) см, а у 4 форм (№ 1-1, № 1-3, № 1-7, № 2-4) длина черешка варьировала от $1,9 \pm 0,3$ до $2,5 \pm 0,2$ см.

Также следует выделить формы с наибольшим приростом однолетнего побега № 1-2, № 1-3, № 1-6, № 2-6 при среднем значении $40,4 \pm 3,6$ см, $39,0 \pm 1,5$ см, $38,0 \pm 1,9$ см соответственно. Данные формы превысили сорт Ляйсан (К) на 3,9-1,5 см. Наиболее коротким междоузлием $1,5 \pm 0,2$ см характеризовались образцы № 2-5 и № 1-5, а максимально длинное междоузлие у форм: № 2-2 ($2,3 \pm 0,1$ см), № 2-6 ($2,0 \pm 0,3$ см), 1-1 ($2,0 \pm 0,1$ см).

Таблица 4 – Характеристика листовых пластинок и однолетнего побега форм смородины золотистой
(в среднем за 2020-2024 гг.)

Table 4 – Characteristics of leaf blades and annual shoots of golden currant forms (average for 2020-2024)

Форма / Form	Параметры листовой пластинки / Parameters of the leaf blade			Параметры однолетнего побега / Parameters of the annual escape	
	длина, см / length, cm	ширина, см / width, cm	черешок, см / petiole, cm	длина, см / length, cm	длина междоузлий, см / internode length, cm
Ляйсан (К) / Lyajsan (K)	4,1±0,2	3,4±0,2	2,7±0,2	36,5±2,3	1,8±0,2
1-1	4,7±0,4	4,0±0,1	1,9±0,3	36,7±2,7	2,0±0,1
1-2	5,4±0,3	4,6±0,2	3,4±0,2	40,4±3,6	1,7±0,2
1-3	4,1±0,5	3,8±0,4	2,4±0,1	39,0±1,5	1,7±0,3
1-4	4,0±0,4	3,8±0,3	3,0±0,3	37,9±2,1	1,6±0,1
1-5	3,9±0,3	3,7±0,2	3,1±0,3	34,1±1,3	1,5±0,2
1-6	5,1±0,5	4,5±0,2	2,7±0,2	38,0±1,6	1,8±0,2
1-7	4,6±0,3	4,0±0,2	2,5±0,2	34,4±1,2	1,7±0,2
2-1	4,7±0,4	4,1±0,2	2,7±0,3	37,0±2,0	1,8±0,3
2-2	4,0±0,5	3,7±0,2	2,9±0,1	37,3±1,8	2,3±0,1
2-3	4,1±0,4	3,8±0,2	3,6±0,3	32,9±4,1	1,6±0,3
2-4	3,6±0,3	3,7±0,3	2,0±0,2	36,0±2,7	1,6±0,3
2-5	4,1±0,4	3,9±0,4	3,0±0,2	31,7±2,8	1,5±0,2
2-6	4,7±0,3	4,4±0,2	3,2±0,2	38,0±1,9	2,0±0,3
НСР ₀₅	0,43	0,39	0,24	2,92	0,20

Закключение. На основании анализа пятилетних данных установлено, что на уровень фенотипического проявления ценных признаков существенное влияние оказывают контрастные условия окружающей среды. В результате оценки морфологических признаков установлено, что у всех исследуемых форм смородины золотистой листовая пластинка по ширине была больше, чем ее длина, при этом у 70 % образцов форма листа пятилопастная и угол основания пластинки с черешком прямой, а у 30 % форма листа трехлопастная с тупым углом основания, прирост однолетнего побега варьировал от 34,4 см до 40,4 см у изучаемых образцов. По результатам проведенных исследований было выявлено, что формы (№ 2-6, № 1-6, № 1-2 и № 1-3) сформировали максимальное количество цветков и ягод в соцветие в условиях резкого континентального климата Оренбуржья. Для селекционных программ и внедрения в практику наибольший интерес представляют 2 генотипа (№ 1-2 и № 1-6) с наиболее ранними фазами «цветение» и «завязываемость ягод», отличающиеся высокими показателями масса плода и продуктивность с куста (5,1-5,7 кг), а также минимальным количеством семян в плодах. Следовательно, данные формы *R. aureum* являются ценными плодовыми кустарниками для культивирования в Оренбургской области.

Conclusions. Based on the analysis of five-year data, it was found that the level of phenotypic manifestation of valuable traits is significantly influenced by contrasting environmental conditions. As a result of the assessment of morphological features, it was found that in all the studied forms of the golden currant, the leaf blade was wider than its length, while in 70% of the samples the leaf shape was five-lobed and the angle of the base of the plate with a petiole was straight, and in 30% the leaf shape was three-lobed with an obtuse angle of the base. The increase in one-year shoot ranged from 34.4 cm to 40.4 cm in the studied samples. According to the results of the conducted studies, it was revealed that the forms (No. 2-6, No. 1-6, No. 1-2 and No. 1-3) formed the maximum number of flowers and berries in an inflorescence in the conditions of the harsh continental climate of Orenburg region. For breeding programs and implementation into practice, 2 genotypes (No. 1-2 and No. 1-6) with

the earliest phases "flowering" and "berry setting", differing in high indicators of fruit weight and productivity from the bush (5.1-5.7 kg), as well as the minimum number of seeds in fruits, are of the greatest interest. Therefore, the data of the form *R. aureum* are valuable fruit bushes for cultivation in the Orenburg region.

Библиографический список

1. Sheidai M., Ziaee S., Talebi S., Noormohammadi Z., Farahani Y. Infra-specific genetic and morphological diversity in *Linum album* (Linaceae). *Biologia*. 2013. № 69. Pp. 32-39.
2. Пороховинова Е. А., Кутузова С. Н., Павлов А. В., Слободкина А. А., Якушева Т. В., Брач Н. Б. Коллекция генетических ресурсов льна Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021. Т. 7 (2). С. 75-90.
3. Saeidi G. Genetic variation and heritability for germination, seed vigour and field emergence in brown and yellowseeded genotypes of flax. *International Journal of Plant Production*. 2008. № 2. Pp.15-22.
4. Аминова Е. В., Мережко О. Е. Оценка хозяйственно-биологических признаков форм *Ribes aureum* Pursh. в условиях Оренбургской области. *Аграрный научный журнал*. 2022. № 12. С. 4-9.
5. Аминова Е. В., Мушинский А. А., Фещенко Е. М. Перспективные сорта и формы смородины золотистой (*Ribes aureum* Pursh.) в условиях степной зоны Южного Урала. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2020. № 62. С. 9-15.
6. Немцева Н. В., Горбунова О. С., Богоутдинов Д. З., Савин Е. З., Маленкова О. В. К вопросу об увядании чёрной смородины. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2016. № 5 (193). С. 65-69.
7. Головин С. Е., Павлова А. Ю., Джуря Н. Ю., Тутъ Е. А. Микологическое обоснование выбора предшественников для питомников смородины и крыжовника. *Вестник Хакасского государственного университета им. Н. Ф. Катанова*. 2016. № 17. С. 27-30.
8. Сорокопудов В. Н., Бурменко Ю. В. Смородина золотистая *Ribes aureum*: биологические особенности и перспективы культивирования: монография. М.: ФГБНУ ВСТИСП. 2017. 130 с.
9. Бурменко Ю. В., Сорокопудов В. Н. Методические аспекты селекции смородины золотистой по признакам "масса" и "размер ягоды". *Плодоводство и ягодоводство России*. 2017. Т. 48 (2). С. 56-59.
10. Родюкова О. С. Изучение отборных сеянцев смородины золотистой: Актуальные вопросы садоводства и картофелеводства: сб. трудов 5-й науч.-практ. конференции. Челябинск, 2023. С. 202-205.
11. Ренгартен Г. А. Приоритетные направления селекции смородины золотистой и черемухи на Северо-Востоке России. Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: матер. IX Междунар. науч.-практ. конференции. Киров, 2023. С.188-190.
12. Maslerowska M. Early floral resources for urban bees from ornamental shrubs *Ribes aureum*, *Ribes sanguineum* and *Staphylea pinnata*. *J. Apicult. Sci.* 2020. Vol. 64 (2). Pp. 309-320.
13. Amanova M., Abdullaeva H. Promising sources for breeding golden currant (*Ribes aureum* Pursh). *E3S Web Conf.* 2023. 42101004.
14. Kampuss K., Šarkovska D. Growth, Development and Yield of Golden Currant (Pursh.) Depending on Cultivation System. In *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*. 2022. № 76 (4). Pp. 531-535.
15. Solomentseva A. S. Adaptive potential and phenotypic variability of ribes species in the lower Volga region. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2022. Vol. 14. № 6. Pp. 338-355.
16. Zhanakova D., Uzakbergenov U. Morpho-biological features of growth and development of golden currant in Tashkent province, Uzbekistan. In *E3S Web of Conferences*. 2023. № 421. 02002.
17. Жанакова Д. У. Морфо-биологические особенности роста и развития основного сортимента смородины в Узбекистане. *Аграрная наука*. 2019. № 3. С. 66–68.
18. Гнусенкова Е. А. Биологические особенности и ресурсная оценка *Ribes aureum* Pursh в Приуралье: автореферат. Оренбург. 2003. 20 с.
19. Тихонова О. А. Самоплодность сортов черной смородины. *Современное садоводство*. 2015. № 1. С. 39-53.
20. Нигматзянов Р. А., Сорокопудов В. Н., Куклина А. Г. Качественная характеристика сортов смородины золотистой (*Ribes aureum* Pursh.) в России. *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 3. С. 29-34.
21. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1995. 502 с.
22. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. 606 с.
23. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Альянс. 2014. 351 с.

References

1. Sheidai M., Ziaee S., Talebi S., Noormohammadi Z., Farahani Y. Infra-specific genet-ic and morphological diversity in *Linum album* (Linaceae). *Biologia*. 2013. No. 69. Pp. 1 32-39.
2. Porokhovinova E. A., Kutuzova S. N., Pavlov A.V., Slobodkina A. A., Yakusheva T. V., Brach N. B. Collection of flax genetic resources of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021. Vol. 7 (2). Pp.75-90.
3. Saeidi G. Genetic variation and heritability for germination, seed vigour and field emergence in brown and yellowseeded genotypes of flax. *International Journal of Plant Production*. 2008. No 2. Pp.15-22.
4. Aminova E. V., Merezko O. E. Assessment of the economic and biological properties of *Ribes aureum* Pursh forms in the conditions of the Orenburg region. *Agrarian Scientific Journal*. 2022. No 12. Pp. 4-9.

5. Aminova E. V., Mushinsky A. A., Feshchenko E. M. Promising varieties and forms of golden currant (*Ribes aureum* Pursh.) in the conditions of the steppe zone of the Southern Urals. Fruit and berry growing in Russia. 2020. No 62. Pp. 9-15.
6. Nemtseva N. V., Gorbunova O. S., Bogoutdinov D. Z., Savin E. Z., Malenkova O. V. On the issue of black currant wilting. Bulletin of the Orenburg State University. 2016. No 5 (193). Pp. 65-69.
7. Golovin S. E., Pavlova A. Yu., Jura N. Yu., Tut E. A. Mycological justification of the choice of precursors for currant and gooseberry nurseries. Bulletin of the Khakass State University named after N. F. Katanov. 2016. No 17. Pp. 27-30.
8. Sorokopudov V. N., Burmenko Yu. V. Golden currant *Ribes aureum*: biological features and prospects of cultivation: monograph. M.: FGBNU VSTP, 2017. 130 p.
9. Burmenko Yu. V., Sorokopudov V. N. Methodological aspects of the selection of golden morel on the grounds of "weight" and "size of the berry". Fruit and berry growing in Russia. 2017. Vol. 48 (2). Pp. 56-59.
10. Rodyukova O. S. Study of selected golden currant seedlings: Actual issues of gardening and potato farming: collection of works of the 5th scientific practice. Conference. Chelyabinsk, 2023. Pp. 202-205.
11. Rengarten G. A. Priority areas of breeding of golden currant and cherry in the North-East of Russia. Methods and technologies in plant breeding and crop production: IX International Scientific and Practical Conferences. Kirov, 2023. Pp. 188-190.
12. Maslerowska M. Early floral resources for urban bees from ornamental shrubs *Ribes aureum*, *Ribes sanguineum* and *Staphylea pinnata*. J. Apicult. Sci. 2020. Vol. 64 (2). Pp. 309-320.
13. Amanova M., Abdullaeva H. Promising sources for breeding golden currant (*Ribes aureum* Pursh.). E3S Web Conf. 2023. 42101004.
14. Kampuss K., Šarkovska D. Growth, Development and Yield of Golden Currant (Pursh.) Depending on Cultivation System. In Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences. 2022. № 76 (4). Pp. 531-535.
15. Solomentseva A. S. Adaptive potential and phenotypic variability of ribes species in the lower Volga region. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Vol. 14. № 6. Pp. 338-355.
16. Zhanakova D., Uzakbergenov U. Morpho-biological features of growth and development of golden currant in Tashkent province, Uzbekistan. In E3S Web of Conferences. 2023. № 421. 02002.
17. Zhanakova D. U. Morph-biological features of the growth and development of the main assortment of currants in Uzbekistan. Agricultural science. 2019. No 3. Pp. 66-68.
18. Gnusenkov E. A. Biological Features and Resource Assessment of *Ribes aureum* Pursh in the Urals: Abstract. Orenburg. 2003. 20 p.
19. Tikhonova O. A. Self-fertility of black currant varieties. Modern leadership. 2015. No 1. Pp. 39-53.
20. Nigmatzyanov R. A., Sorokopudov V. N., Kuklina A. G. Qualitative characteristics of varieties of golden currant (*Ribes aureum* Pursh.) in Russia. Bulletin of KrasGAU. 2020. No 3. Pp. 29-34.
21. Program and methodology of breeding of fruit, berry and nut-bearing crops. Eagle: VNIISPK, 1995. 502 p.
22. The program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut crops. Eagle: VNIISPK, 1999. 606 p.
23. Dospekhov B. A. Methodology of field experience. M.: Alliance, 2014. 351 p.

Информация об авторах

Аминова Евгения Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Оренбургский филиал ФГБНУ ФНЦ Садоводства (Российская Федерация, г. Оренбург, Нежинское шоссе, д. 10), e-mail: aminowa.eugenia2015@yandex.ru

Мережко Ольга Евгеньевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Оренбургский филиал ФГБНУ ФНЦ Садоводства (Российская Федерация, г. Оренбург, Нежинское шоссе, д. 10), e-mail: merejko.olga@yandex.ru

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

Воронов Сергей Иванович, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, директор Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФИЦ «Немчиновка»), (Российская Федерация, 143026, г. Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8103-3909>, e-mail: vsi08@mail.ru

Author's Information

Aminova Evgeniya Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, Orenburg branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution of Horticulture (Russian Federation, Orenburg, Nezhinskoye shosse, 10), e-mail: aminowa.eugenia2015@yandex.ru

Merezhko Olga Evgenyevna, Candidate of Biological Sciences, senior researcher, Orenburg branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution of Horticulture (Russian Federation, Orenburg, Nezhinskoye shosse, 10), e-mail: merejko.olga@yandex.ru

Fomin Sergey Denisovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, 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

Voronov Sergey Ivanovich, Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center Nemchinovka (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoy Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8103-3909>, e-mail: vsi08@mail.ru

**VARIETY, DEGREE OF RIPENESS AND DURATION OF STORAGE OF TOMATO FRUITS
IN NATURAL STORAGE CONDITIONS****Gulin A. V., Machulkina V. A., Kigashpaeva O. P., Dzhabrailova V. Yu., Kostenko A. N.**

*All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»
Kamyzyak, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vniob@mail.ru

Received 15.08.2024

Submitted 17.10.2024

The research was carried out within the framework of the state task on the topic №. FNMW-2022-0013 "To create lines, varieties, hybrids of vegetable, melon and industrial crops with a given set of economically valuable features and to improve the elements of zonal agrotechnologies of their cultivation in irrigated conditions of the Lower Volga region" (Reg. no. 1021060307591-3-4.1.1) budget financing programs for 2022-2024 Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Abstract

Introduction. The study of new varieties of tomatoes selected by the Institute with different fruit shapes and degrees of maturity when stored in natural storage conditions is of great importance for establishing their rhythmic further implementation. The task is to conduct experimental studies to determine the effect of storage in natural storage conditions on the quality indicators of tomatoes of milk and brown maturity, depending on the variety. **The purpose** is to determine the rate of ripening of fruits of milky and brown degrees of maturity, depending on the variety and shape of the fruit. **The novelty** of the work. For the first time, new varieties of tomatoes of two degrees of maturity were studied when stored in the natural climatic conditions of storage and the effect on fruit quality from the duration of storage. **Practical significance.** The study of maturation of different degrees of maturity allows you to create a conveyor for the receipt of products, which is important for the implementation and reduction of defects and, as a result, increase the economy of cultivation. **Materials and methods.** The fruits of tomatoes of different shapes were taken for study: large-fruited with a rounded fruit shape – Raspberry ball, Horse and Avdeevsky, and plum-shaped fruit – Torpedo, Orange Avuri of milky and brown degrees of maturity, meeting the requirements of GOST 1725-85 "Fresh tomatoes. Technical conditions". The fruits of tomatoes of each variety were placed in separate trays, which were installed in the storage. The quality assessment was carried out after 3, 5, 10, 15, 20 days. When the 25% withdrawal was reached, the experiment was stopped. The repetition of the experience is threefold. One unit of packaging was taken as a repeat. **Results.** The preservation of fruits was low and amounted to after three days of storage: in large-fruited varieties from 93.4% (Raspberry ball) to 96.7% (Avdeevsky). During further storage, the quality was noticeably reduced. In fruits with a plum-shaped shape, a decrease in quality was noted after 5 days of storage. **Conclusions.** Based on the conducted research, it was found that the fruits of tomatoes of a milky degree of maturity, regardless of the variety, were preserved for a longer time than fruits of a brown degree of maturity. It was also noted that in tomato varieties with large-fruited fruits, a decrease in quality occurred earlier than in varieties with plum-shaped fruits by 1.1-1.2 times. In the context of varieties, after five days of storage, varieties with large-fruited fruits had a higher quality in the Avdeevsky variety of 91.6%, in other varieties it varied from 80.7-89.3%. In varieties of tomatoes with a plum shape 98.7-95.1%.

Keywords: tomatoes, degree of ripeness of tomatoes, tomato varieties, tomato fruit shape, tomato storage, quality of tomato fruits.

Citation. Gulin A. V., Machulkina V. A., Kigashpaeva O. P., Dzhabrailova V. Yu., Kostenko A. N. Variety, degree of ripeness and duration of storage of tomato fruits in natural storage conditions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 142-151 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-14.

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

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

УДК 631.526.32:631.243.5

**СОРТ, СТЕПЕНЬ ЗРЕЛОСТИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ХРАНЕНИЯ ПЛОДОВ ТОМАТА
В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ ХРАНИЛИЩА**

Гулин А. В., кандидат сельскохозяйственных наук
Мачулкина В. А., доктор сельскохозяйственных наук
Кигашпаева О. П., кандидат сельскохозяйственных наук
Джабраилова В. Ю., младший научный сотрудник
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 No FNMW-2022-0013
«Создать линии, сорта, гибриды овощных, бахчевых и технических культур с заданным
набором хозяйственно ценных признаков и усовершенствовать элементы зональных
агротехнологий их возделывания в орошаемых условиях Нижнего Поволжья»
(Рег. № 1021060307591-3-4.1.1) программы бюджетного финансирования на 2022-2024 гг.
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации*

Актуальность – изучение новых сортов томатов селекции института с разной формой плодов и степенью зрелости при хранении в естественных условиях хранилища имеет большое значение для установления ритмичной их дальнейшей реализации. **Задача** – провести экспериментальные исследования по определению влияния хранения в естественных условиях хранилища на качественные показатели томатов молочной и бурой степеней зрелости, в зависимости от сорта. **Цель** – определить скорость дозаривания плодов молочной и бурой степеней зрелости, в зависимости от сорта и формы плода. **Новизна работы.** Впервые проводилось изучение новых сортов томатов двух степеней зрелости при хранении в естественных сложившихся климатических условиях хранилища и влияние на качество плодов от продолжительности хранения. **Практическая значимость.** Изучение дозаривания разных степеней зрелости позволяет создать конвейер поступления продукции, что немаловажно для реализации и снижения брака и, как следствие, повышения экономики выращивания. **Материалы и методы.** Для изучения брались плоды томатов разной формы: крупноплодные с округлой формой плода – Малиновый шар, Хорс и Авдеевский, и сливовидной формой плода – Торпеда, Оранжевый Авюри молочной и бурой степеней зрелости, отвечающие требованиям ГОСТ 1725-85 «Томаты свежие. Технические условия». Плоды томатов каждого сорта укладывали в отдельные лотки, которые устанавливали в хранилище. Оценку качества проводили через 3, 5, 10, 15, 20 суток. При достижении отхода 25% опыт прекращали. Повторность опыта – трехкратная. За повторность принималась одна единица упаковки. **Результаты.** Сохранность плодов была низкой и составляла после трёх суток хранения: у крупноплодных сортов от 93,4% (Малиновый шар) до 96,7% (Авдеевский). При дальнейшем хранении качество заметно снижалось. У плодов со сливовидной формой понижение качества отмечено после 5 суток хранения. **Выводы.** На основании проведенных исследований установлено, что плоды томатов молочной степени зрелости не зависимо от сорта сохранялись более продолжительно, чем плоды бурой степени зрелости. Также было отмечено, что у сортов томатов с крупноплодными плодами понижение качества происходило раньше, чем у сортов с плодами сливовидной формой в 1,1-1,2 раза. В разрезе сортов после пяти суток хранения у сортов с крупноплодными плодами более высокое качество было у сорта Авдеевский 91,6%, у других сортов оно варьировало от 80,7-89,3%. У сортах томатов со сливовидной формой 98,7-95,1%.

Ключевые слова: томаты, степень зрелости томатов, сорта томатов, форма плода томата, хранение томатов, качество плодов томата.

Цитирование. Гулин А. В., Мачулкина В. А., Кигашпаева О. П., Джабраилова В. Ю., Костенко А. Н. Сорт, степень зрелости и продолжительность хранения плодов томата в естественных условиях хранилища. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 142-151. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-14.

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. Одной из важнейших задач в Агропромышленном комплексе является улучшение снабжения населения страны высоковитаминными, экологически чистыми продуктами питания продолжительное время. Как известно, уборка томатов - это завершаю-

щая операция сельскохозяйственного производства и начальная в хранении [1]. В современных рыночных условиях вопрос качества овощей, в частности томатов, является одной из важных проблем.

Известно, что питание человека в настоящее время значительно изменилось. Это произошло в результате уменьшения энергозатрат и привело к тому, что ни одна из групп населения не получает с потреблением пищи необходимого для здоровья населения количества витаминов и микро- макроэлементов. Поэтому в современных рыночных условиях, сложившихся в стране, когда применяются различные санкции по отношению к России со стороны США и Е.С., вопрос качества овощей, в том числе томатов, является актуальным [2]. А так как во всем мире, в том числе и в России, экономическая ситуация нестабильна, получение заданного количества экологически чистой продукции при минимальных удельных затратах труда, средств, материалов, энергии не только при выращивании, но и при дальнейшем хранении, является весьма важной задачей [3].

Астраханская область по производству томатов в Российской Федерации занимает ведущее место. По своему географическому положению область связана с промышленными центрами страны – с Центральной Черноземной зоной, Уралом, Донбассом, с районами Севера и Северо-запада [4]. В настоящее время государством большое внимание уделяется производству сельскохозяйственной продукции, в частности томатам, и дальнейшему доведению их до потребителя. В результате чего, Государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утвержденной постановлением правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 года № 717 (с изменениями на 8 февраля 2019 г), предусматривается инновационное развитие отрасли, ускоренный переход к использованию новых высокопроизводительных, ресурсосберегающих технологий, как выращивания продукции, так и ее дальнейшего хранения и переработки [5].

Как отмечалось выше, уникальное географическое положение и климат позволяют Астраханской области быть одной из крупнейших поставщиков овощной продукции. На полях области, учитывая специфику региона, более 60% площадей занято под овощебахчевыми культурами и картофелем. В области выращивают: томаты, перец сладкий и горький, баклажаны, лук, капусту, кабачок, патиссоны, салат и ряд других овощных культур. Производители овощной продукции не только обеспечивают потребности области, но и имеют возможность реализации продукции за ее пределы [6].

Сохранение качества овощей – это огромный резерв возможности обеспечения страны высоковитаминной овощной продукцией. За счет снижения брака, отходов и потерь снижаются дополнительные затраты на ее хранение. Увеличивается ресурс повышения эффективности выращиваемой продукции [7].

Как отмечалось выше экономическая ситуация, как во всем мире, так и в России нестабильна и поэтому вопросы повышения конкурентоспособности выращиваемой продукции с получением высокого дохода имеет большое значение [8]. Одним из источников получения дохода является способность сортов сохранять товарное качество плодов при кратковременном хранении. Для сохранения высокого качества плоды закладывают на хранение согласно ГОСТ 1725-85 [9]. По мнению ряда авторов, сорт имеет большое значение и является одним из элементов инновационной технологии, позволяющим совершенствовать всю систему хранения и, как следствие, повышать рентабельность продукции [10]. Лежкоспособность томатов во многом зависит от сорта и степени зрелости плода, так как плоды разной степени зрелости по-разному сохраняются, независимо от сорта. Биологически зрелые плоды практически непригодны к длительному хранению в результате наступающего перезревания плодов, которое сопровождается климактерическим подъёмом дыхания и резким увеличением гидролитических процессов, что является причиной снижения лежкоспособности плодов [11].

Известно, что скорость дозаривания плодов и их качество, помимо степени зрелости, во многом зависит и от ряда других факторов: сорта, размера плода, условий выращивания (агротехнических мероприятий, состава почвы), условий окружающей воздушной среды (температуры и влажности), продолжительности хранения [12]. При хранении томатов плоды подвергаются различным видам порчи, которые обусловлены тремя причинами: потерей воды, изменением состава и метаболизма, загниванием, вызванным патогенами.

Поэтому, в соответствии с целевым назначением реализации плодов, выбираются оптимальные способы и условия хранения, при которых общая сумма потерь, обусловленная вышеназванными причинами, сводилась бы к минимуму [13].

В связи с улучшением обеспечения населения овощной продукцией роль и значение качества под влиянием развития технологий, как производства, так и хранения постоянно возрастает. Для того чтобы сохранить плоды наиболее продолжительное время их следует убирать в зависимости от срока реализации молочной и бурой степеней зрелости. Плоды этих степеней зрелости постепенно созреют к заданному сроку реализации без потерь стандартности [14]. Мнения ученых по этому вопросу расходятся. Одни считают, что уборка плодов молочной и бурой степеней снижает урожайность из-за снижения массы плодов и, кроме того, в таких плодах портится вкус и внешний вид. Но надо отметить, что биологически зрелые плоды не лежкоспособны в результате перезревания и поражения некоторыми физиологическими и микробиологическими заболеваниями.

Свое влияние на качество плодов при хранении, помимо степени зрелости, оказывает сорт. Каждый сорт характеризуется своей возможностью продолжительности хранения без снижения качества. Срок уборки зависит от многих факторов, но даже в пределах одного и того же сорта они могут быть разными. Это зависит от развития растения [5, 16, 17, 18].

По полученным данным ряда авторов было отмечено, что плоды внутри куста созревают позже, чем на периферии, и от чего зависят их вкусовые качества [19, 20]. Проанализировав литературные источники, мы поставили задачу: провести исследования по определению основных факторов, которые влияют на изменение качественных показателей при хранении в естественных условиях хранилища до момента реализации.

Цель работы – определить продолжительность хранения плодов томата в естественных условиях хранилища, с различной формой плода и разной степенью зрелости.

Новизна работы. Для изучения использовали новые сорта томата селекции института с различной формой плода.

Практическая значимость. Изучение сорта, формы плода и степени зрелости позволит сократить потери при кратковременном хранении до момента реализации продукции.

Материалы и методы изучения. Изучение каждого конкретного сорта на урожайность, продолжительность хранения в естественных условиях хранилища, в зависимости от степени зрелости и формы плода, выращенных на опытном поле ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», расположенного в Астраханской области в Камызякском районе. Почва участка аллювиально-луговая, слабозасоленная, среднесуглинистая, характеризующаяся следующими показателями (таблица 1).

Таблица 1 – Агрохимические показатели почвы

Table 1 – Agrochemical indicators of the soil

Горизонт, см / soil layer, cm	pH	Гумус, % / Humus, %	В мг на 100 г сухой почвы			В % на воздушно- сухую почву. Плотный осадок / In % of air-dry soil. Dense sediment
			N – NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	
0-20	7,5	1,9	155	32,2	448	0,142
0-40	7,2	1,5	124	29,1	336	0,198

Глубина залегания грунтовых вод находится в пределах от 1,5 до 2,3 м. По климатическим условиям место проведения опытов расположено в зоне резко-континентального климата с преобладанием в течение года безоблачных дней, холодной и малоснежной зимой, непродолжительной весной и сухим жарким летом. Сумма положительных температур в период проведения опытов варьировала с температурой свыше 10 °С от 3480° до 3670°. Среднемесячная температура июля колебалась от 27,3 °С до 31,6 °С, количество осадков за год составляло от 170 до 220 мм, в том числе в весенне-летний период 86 – 110 мм. За время проведения исследований были отмечены дни с ветрами, достигавшими 15-17 м/сек. Иногда отмечали порывы ветра от 21 до 25 м/сек. Таким образом, природно-климатические условия и тепловые ресурсы, малое количество осадков в сочетании с высокими температурами в период вегетации растений выявляют большую сухость воздуха и почвы, в результате чего, данные климатические условия вызывают необходимость изучения устойчивости каждого конкретного сорта на урожайность.

Выращивание томатов проводилось в рассадной культуре. Уход за растениями осуществлялся согласно принятой в области технологии. Для изучения сортов по урожайности, продолжительности хранения, в зависимости от степени зрелости и формы плода, были взяты новые сорта. Крупноплодные: Астраханский (контроль), Малиновый шар, Авдеевский, Хорс. Эти сорта относятся к сортогену I₈. Характеризуются округлыми плодами с массой от 100 до 200 г, а иногда и более, с высотой куста 60-80 см (фото). Сорта Оранжевый Аюри, Моряна, Торпеда относятся к сортогену I₂. Плоды этого сортогена характеризуются овально-цилиндрической формой с массой плода от 60 до 100 г (фото).

Содержание гумуса определяли по горизонтам почвенного покрова методом Тюрина. Общий азот в пахотном горизонте методом Кьельдаля, фосфорный остаток P₂O₅ по Лоренцу. Общий калий на пламенном фотометре путем сжигания почвы с хлористым аммонием и углекислым кальцием. В плодах определяли сухое вещество, сумму сахаров, аскорбиновую кислоту. В процессе хранения определяли естественную убыль массы по формуле:

$$X = \frac{A-B}{A} \cdot 100\%,$$

где, X – естественная убыль массы; A – масса продукции при закладке на хранение; B – масса продукции по окончании хранения. ЕПК – естественное понижение качества. При этом учитывалась здоровая продукция, отвечающая требованиям ГОСТ, а также общие потери, связанные с повреждениями болезнями и вредителями, и абсолютный отход, состоящий из вялых, высохших, загнивших и гнилых плодов.

Опыты закладывались в трехкратной повторности. За повторность принималась одна единица упаковки.

На хранение закладывали плоды томата, выровненные по размеру, однородные по степени зрелости, отвечающие требованиям ГОСТ 1725-85 «Томаты свежие. Технические условия». Плоды томата каждого сорта и каждой степени зрелости укладывали в отдельные лотки и устанавливали в хранилище при естественно сложившихся климатических условиях.

Результаты исследований. Так как томаты относятся к группе скоропортящейся продукции, одним из условий снижения потерь при хранении является соблюдение для каждой степени зрелости продолжительности хранения в естественно сложившихся условиях хранилища. На основании полученных экспериментальных данных было установлено, что сокращение потерь во многом зависит от сорта, степени зрелости плодов. Так, свежесобранные плоды бурой степени зрелости при хранении в естественных условиях хранилища, имели высокое качество в течение трех суток. Сорта томатов с крупными плодами за этот период сохраняли качество от 93,4% (Малиновый шар) до 95,8% (Хорс). По истечению 10 суток хранения более высокое качество было сохранено у сорта Авдеевский – выше контроля на 3,3%. У сортов Малиновый шар и Хорс качество было ниже контроля на 6,1% и 1,9% соответственно. При дальнейшем хранении качество снижалось. После 15 суток хранения наиболее низкое качество наблюдалось у сорта Малиновый шар – 69,9% при контроле 77,4%. Сорт Авдеевский по сохранению качества превышал контроль на 2,4%.

Высокое качество сохранности наблюдалось у сортов со сливовидной формой плода. Понижение качества отмечено после пяти суток хранения и, в зависимости от сорта, варьировало от 1,3 до 4,9%. К концу хранения качество стандартных плодов находилось в пределах 80,7% (Торпеда) и 88,1% (Оранжевый Аюри) при контроле 85,6% (Моряна). Из приведенных данных видно, что хранение плодов томата бурой степени зрелости в естественных условиях хранилища экономически целесообразно. Сорта крупноплодных томатов необходимо хранить не более 10 суток, а сорта со сливовидной формой плода не более 15 суток (таблица 2).

Как показывают приведенные данные, качество при хранении и скорость дозревания плодов томата молочной степени зрелости зависят от температуры и влажности воздуха. Томаты, убранные в августе, хранившиеся в естественных условиях хранилища при температурном режиме 25-28 °С и относительной влажности воздуха 85-90%, проявили себя следующим образом: качество плодов молочной степени зрелости не изменялось у томатов с крупными плодами в течение 3 суток, у томатов со сливовидной формой плода в течение 10 суток.

Таблица 2 – Качество плодов томата бурой степени зрелости при хранении
в естественных условиях хранения, %

Table 2 – The quality of tomato fruits of brown maturity when stored in natural storage conditions, %

Сорт / Sort	Продолжительность хранения, сутки / Storage duration, day				
	1	3	5	10	15
Крупноплодная форма плода / Large-fruited form of the fruit					
Астраханский (контроль) / Astrakhanskii (control)	100	94,6	89,3	81,3	77,4
Малиновый шар / Malinoviyy shar	100	93,4	80,7	75,2	69,9
Авдеевский / Avdeevskii	100	96,7	91,6	84,6	79,8
Хорс / Hors	100	95,8	87,8	79,4	72,6
НСР ₀₅		0,07	0,13	0,18	0,17
Сливовидная форма плода / Plum-shaped fruit					
Моряна (контроль) / Moriana (control)	100	100	97,3	92,6	85,6
Торпеда / Torpeda	100	100	95,1	89,2	80,7
Оранжевый Авюри / Orangevii Avuri	100	100	98,7	93,8	88,1
НСР ₀₅			0,08	0,13	0,12

По окончании пяти суток хранения у крупноплодных плодов стандартность снизилась и варьировала, в зависимости от сорта, от 1,7 до 5,4% и к концу хранения составляла 76,4% (сорт Астраханский) и 79,3% (сорт Авдеевский). Два других сорта занимали промежуточное положение.

Зная скорость созревания плодов, можно составить график реализации продукции (таблица 3).

При уборке томатов (зачистной сбор) температура воздуха снижается и находится в пределах 18⁰-20⁰ С. При такой температуре скорость созревания снижается. В таких условиях качество плодов сохранялось в течение 10 суток и составляло у крупноплодных сортов Авдеевский и Хорс – 100%, у сортов Малиновый шар и Астраханский 99,2-99,4%. Сорта томатов со сливовидной формой плода сохраняли стопроцентное качество в течение 15 суток.

После 20 суток хранения качество у крупноплодных сортов снизилось на 9,3-19,2%, у сортов со сливовидной формой плода на 4,3-12,4%.

Таким образом, зная скорость созревания плодов, как молочной, так и бурой степени зрелости можно составить график реализации продукции.

Таблица 3 – Качество плодов томата молочной степени зрелости при хранении
(температура хранения 25-28⁰ и относительная влажность воздуха 85-90%)Table 3 – Quality of tomato fruits of milk maturity during storage
(storage temperature 25-28⁰ and relative humidity 85-90%)

Сорт / Sort	Продолжительность хранения, сутки / Storage duration, day					
	1	3	5	10	15	20
Крупноплодная форма плода / Large-fruited form of the fruit						
Астраханский (контроль) / Astrakhanskii (control)	100	100	97,3	91,4	85,6	76,6
Малиновый шар / Malinoviyy shar	100	100	94,6	89,7	81,2	77,4
Авдеевский / Avdeevskii	100	100	98,3	92,4	87,6	79,3
Хорс / Hors	100	100	95,4	90,1	84,3	78,6
НСР ₀₅	-	-	0,07	0,11	0,09	0,07
Сливовидная форма плода / Plum-shaped fruit						
Моряна (контроль) / Moriana (control)	100	100	100	100	98,3	91,7
Торпеда / Torpeda	100	100	100	100	97,3	90,4
Оранжевый Авюри / Orangevii Avuri	100	100	100	100	99,1	92,6
НСР ₀₅	-	-	-	-	0,05	0,03

Известно, что большое значение, как у свежесобранных, так и у томатов после хранения имеют их вкусовые качества, которые зависят от соотношения сахара к кислоте. В процессе дозревания плодов, за счет дыхания, происходит испарение влаги в плодах. В результате повышается содержание сухого вещества и, как следствие, повышается количество сахара и кислоты. Соответственно изменяется сахарно-кислотный индекс.

Как видно на рисунках 1,2, сахарно-кислотный индекс увеличился в томатах с крупными плодами в 1,1 раза, в плодах со сливовидной формой в 1,2 раза. Это указывает на то, что по мере созревания плодов увеличиваются и их вкусовые качества.

Крупноплодная форма плода

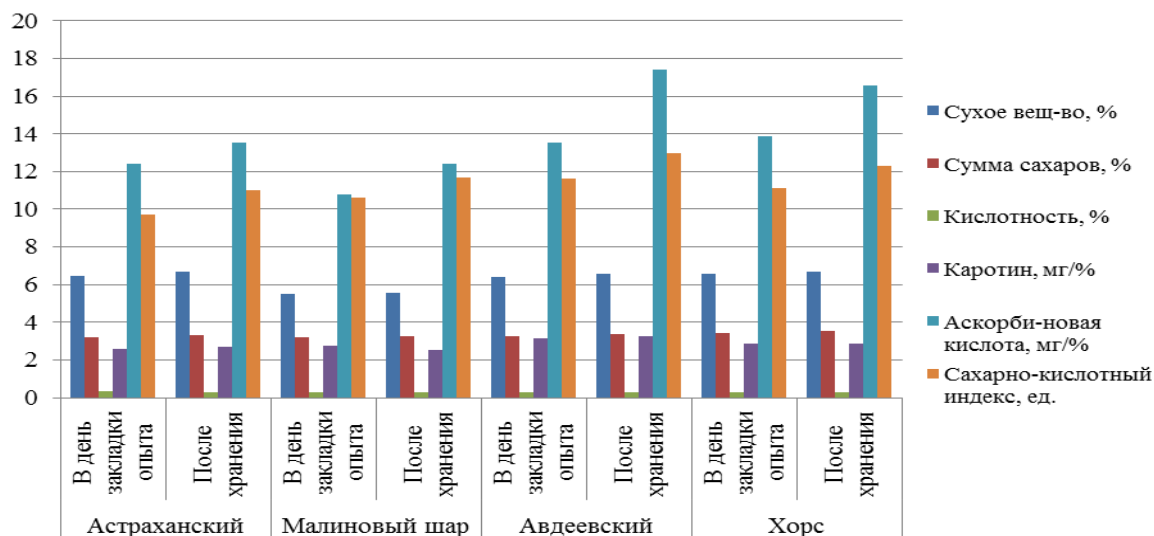


Рисунок 1 – Содержание основных химических веществ в плодах томата крупноплодной формы в молочной степени зрелости

Figure 1 – The content of basic chemicals in large-fruited tomato fruits in the degree of milk maturity

Сливовидная форма плода

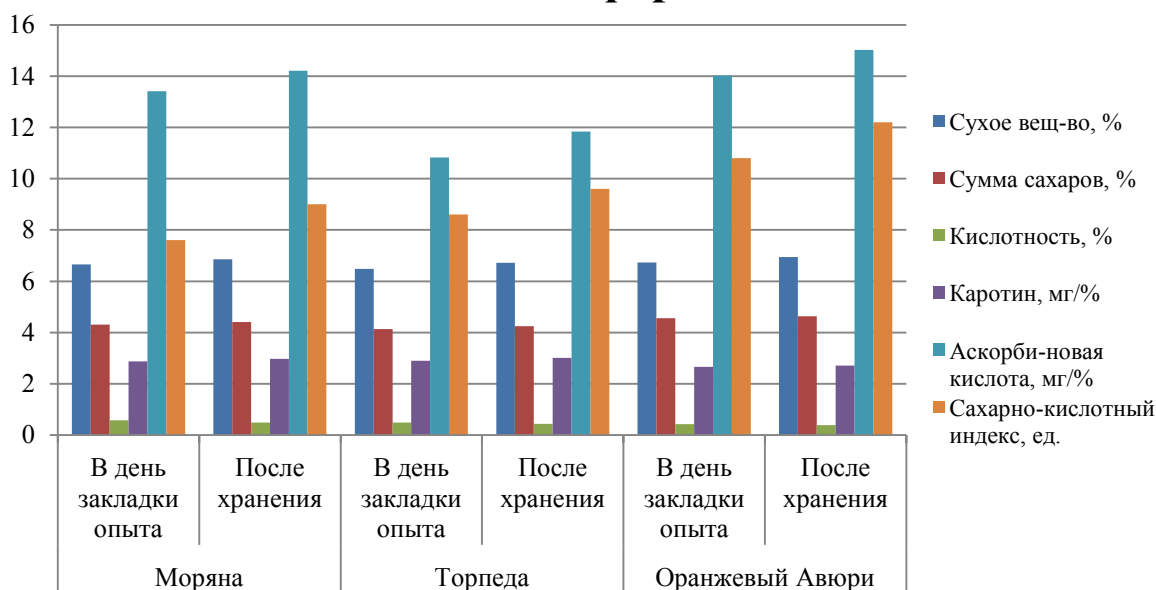


Рисунок 2 – Содержание основных химических веществ в плодах томата сливовидной формы в молочной степени зрелости

Figure 2 – The content of basic chemicals in plum-shaped tomato fruits in the milky degree of maturity

Выводы. Как показали исследования, сохранность плодов томата бурой степени зрелости с высоким качеством при хранении в естественных условиях хранилища отмечена у плодов с крупной формой в первые трое суток и составляла 93,4-96,7%. Наиболее продолжительное время сохранялись плоды сливовидной формы. Снижение качества отмечено только на 5 сутки хранения. Плоды молочной степени зрелости тоже сохранялись продолжительное время.

При температуре воздуха в хранилище 25-28 °С и относительной влажности воздуха 85-90% качество у крупноплодных снизилось, в зависимости от сорта, после 5 суток хранения на 1,7-5,4%. У плодов сливовидной формы качество снизилось после 15 суток хранения на 0,9-2,7%.

При низкой температуре воздуха (зачистной сбор) дозревание плодов происходило медленно. Изменение качества было отмечено после 10 суток хранения у сортов Малиновый шар и Астраханский на 0,6-0,8%. У сортов Авдеевский и Хорс качество не изменялось, и равнялось 100%.

Сорта томатов со сливовидной формой плода сохраняли 100%-ное качество в течение 15 суток. По мере созревания плодов увеличивались их вкусовые качества, о чем свидетельствует сахарно-кислотный индекс.

Conclusions. As studies have shown, the preservation of tomato fruits of a brown degree of maturity with high quality, when stored in natural storage conditions, was noted in fruits with a large shape in the first three days and amounted to 93.4-96.7%. The plum-shaped fruits were preserved for the longest time. The decrease in quality was noted only on the 5th day of storage. The fruits of the milky degree of maturity were also preserved for a long time.

At an air temperature of 25-280 C in the storage and a relative humidity of 85-90%, the quality of large-fruited fruits decreased, depending on the variety, by 1.7-5.4% after 5 days of storage. In plum-shaped fruits, the quality decreased by 0.9-2.7% after 15 days of storage.

At low air temperature (stripping), fruit ripening was slow. A change in quality was noted after 10 days of storage in Raspberry ball and Astrakhan varieties by 0.6-0.8%. The quality of the Avdeevsky and Horse varieties did not change, and was equal to 100%.

Tomato varieties with a plum-shaped fruit retained 100% quality for 15 days. As the fruits ripened, their taste qualities increased, as evidenced by the sugar-acid index.

Библиографический список

1. Иванова В. Н., Серегин С. Н. Наращивание объемов производства и расширение экспорта продукции – долгосрочные приоритеты развития АПК России. Пищевая промышленность. 2018. № 6. С. 22-26.
2. Нуралиев С. У. Экономическая политика и ее роль в повышении и конкурентоспособности продукции АПК. Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 5. С. 8-16.
3. Воданюк С. А. Органические овощи – основа здоровья нации. Картофель и овощи. 2019. № 11. С. 2-5.
4. Агроклиматические ресурсы Астраханской области. М.: Гидрометеиздат, 1974. 136 с.
5. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы, утвержденная постановлением правительства РФ от 25 августа 2017 г. № 996.
6. Астраханская область в цифрах. Краткий статистический сборник Астраханьстат. Астрахань, 2020.
7. Мачулкина В. А., Санникова Т. А., Гулин А. В., Анишко М. О. Транспортировка, тара и качество плодов томатов. Проблемы развития АПК региона, 2019. № 3. С. 244-247.
8. Иванова В. Н., Серегин С. Н. О проекте стратегии развития АПК России на период до 2030 года. Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 7. С. 2-7.
9. Ахмедова П. М. Урожайность и товарность плодов томата разных групп спелости в условиях Дагестана. Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2022. Т. 14. № 4. С. 262-264.
10. Гиш Р. Х. О практических результатах исследований по созданию новых сортов томата. Aibest. ru, 2017.
11. Анишко, М.Ю. Повышение дружности созревания плодов томата. Вестник Курской государственной с.-х. академии, 2019. С. 48-52.
12. Авдеев Ю. И. и др. Салатные традиционные и деликатесные сорта томата, технология их возделывания, хранения и транспортировки. Астрахань, 36 с.
13. Максимов С. В., Беков Р. Х. Практические результаты сотрудничества в селекции томата. Картофель и овощи. 2022. С. 17-19.
14. Гулин А. В., Мачулкина В. А., Капанова Р. Х. Влияние сорта на вкусовые качества томатов. Украина, 2021. Т. 1. С. 22.
15. Кигашпаева О. П., Гулин А. В. Перспективные салатные сорта томата на Юге России. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. № 2 (66). С. 101-110.
16. Кигашпаева О. П., Авдеев А. Ю. Брендовые астраханские сорта томатов. Проблемы развития АПК региона. 2020. № 2 (42). С. 93-97.
17. Авдеев, А. Ю., Кигашпаева О. П., Сисенгалиева С. Т. Сорта томатов селекции ВНИИООБ. Картофель и овощи. 2018. № 10. С. 33-35.
18. Гулин А. В. и др. Результаты и перспективы астраханской селекции овощных и бахчевых культур. Овощи России. 2021. № 5. С. 16-21.

19. Кигашпаева О. П., Гулин А. В., Джабраилова В. Ю. Семенная продуктивность сортов томата. Овощи России. 2021. № 6. С. 68-70.

20. Мачулкина В. А. и др. Использование сахарно-кислотного индекса для оценки качества плодов томатов. Вестник КрасГАУ. 2020. № 5. С. 168-172.

References

1. Ivanova V. N., Seregin S. N. Increasing Production Volumes and Expanding Exports of Products – Long-Term Priorities for the Development of the Agro-Industrial Complex of Russia. Food Industry. 2018. № 6. Pp. 22-26.

2. Nuraliev S. U. Economic Policy and Its Role in Improving and Competitiveness of Agricultural Products. Economics of agricultural and processing enterprises. 2018. № 5. Pp. 8-16.

3. Vodanyuk S. A. Organic Vegetables – the Basis of the Health of the Nation. Potatoes and vegetables. 2019. № 11. Pp. 2-5.

4. Agroclimatic resources of the Astrakhan region. Moscow, Gidrometeoizdat Publ., 1974. 136 p.

5. The Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017-2030, approved by the Decree of the Government of the Russian Federation of August 25, 2017 No 996.

6. Astrakhan region in numbers. Kratkiy statisticheskiy sbornik Astrakhanstat. Astrakhan, 2020.

7. Machulkina V. A., Sannikova T. A., Gulina A. V., Anishko M. O. Transportation, Container and Quality of Tomato Fruits. Problems of development of the agro-industrial complex of the region, 2019. № 3. Pp. 244-247.

8. Ivanova V. N., Seregin S. N. On the draft strategy for the development of the agro-industrial complex of Russia for the period up to 2030. Economics of agricultural and processing enterprises. 2018. № 7. Pp. 2-7.

9. Akhmedova P. M. Yield and marketability of tomato fruits of different ripeness groups in the conditions of Dagestan. Interdisciplinary scientific and applied journal "Biosphere". 2022. V. 14. № 4. Pp. 262-264.

10. Gish R. Kh. On the practical results of research on the creation of new tomato varieties. Aiibest. ru, 2017.

11. Anishko, M.Y. Increasing the friendliness of ripening of tomato fruits. Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy s.-kh. Akademii, 2019. Pp. 48-52.

12. Avdeev Y. I. et al. Traditional and Delicacy Tomato Salad Varieties, Technology of Their Cultivation, Storage and Transportation. Astrakhan, 36 p.

13. Maksimov S. V., Bekov R. Kh. Practical Results of Cooperation in Tomato Breeding. Potatoes and vegetables. 2022. Pp. 17-19.

14. Gulina A. V., Machulkina V. A., Kapanova R. Kh. Influence of the variety on the taste qualities of tomatoes. Ukraine, 2021. V. 1. P. 22.

15. Kigashpaeva O. P., Gulina A. V. Promising lettuce tomato varieties in the South of Russia. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex. № 2 (66). Pp. 101-110.

16. Kigashpaeva O. P., Avdeev A. Y. Branded Astrakhan Tomato Varieties. Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2020. № 2 (42). Pp. 93-97.

17. Avdeev, A. Yu., Kigashpaeva O. P., Sisengaliyeva S. T. Tomato Varieties of VNIIOOB Selection. Potatoes and vegetables. 2018. № 10. Pp. 33-35.

18. Gulina A. V. et al. Results and Prospects of Astrakhan Breeding of Vegetable and Melon Crops. Vegetables of Russia. 2021. № 5. Pp. 16-21.

19. Kigashpaeva O. P., Gulina A. V., Dzhabrailova V. Y. Seed productivity of tomato varieties. Vegetables of Russia. 2021. № 6. Pp. 68-70.

20. Machulkina V. A., et al. Use of the Sugar-Acid Index to Assess the Quality of Tomato Fruits. Vestnik KrasGAU. 2020. № 5. Pp. 168-172.

Информация об авторах

Гулин Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, директор ВНИИОБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк ул. Любича, д. 16), ORCID 0000-0001-6000-5311, e-mail: vniiob@mail.ru

Мачулкина Вера Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела агротехнологий и мелиораций ВНИИОБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк ул. Любича, д. 16), ORCID 0000-0002-9051-6371, e-mail: vniiob@mail.ru

Кигашпаева Ольга Петровна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом селекции и семеноводства ВНИИОБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк ул. Любича, д. 16), ORCID 0000-0003-4578-6177, e-mail: vniiob@mail.ru

Джабраилова Вера Юрьевна, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИИОБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк ул. Любича, д. 16), e-mail: vniiob@mail.ru

Костенко Александр Николаевич, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИИОБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк ул. Любича, д. 16), e-mail: vniiob@mail.ru

Author's Information

Gulin Aleksander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Director of the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – Branch of the Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubich str., 16), ORCID 0000-0001-6000-5311, e-mail: vniiob@mail.ru

Machulkina Vera Aleksandrovna, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Department of Agrotechnologies and Land Reclamation of the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – Branch of the Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubich str., 16), ORCID 0000-0002-9051-6371, e-mail: vniiob@mail.ru

Kigashpaeva Olga Petrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Breeding and Seed Production of the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – Branch of the Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubich str., 16), ORCID 0000-0003-4578-6177, e-mail: vniiob@mail.ru

Dzhabrailova Vera Yuryevna, Junior Researcher at the Department of Breeding and Seed Production of the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – Branch of the Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubich str., 16), e-mail: vniiob@mail.ru

Kostenko Aleksander Nikolaevich, Senior Researcher at the Department of Breeding and Seed Production of the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – Branch of the Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubich str., 16), e-mail: vniiob@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-15

SUBSTANTIATION OF THE ELEMENTS OF INTENSIVE GRAPE NURSERY TECHNOLOGY FOR THE ARID CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION

Gurenko V. M., Lytov M. N., Semenenko S. Ya.

*Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author of the E-mail: semenenkosy.vniioz@yandex.ru

Received 04.10.2024

Submitted 10.12.2024

The research was carried out according to the plan of the topic of the state task FGUF-2024-0005

Summary

The elements of intensive grape nursery technology for the conditions of the hot, acutely arid climate of the Lower Volga region are scientifically substantiated. The possibility of using shortened single-eyed cuttings has been experimentally confirmed, which, while maintaining the optimal drip irrigation regime, ensure maximum productivity of the grape school.

Abstract

Introduction. Viticulture as an industry is steadily growing in Russia today. The formation of new vineyards requires a large consumption of planting material, part of which is covered by imports. The shortage of planting material of domestic production increases the cost of laying new vineyards, is a significant factor constraining the introduction of promising varieties to new territories. In the Lower Volga region, the territory of which is free of phylloxera, root-related seedlings are used for laying vineyards. The purpose of the research is to develop effective methods of intensive grape nursery for the conditions of the sharply continental climate of the Lower Volga. **Object.** Irrigated intensive grape nursery of the Lower Volga wine-growing zone. **Materials and methods.** The working hypothesis of the research was the assumption that shortened cuttings in the arid, sharply continental climate of the Lower Volga, with optimal regulation of the water regime of the soil, have an advantage over planting material with two or three eyes in terms of rooting and formation of seedlings of standard quality. The research is based on the results of our own field experiment. The experience is three-factor, it includes the factor of the variety, the parameters of the cuttings for schools and drip irrigation modes. **Results and conclusions.** The methods of accelerated reproduction of promising grape varieties in the hot, acutely arid climate of the Lower Volga region are scientifically substantiated. The possibility of obtaining up to 61-65% of standard seedlings from the total number of shortened, single-eyed grape cuttings planted in the school during drip irrigation and maintaining the threshold of pre-watering soil moisture of 90-80 has been experimentally proven. The HB in the differentiated layer is 0.3-0.6 m. This is practically comparable with the option of using cuttings on which two vegetative eyes are left (60-67%) and statistically significantly exceeds the productivity of the school laid with three-eyed cuttings (54-57%). Carrying out frequent watering at a rate of 50 m³/ha to maintain a pre-watering humidity of 90% HB in a layer of 0.3 m before the rooting phase of the cuttings provides an advantage in the number of formed main roots, their development and length, as well as in the dynamics of growth and formation of the ripened vine of the grape seedling. This ensures an increase in the number of rooted plants and the yield of standard seedlings. The use of shortened single-eyed grape cuttings makes it possible to almost completely eliminate the formation of competing shoots and, as a result, the cost of additional care for the school to remove them.

Keywords: *grape seedlings, intensive viticulture, accelerated propagation of grapes, shortened grape cuttings, drip irrigation of vineyards, yield of standard grape seedlings.*

Citation. Gurenko V. M., Lytov M. N., Semenenko S. Ya. Substantiation of the elements of intensive grape nursery technology for the arid conditions of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 151-163 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-15.

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 that there is no conflict of interest.

УДК 631.674:634.75

ОБОСНОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕНСИВНОГО ПИТОМНИКА ВИНОГРАДА ДЛЯ ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЙ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Гуренко В. М., кандидат сельскохозяйственных наук

Лытов М. Н., кандидат сельскохозяйственных наук

Семененко С. Я., доктор сельскохозяйственных наук

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования проведены по плану темы государственного задания FGUF-2024-0005

Актуальность. Виноградарство как отрасль сегодня в России стабильно растет. Формирование новых виноградников требует большого расхода посадочного материала, часть которого покрывается за счет импорта. Дефицит посадочного материала отечественного производства увеличивает затраты на закладку новых виноградников, является значимым фактором, сдерживающим интродукцию перспективных сортов на новые территории. В Нижнем Поволжье, территория которого свободна от филлоксеры, для закладки виноградников используются корнесобственные саженцы. Цель исследований состоит в разработке эффективных приемов интенсивного питомника винограда для условий резко континентального климата Нижней Волги. **Объект.** Орошаемый интенсивный питомник винограда виноградовинодельческой зоны Нижняя Волга. **Материалы и методы.** Рабочей гипотезой исследований является предположение о том, что укороченные черенки в условиях засушливого, резко-континентального климата Нижней Волги при оптимальном регулировании водного режима почвы имеют преимущество перед посадочным материалом с удлиненными черенками, т.е. с двумя-тремя глазками в части укоренения и формирования саженцев стандартного качества. Исследования базируются на результатах собственного полевого эксперимента. Опыт трехфакторный, включает фактор сорта, параметры черенка для школки и режимы капельного орошения. **Результаты и выводы.** Научно обоснованы приемы ускоренного размножения перспективных сортов винограда в условиях жаркого, острозасушливого климата Нижнего Поволжья. Экспериментально доказана возможность получения до 61-65% стандартных саженцев от общего числа высаженных в школку укороченных, одноглазковых черенков винограда при проведении капельных поливов и поддержании порога предполивной влажности почвы 90-80% НВ в дифференцируемом слое увлажненности 0,3-0,6 м. Это практически сопоставимо с вариантом использования черенков, на которых оставлены два вегетативных глазка (60-67%), и статистически значимо превышает продуктивность школки, заложенной трехглазковыми черенками (54-57%). Проведение частых поливов нормой 50 м³/га для поддержания предполивной влажности 90% НВ в слое 0,3 м до фазы укоренения черенка обеспечивает преимущество по числу формируемых основных корней, их развитию и длине, а также по динамике роста и формированию вызревшей лозы саженца винограда. Этим обеспечивается повышение числа укоренившихся растений и выхода стандартных саженцев. Использование укороченных одноглазковых черенков винограда позволяет почти совсем исключить образование конкурирующих побегов и, как следствие, – затраты на дополнительные уходы за школкой для их удаления.

Ключевые слова: виноградные саженцы, интенсивное виноградарство, ускоренное размножение винограда, укороченные черенки винограда, капельное орошение виноградников, выход стандартных саженцев винограда.

Цитирование. Гуренко В. М., Лытов М. Н., Семененко С. Я. Обоснование элементов технологии интенсивного питомника винограда для засушливых условий Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 151-163. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-15.

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. Виноградарство как отрасль сегодня в России стабильно растет [1, 2, 3]. В среднем за год в нашей стране закладывается порядка 1,5 тыс. га новых виноградников. И хотя эти темпы в целом для страны, конечно, невысокие, следует учитывать высокую ресурсоёмкость этого процесса, большие затраты на стадии формирования новых насаж-

дений. Формирование новых виноградников требует большого расхода посадочного материала, часть которого покрывается за счет импорта [4]. Как это ни парадоксально, импорт виноградных саженцев в современной России только растет (рисунок 1) и на это тратятся существенные средства.

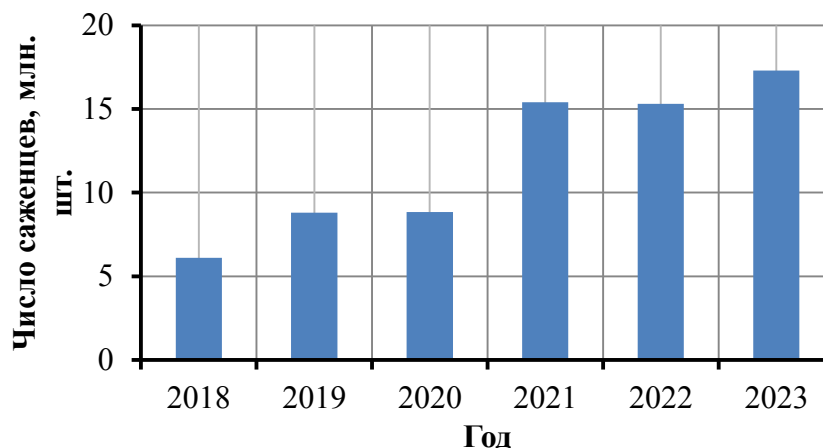


Рисунок 1 – Импорт виноградных саженцев в Россию [4]

Figure 1 – Import of grape seedlings to Russia [4]

Дефицит посадочного материала отечественного производства увеличивает затраты на закладку новых виноградников, является значимым фактором, сдерживающим интродукцию перспективных сортов на новые территории [5, 6]. В Нижнем Поволжье, территория которого свободна от филлоксеры, для закладки виноградников используются корнесобственные саженцы. Приоритетной задачей при этом является разработка приемов ускоренного размножения перспективных сортов, адаптированных к местным природным условиям [7, 8, 9]. Основные требования к технологии интенсивного питомника определяются необходимостью достижения максимального коэффициента размножения винограда, обеспечения лучших условий для приживаемости черенков и формирования стандартных саженцев. Цель исследований состоит в разработке эффективных приемов интенсивного питомника винограда для условий резко-континентального климата Нижней Волги.

Материалы и методы. Большинство проведенных в традиционных виноградарских зонах исследований, отмечают прямую корреляцию между объемом древесины высаживаемых в школку черенков и выходом стандартных саженцев в виноградном питомнике [10, 11, 12]. Объясняется это увеличенным запасом питательных веществ, за счет которых осуществляется первичное корнеобразование, пробуждение и начальный рост вегетативных почек. Для закладки школки питомника рекомендуется использовать черенки с двумя-тремя, а иногда и четырьмя глазками в его вегетативной (надземной) части. Наряду с этим для ускоренного размножения сортов винограда признано допустимым использование и укороченных черенков, в том числе, с 1-м глазком в вегетативной части.

В условиях жаркого и сухого климата Нижней Волги, где достаточно часто относительная влажность воздуха опускается ниже отметки в 30%, а сильные сопутствующие ветра формируют суховеи, главным условием успешного укоренения черенка является сохранение оптимального водного баланса [13]. И в этом смысле увеличенный объем древесины, располагающийся в надземной части растения, является, скорее, фактором риска повышенного расхода влаги и снижения оводненности укореняемого растения. Поэтому использование укороченных черенков нами рассматривалось не только с точки зрения повышения эффективности использования кондиционной лозы маточных растений, но и точки зрения приживаемости, а также потенциала формирования саженцев, отвечающих всем требованиям действующего стандарта.

Заготовка укороченных черенков, имеющих один глазок в вегетативной части растения, имела следующие особенности. Лоза кондиционного качества нарезалась с двумя глазками таким образом, чтобы срез в нижней части черенка располагался на расстоянии около 5 мм от почки, а в верхней части – на расстоянии порядка 70-80 мм. Увеличение среза в верхней части черенка до 70-80 мм обеспечивает необходимый запас питательных

веществ, а главное, способствует предохранению почки от пересыхания. Глазок с нижней части черенка удаляли. Сам черенок высаживали в школку на такую глубину, при которой расстояние до вегетативного глазка составляло не более 60-70 мм. Используемые в опыте черенки с 2-мя и 3-мя глазками в вегетативной части формировали подобным способом.

Рабочей гипотезой исследований являлось предположение о том, что укороченные черенки с 1 глазком в вегетативной части в условиях засушливого, резко-континентального климата Нижней Волги при оптимальном регулировании водного режима почвы с использованием систем капельного орошения имеют преимущество перед посадочным материалом с 2-3-мя глазками в части укоренения и формирования саженцев стандартного качества. Кроме того, за счет укороченных размеров применение таких черенков позволяет существенно повысить эффективность использования кондиционной лозы маточника.

Экспериментальная часть исследований представлена трехфакторным полевым опытом, заложенным и проведенным в ИП «Шишлянникова М. В.» Дубовского района Волгоградской области, виноградно-винодельческая зона «Нижняя Волга». Исследования проводили на примере четырех сортов винограда: российской селекции (Новочеркасск) Платовский и морозостойких зарубежных [14, 15], – американского Ла Креснт, немецкого Регент и французского Фронтиньяк, – варианты фактора А полевого опыта. В рамках фактора В изучали эффективность использования черенков различной длины для закладки школки питомника в условиях острозасушливого климата Нижнего Поволжья. Использовали три варианта черенков: с 3-мя глазками в вегетативной части (вариант В1), с 2-мя глазками в вегетативной части (вариант В2) и с 1 глазком в вегетативной части (вариант В3). По фактору С изучали два режима орошения. Вариант С1 – поддержание предполивного уровня влажности почвы 90% НВ в период укоренения черенка и 80% НВ – в последующие периоды формирования саженца при постоянной глубине увлажнения 0,6 м (контроль). Вариант С2 отличается дифференцированной глубиной увлажнения почвы: предполивной порог 90% НВ до окончания периода укоренения поддерживали в слое 0,3 м, а 80% НВ, – в последующие периоды формирования саженцев, – поддерживали в слое 0,6 м. В сравнении с ранее проведенными исследованиями [8, 9] вариант предполагает сокращение глубины и повышение нижнего порога регулирования влажности почвы в период укоренения черенка. Решаемая задача – сохранение водного баланса и оптимальной оводненности не укорененного черенка, в том числе, в условиях острой воздушной засухи.

Поливы проводили с использованием системы капельного орошения. Для поддержания порога предполивной влажности почвы на уровне 80% НВ в слое 0,6 м поливы проводили расчетной нормой 190 м³/га. Предполивной порог влажности 90 % НВ в слое 0,6 м поддерживали поливами расчетной нормой 100 м³/га, а в слое 0,3 м – 50 м³/га. Предполивные уровни влажности почвы в вариантах опыта были соблюдены с точностью ± 2%.

Капельные трубопроводы в опытах раскладывали с интервалом в 1,5 м, капельницы на поливном трубопроводе расположены через 0,3 м, расход одного капельного водовыпуска 2,2 л/час. Протяженность одной капельной линии 100 м. Посадочный материал в школку высаживали двустрочным способом, расстояние между растениями в соседних рядах 0,24 м, в одном ряду – 0,1 м.

Почвы опытного участка характеризуются маломощным гумусовым горизонтом 0,20-0,30 м и низким содержанием гумуса, 1,8%, в пахотном слое. Реакция почвенного раствора слабощелочная (рН 7,0-7,2). По содержанию доступных форм элементов питания почвы характеризуются низкой обеспеченностью азотом и подвижным фосфором, средней обеспеченностью обменным калием.

Результаты и обсуждение. Общее число сохраняемых на черенке глазков и его длина являются важными факторами, определяющими рациональное использование заготавливаемой в маточнике кондиционной лозы. Конечно, полнота использования лозы из маточника виноградного питомника определяется случайным образом, но при массовом подходе отходов образуется тем больше, чем больше длинна заготавливаемого черенка, чем больше глазков использовано при его формировании. Поэтому считают, что при использовании укороченных, одноглазковых (в вегетативной части) черенков потенциальный коэффициент размножения может возрастать в 3-4 раза по сравнению с 2-3-х глазковыми черенками [16, 17, 18]. Однако, при этом на первый план выходят задачи, связанные с со-

хранением высоких показателей укореняемости черенков, оптимального роста и развития, вызревания сформированной лозы, выхода стандартных саженцев. В таблице 1 представлены показатели формирования корневой системы будущих виноградных саженцев в школке.

Таблица 1 – Основные параметры укоренения саженцев винограда
Table 1 – The main parameters of rooting of grape seedlings

Число глазков вегетативной части черенка / Number of grape cuttings buds	Горизонт увлажнения (активный слой) / Humidification layer (active layer, м	Доля растений с числом основных корней / The proportion of plants with the number of main roots, %		Доля растений с длиной корней / The Proportion of plants with root length, % от прижившихся черенков /% of engrafted cuttings		
		менее 3 / less than 3	3 и более / or more	менее 12 см / less than	12-20 см	более 20 см / more
сорт Платовский / Platovsky variety						
3	0,6	16,2	83,8	17,1	16,5	66,4
3	0,3-0,6	10,3	89,7	11,4	16,9	71,7
2	0,6	17,0	83,0	18,3	17,3	64,4
2	0,3-0,6	10,1	89,9	11,0	16,7	72,3
1	0,6	15,8	84,2	15,5	15,9	68,6
1	0,3-0,6	9,9	90,1	11,1	16,2	72,7
сорт Ла Креснт / La Kresnt variety						
3	0,6	17,2	82,8	19,1	14,2	66,7
3	0,3-0,6	9,3	90,7	12,7	13,9	73,4
2	0,6	15,0	85,0	16,7	15,0	68,3
2	0,3-0,6	7,1	92,9	9,4	13,9	76,7
1	0,6	14,9	85,1	16,0	14,9	69,1
1	0,3-0,6	8,2	91,8	9,1	14,2	76,7
сорт Регент / Regent variety						
3	0,6	18,2	81,8	20,4	16,3	63,3
3	0,3-0,6	12,7	87,3	17,2	15,9	66,9
2	0,6	16,4	83,6	18,2	16,1	65,7
2	0,3-0,6	11,6	88,4	16,1	16,2	67,7
1	0,6	15,9	84,1	17,9	16,5	65,6
1	0,3-0,6	11,7	88,3	16,5	15,7	67,8
сорт Фронтиньяк / Variety Frontignac						
3	0,6	14,2	85,8	16,4	13,2	70,4
3	0,3-0,6	11,3	88,7	11,2	13,5	75,3
2	0,6	12,7	87,3	15,5	12,7	71,8
2	0,3-0,6	9,6	90,4	10,9	13,1	76,0
1	0,6	12,9	87,1	15,3	13,5	71,2
1	0,3-0,6	8,1	91,9	11,2	12,9	75,9
НСР ₀₅	Фактор А / Factor A	2,1	2,1	1,9	1,3	3,2
	Фактор В / Factor B	1,8	1,8	1,7	1,1	2,8
	Фактор С / Factor C	1,5	1,5	1,3	0,9	2,3
	ABC	5,1	5,1	4,7	3,2	7,8

Стандарт на виноградные саженцы (ГОСТ 31783-2012) регламентирует необходимость формирования не менее 3 основных корней на растении. Исследования показали, что до 18,2% от числа принявшихся саженцев винограда имели некондицию по числу сформировавшихся основных корешков. Существенная разница по числу сформированных

основных корешков на растении отмечена в вариантах с различными режимами орошения школки. В вариантах с наиболее частыми поливами, где до укоренения школки порог предполивной влажности почвы поддерживали на уровне 90% НВ в слое 0,3 м, количество прижившихся саженцев с числом основных корней более 3 оказалось на 3,1-7,9% больше, чем при поддержании постоянного, 0,6 м, горизонта увлажнения. Отмечен тренд к увеличению числа сформировавшихся основных корней саженца на укороченных черенках винограда, с одним вегетативным глазком по отношению к трехглазковым черенкам. Не во всех сочетаниях, но получены и статистически значимые эффекты. В целом порядка 81,8-92,9% прижившихся растений имели три и более основных корешка.

Для формирования стандартных виноградных саженцев также важно, чтобы были достигнуты определенные, минимальные массообъемные параметры корневой системы. Биометрию корней саженца винограда оценивал и по длине основных корней, которая, согласно стандарту, должна быть не менее 12 см. В опытах наблюдалось до 9,1-20,4% прижившихся растений, у которых длина корней была меньше 12 см, то есть не отвечала требованиям стандарта. Важно, что и в этом случае дифференцированная глубина увлажнения почвы, 0,3-0,6 м, при капельном поливе школки, на 3,2-7,3% снижало долю прижившихся саженцев с недостаточно сформированной корневой системой.

Саженьцы с длиной корней 12 см и более отвечают требованиям стандарта. Однако в таблице 1 мы выделили число растений с длиной корней 12-20 см и более 20 см. Саженьцы с наилучшим развитием корневой системы и сбалансированно развитой лозой, у которых длина корней превышает отметку в 20 см, относятся к посадочному материалу высшей категории качества. Исследования показали, что по развитию корневой системы 63,3-76,7% прижившихся саженцев можно отнести к высшей категории.

Наилучшие условия для формирования корневой системы формировались при дифференцированной глубине увлажнения почвы, 0,3-0,6 м, то есть на участках, где в период укоренения предполивной порог 90% НВ поддерживал в слое 0,3 м. Этот фактор вновь оказался существенным, обеспечивая прирост числа растений с хорошо развитой корневой системой. А вот статистически значимой зависимости от размера высаживаемого в школку черенка получено не было, доля прижившихся саженцев с длиной корней более 20 см оставалась примерно равным.

Таким образом, развитие корневой системы прижившихся саженцев винограда в целом обеспечивает хорошие показатели для формирования посадочного материала высших категорий качества. Исследования показали, что более проблемным в этом смысле является формирование и вызревание лозы саженца. По этому показателю в первую очередь идет отбраковка саженцев винограда, не отвечающих требованиям стандарта. В таблице 2 приведены экспериментальные данные по процентному распределению прижившихся саженцев с разным диапазоном длин вызревшего побега.

Требования стандарта ограничивают возможность применения саженцев винограда с длиной вызревшей лозы менее 20 см. В опытах доля таких растений из числа прижившихся саженцев составляла 14,3-27,6%. Изучаемые приемы оказывали существенное влияние на формирование лозы виноградного саженца. В частности, на участках с дифференцированной, 0,3-0,6 м, глубиной увлажнения почвы виноградных саженцев с длиной вызревшей лозы более 20 см оказалось на 1,9-10,9% больше, чем при увлажнении постоянного, 0,6 м, слоя почвы.

Длина черенка и количество оставляемых вегетативных глазков при закладке растений в школку оказались менее значимым фактором, чем режим капельного орошения. Статистические различия по выходу саженцев со стандартной длиной вызревшей лозы здесь получены не для всех вариантов. Однако сохраняется общая тенденция лучшего развития лозы на участках, где школку формировали из черенков с одним вегетативным глазком. Число растений с вызревшей лозой более 20 см на участках этих вариантов на 0,2-5,7% больше, чем при закладке школки черенками с тремя вегетативными глазками. В ряде случаев эти преимущества статистически значимы. По сортам каких-либо достоверных различий не выявлено и при благоприятных условиях они все имеют хороший потенциал для формирования высококачественного посадочного материала.

Таблица 2 – Формирование лозы саженца винограда в зависимости от сочетания регулируемых факторов
Table 2 – Vine formation of a grape seedling depending on a combination of regulated factors

Число глазков вегетативной части черенка / Number of grape cuttings buds	Горизонт увлажнения (активный слой) / Humidi- fication layer active layer, м	Доля растений с длинной вызревшего побега % т прижившихся черенков / The proportion of plants with a long ripened shoot, % of engrafted cuttings						
		менее 20 см / less than	21-30 см	31-40 см	40-50 см	более 50 см / more	более 30 см / more	более 20 см / more
сорт Платовский / Platovsky variety								
3	0,6	21,8	21,2	36,7	12,5	7,8	57,0	78,2
3	0,3-0,6	19,7	17,7	37,2	16,4	9,0	62,6	80,3
2	0,6	18,8	17,5	40,1	14,2	9,4	63,7	81,2
2	0,3-0,6	15,2	15,2	41,0	18,3	10,3	69,6	84,8
1	0,6	22,7	17,3	41,0	13,2	5,8	60,0	77,3
1	0,3-0,6	16,7	15,5	41,4	17,1	9,3	67,8	83,3
сорт Ла Креснт / La Kresnt variety								
3	0,6	23,5	24,2	35,5	13,4	3,4	52,3	76,5
3	0,3-0,6	16,9	19,4	36,2	17,7	9,8	63,7	83,1
2	0,6	20,7	20,7	39,4	15,5	3,7	58,6	79,3
2	0,3-0,6	16,7	17,2	40,1	18,5	7,5	66,1	83,3
1	0,6	18,3	21,0	38,9	16,1	5,7	60,7	81,7
1	0,3-0,6	16,4	17,5	39,9	18,5	7,7	66,1	83,6
сорт Регент / Regent variety								
3	0,6	27,6	29,7	31,2	9,2	2,3	42,7	72,4
3	0,3-0,6	16,7	27,2	36,5	14,9	4,7	56,1	83,3
2	0,6	23,4	23,1	34,7	14,2	4,6	53,5	76,6
2	0,3-0,6	16,4	21,7	38,4	17,3	6,2	61,9	83,6
1	0,6	21,9	24,0	33,9	14,0	6,2	54,1	78,1
1	0,3-0,6	16,0	20,5	37,8	18,1	7,6	63,5	84,0
сорт Фронтиньяк / Variety Frontignac								
3	0,6	25,5	17,5	41,4	11,7	3,9	57,0	74,5
3	0,3-0,6	17,4	13,2	43,2	17,3	8,9	69,4	82,6
2	0,6	23,4	16,2	44,5	11,9	4,0	60,4	76,6
2	0,3-0,6	14,3	12,9	46,1	16,9	9,8	72,8	85,7
1	0,6	22,7	16,5	43,9	12,0	4,9	60,8	77,3
1	0,3-0,6	15,6	13,1	45,2	17,1	9,0	71,3	84,4
НСП ₀₅	Фактор А / Factor A	-	-	-	-	1,2	3,1	2,6
	Фактор В / Factor B	-	-	-	-	1,0	2,7	2,2
	Фактор С / Factor C	-	-	-	-	0,8	2,2	1,8
	ABC	-	-	-	-	2,9	7,6	6,3

До сих пор мы проводили анализ относительно укоренившегося посадочного материала. Однако сам процесс укоренения находится под давлением целого комплекса факторов, не все из которых благоприятны и способствуют приживаемости растений. В условиях жаркого сухого климата Нижней Волги большое значение для укоренения саженца имеет поддержание его оптимального водного баланса. Водный баланс черенка винограда определяется диффузией почвенной влаги через одревесневшую ткань в подпочвенной части саженца и испарением влаги с поверхности надземной части саженца, включая транспирацию молодых листьев, которые часто формируются раньше корешков. Если испарение влаги с поверхности надземной части черенка превышает поступление влаги из почвы, оводненность тканей растения снижается, что связано с риском высыхания глазка.

Длина черенка и размер его надземной части, определяя поверхность испарения, самым непосредственным образом связаны с формированием расходной части водного баланса растения. Исследования показали, что в условиях воздушной засухи это является важным фактором приживаемости посадочного материала (таблица 3). На участках, где

использовали черенки с тремя вегетативными глазками, этот показатель оказался самым низким. Число укоренившихся виноградных саженцев здесь не превышало 51-71% от количества высаженных в школку черенков.

Таблица 3 – Продуктивность виноградной школки в опытах
Table 3 – Productivity of the grape school in experiments

Сорт / Variety	Число глазков вегетативной части черенка / Number of grape cuttings buds	Горизонт увлажнения (активный слой) / Humidification layer (active layer, м	Приживаемость / Survival rate		Выход стандартных саженцев / Output of standard seedlings	
			шт./га pcs/ha	% от числа высаженных черенков / % of the number of planted cuttings	шт./га pcs/ha	% от числа высаженных черенков / % of the number of planted cuttings
Платовский / Platovsky	3	0,6	72600	55	56760	43
Платовский / Platovsky	3	0,3-0,6	93720	71	75240	57
Платовский / Platovsky	2	0,6	84480	64	68640	52
Платовский / Platovsky	2	0,3-0,6	104280	79	88440	67
Платовский / Platovsky	1	0,6	87120	66	67320	51
Платовский / Platovsky	1	0,3-0,6	102960	78	85800	65
Ла Креснт / La Cresnt	3	0,6	67320	51	51480	39
Ла Креснт / La Cresnt	3	0,3-0,6	85800	65	71280	54
Ла Креснт / La Cresnt	2	0,6	76560	58	60720	46
Ла Креснт / La Cresnt	2	0,3-0,6	95040	72	79200	60
Ла Креснт / La Cresnt	1	0,6	79200	60	64680	49
Ла Креснт / La Cresnt	1	0,3-0,6	96360	73	80520	61
Регент / Regent	3	0,6	76560	58	55440	42
Регент / Regent	3	0,3-0,6	87120	66	72600	55
Регент / Regent	2	0,6	84480	64	64680	49
Регент / Regent	2	0,3-0,6	96360	73	80520	61
Регент / Regent	1	0,6	84480	64	66000	50
Регент / Regent	1	0,3-0,6	99000	75	83160	63
Фронтиньяк / Frontignac	3	0,6	72600	55	54120	41
Фронтиньяк / Frontignac	3	0,3-0,6	91080	69	75240	57
Фронтиньяк / Frontignac	2	0,6	84480	64	64680	49
Фронтиньяк / Frontignac	2	0,3-0,6	101640	77	87120	66
Фронтиньяк / Frontignac	1	0,6	87120	66	67320	51
Фронтиньяк / Frontignac	1	0,3-0,6	101640	77	85800	65
НСР ₀₅	Фактор А / Factor A		174	-	153	-
	Фактор В / Factor B		151	-	133	-
	Фактор С / Factor C		123	-	108	-
	ABC		426	-	375	-

При посадке в школку укороченных черенков с одним вегетативным глазком приживаемость растений составила 60-78%. Сопоставимые результаты были получены по посадочному материалу с двумя вегетативными глазками, где приживаемость саженцев составила 58-79%.

Существенный эффект повышения приживаемости высаживаемых в школку черенков был получен в вариантах с различными режимами капельного орошения. Наилучшие условия для укоренения саженцев винограда обеспечивались при поддержании предполивного порога влажности почвы 90% НВ в слое 0,3 м, что требовало проведения наиболее частых поливов поливной нормой 50 м³/га. В среднем здесь приживалось 65-78% всех высаженных растений. При поддержании в период укоренения черенков того же предполивного уровня, но в слое 0,6 м, сопровождалось снижением влажности почвы в пахотном слое и, особенно, в зоне размещения черенков.

Это снижало оводненность тканей высаженных растений и создавало дополнительные риски для гибели виноградного саженца из-за высыхания глазков. На участках этого варианта в среднем приживалось 51-66% высаженных в школку черенков.

Часть прижившихся саженцев винограда отбраковывалась по рассмотренным выше критериям. Выход полностью сформированного посадочного материала, отвечающего всем требованиям стандарта, изменялся, по вариантам опыта, в пределах 41-67%. Наибольший выход стандартных саженцев винограда, 60-67%, обеспечивался при поддержании предполивного порога влажности почвы, 90-80% НВ, в дифференцируемом по периодам развития слое почвы, 0,3-0,6 м и использовании черенков с 1-м или 2-мя вегетативными глазками. Использование черенков с 3-мя вегетативными глазками, при прочих равных условиях, не только не имело преимуществ перед укороченными черенками, но и снижало выход стандартных саженцев до 54-57%.

В заключение рассмотрим еще одну группу данных, имеющих значение с точки зрения потенциала практического освоения разработанных приемов (таблица 4).

Основная задача при выращивании саженцев, – это обеспечить укоренение черенка и сформировать растение, отвечающее требованиям стандарта качества. Нужно обеспечить достаточно быстрый и мощный рост лозы, чтобы впоследствии она успела вызреть, а длина вызревшей части была не меньше установленной стандартом. При этом дополнительные вегетативные побеги, образующиеся на прижившемся черенке винограда, не только не способствуют решению этих задач, но, по сути, являются конкурентами, замедляющими рост друг друга. Дополнительные вегетативные побеги, формирующиеся на будущем саженце винограда, обламывают. Последнее требует дополнительного расхода ресурсов и кропотливого ручного труда, так как машинных технологий для подобного рода операций в настоящее время не создано. Поэтому конкурентное побегообразование можно и нужно рассматривать как отрицательный фактор, сопряженный с риском формирования нестандартной продукции и увеличением затрат производственного цикла.

В таблице 4 приведены данные, характеризующие особенности побегообразования виноградных саженцев в зависимости от сочетания регулируемых в опыте факторов.

Исследования показали, что подавляющее большинство трехглазковых черенков, которые прошли стадию укоренения на опытном участке, заложили по три и более побега на растении. По три побега сформировали 83,4-89,2% саженцев винограда сорта Платовский, 84,8-85,1% саженцев сорта Ла Креснт, 76,2-81,3% сорта Регент и д 89,1-93,5% сорта Фронтиньяк. Каких либо закономерностей образования конкурирующих побегов в зависимости от режима капельного орошения установлено не было.

На участках вариантов, где закладка школки осуществлялась черенками с двумя вегетативными глазками, 78,4-94,5% растений сформировали по два конкурирующих побега и еще на 5,1-19,3% растений было заложено по одному побегу. В единичных случаях отмечалось формирование по три конкурирующих побега и более.

Таблица 4 – Особенности побегообразования виноградных саженцев в школке
Table 4 – Features of shoot formation of grape seedlings in the school

Число глазков вегетативной части черенка / Number of grape cuttings buds	Горизонт увлажнения (активный слой) / Humidification layer (active layer, м	Доля растений с числом образовавшихся побегов / The proportion of plants with the number of shoots formed, % от прижившихся черенков / % of engrafted cuttings			
		1	2	3	более 3 / more
сорт Платовский / Platovsky variety					
3	0,6	4,2	12,0	83,4	0,4
3	0,3-0,6	2,1	8,4	89,2	0,3
2	0,6	13,9	85,8	0,3	0,0
2	0,3-0,6	7,2	92,1	0,6	0,1
1	0,6	99,2	0,6	0,2	0,0
1	0,3-0,6	99,0	0,9	0,1	0,0
сорт Ла Креснт / La Kresnt variety					
3	0,6	1,5	13,1	85,1	0,3
3	0,3-0,6	2,0	12,8	84,8	0,4
2	0,6	11,9	87,2	0,7	0,2
2	0,3-0,6	11,2	88,4	0,4	0,0
1	0,6	99,5	0,5	0,0	0,0
1	0,3-0,6	99,2	0,6	0,2	0,0
сорт Регент / Regent variety					
3	0,6	7,2	15,7	76,2	0,9
3	0,3-0,6	3,5	14,2	81,3	1,0
2	0,6	19,3	78,4	2,2	0,1
2	0,3-0,6	13,4	85,6	0,9	0,1
1	0,6	98,7	0,9	0,4	0,0
1	0,3-0,6	99,4	0,6	0,0	0,0
сорт Фронтиньяк / Variety Frontignac					
3	0,6	3,5	6,7	89,1	0,7
3	0,3-0,6	0,7	5,5	93,5	0,3
2	0,6	8,6	90,2	1,1	0,1
2	0,3-0,6	5,1	94,5	0,4	0,0
1	0,6	99,6	0,3	0,1	0,0
1	0,3-0,6	99,8	0,2	0,0	0,0
НСП ₀₅	Фактор А / Factor A	2,4	2,8	2,9	0,8
	Фактор В / Factor B	2,1	2,4	2,5	0,7
	Фактор С / Factor C	1,7	1,9	2,1	0,6
	ABC	5,9	6,7	7,1	2,0

Прижившиеся черенки с одним вегетативным глазком в большинстве случаев формировали по одному побегу. Доля таких растений на этих вариантах опыта достигала 98,7-99,8%. Очень небольшое число растений сформировали по два или три конкурирующих побега. Таким образом, использование черенков с одним вегетативным глазком является единственным вариантом, который позволяет исключить дополнительные уходы за школкой с целью удаления конкурирующих побегов.

Заключение. Научно обоснованы приемы ускоренного размножения перспективных сортов винограда в условиях жаркого, острозасушливого климата Нижнего Поволжья. Предложенные решения базируются на использовании укороченных черенков с одним вегетативным глазком и адаптированных режимах капельного орошения школки, обеспечивающих увеличение приживаемости и формирования саженцев, отвечающих всем требованиям стандарта. Экспериментально доказана возможность получения до 61-65% стандартных саженцев от общего

числа высаженных в школку укороченных, одноглазковых черенков винограда при проведении капельных поливов и поддержании порога предполивной влажности почвы 90-80% НВ в дифференцируемом слое увлажнения 0,3-0,6 м. Это практически сопоставимо с вариантом использования черенков, на которых оставлены два вегетативных глазка (60-67%) и статистически значимо превышает продуктивность школки, заложенной трехглазковыми черенками (54-57%). Проведение частых поливов нормой 50 м³/га для поддержания предполивной влажности 90% НВ в слое 0,3 м до фазы укоренения черенка обеспечивает преимущество по числу формируемых основных корней, их развитию и длине, а также по динамике роста и формированию вызревшей лозы саженца винограда. Этим обеспечивается повышение числа укоренившихся растений и выхода стандартных саженцев. Использование укороченных одноглазковых черенков винограда позволяет почти совсем исключить образование конкурирующих побегов и, как следствие, затраты на дополнительные уходы за школкой для их удаления.

Conclusions. The methods of accelerated reproduction of promising grape varieties in the hot, acutely arid climate of the Lower Volga region are scientifically substantiated. The proposed solutions are based on the use of shortened cuttings with one vegetative eye and adapted drip irrigation modes of the school, providing increased survival and formation of seedlings that meet all the requirements of the standard. The possibility of obtaining up to 61-65% of standard seedlings from the total number of shortened, single-eyed grape cuttings planted in the school during drip irrigation and maintaining the threshold of pre-watering soil moisture of 90-80 has been experimentally proven. The HB in the differentiated layer is 0.3-0.6 m. This is practically comparable with the option of using cuttings on which two vegetative eyes are left (60-67%) and statistically significantly exceeds the productivity of the school laid with three-eyed cuttings (54-57%). Carrying out frequent watering at a rate of 50 m³/ha to maintain a pre-watering humidity of 90% HB in a layer of 0.3 m before the rooting phase of the cuttings provides an advantage in the number of formed main roots, their development and length, as well as in the dynamics of growth and formation of the ripened vine of the grape seedling. This ensures an increase in the number of rooted plants and the yield of standard seedlings. The use of shortened single-eyed grape cuttings makes it possible to almost completely eliminate the formation of competing shoots and, as a result, the cost of additional care for the school to remove them.

Библиографический список

1. Площади многолетних плодовых насаждений и ягодных культур. Федеральная служба государственной статистики. <https://fedstat.ru/indicator/37660>.
2. 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.
3. Павленко И. Г. Особенности развития винодельческой отрасли Российской Федерации и стран мира. Вестник Северо-Осетинского государственного университета имени К. Л. Хетагурова. 2023. № 3. С. 233-240.
4. Баймухаметова Л. Российское виноделие: аналитическое исследование. 2024. Национальные Кредитные Рейтинги (НКР). <https://ratings.ru/>.
5. Егоров Е. А., Петров В. С., Ненько Н. И., Юрченко Е. Г., Талаш А. И., Панкин М. И. Закладка виноградных насаждений корнесобственным посадочным материалом. Виноделие и виноградарство. 2016. № 1. С. 15-20.
6. Петров В. С. Инновации для устойчивого развития отрасли виноградарства в Российской Федерации. Виноделие и виноградарство. 2021. № 3. С. 4-11.
7. Овчинников А. С., Бородычев В. В., Гуренко В. М. R 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.
8. Курапина Н.В., Никольская О.А. Выход стандартных саженцев амурского винограда (*vitisamurensis*) на светло-каштановых почвах // Орошаемое земледелие. 2019. № 1. С. 46-49.
9. Овчинников А.С., Григоров С.М., Ратанов М.В., Келлер Д.А. Водопотребление виноградной школки при различных технологиях посадки // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 2 (38). С. 88-104. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-33.
10. Майбородин С.В. Выращивание корнесобственных саженцев винограда. Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 6-1 (96). С. 158-160.
11. Кружилин И. П., Курапина Н. В., Гусев Д. Э. Элементы технологии выращивания саженцев винограда при капельном орошении. Природообустройство. 2008. № 3. С. 25-29.
12. Павлюченко Н. Г., Мельникова С. И., Зимина Н. И., Колесникова О. И. Влияние салициловой кислоты на регенерацию и развитие виноградных саженцев. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 209-218.
13. Овчинников А. С., Бородычев В. В., Храбров М. Ю., Гуренко В. М. Перспективы развития виноградарства и виноделия в Нижневолжском регионе. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 1 (37). С. 6-13.

14. Cioch-skoneczny M., Satora P., Skoneczny S., Klimczak K. Physicochemical characterization of wines produced using indigenous yeasts from cold climate grapes // *European Food Research and Technology*. – 2021. – V. 247. – N 1. – P. 201-209. DOI: 10.1007/s00217-020-03618-5.

15. Olson B.K., Brooke M., Wang Zh., Svyantek A., Stenger J., Hatterman-Valenti H. Frontenac grape response to canopy management in north Dakota // *Horticulturae*. – 2021. – V. 7. – N 9. – P. 288. – DOI: 10.3390/horticulturae7090288.

16. Юнусов О. Б. Выращивание саженца винограда разными способами. Экономика и социум. 2023. № 11-1 (114). С. 1173-1175.

17. Сеget О. Л., Алейникова Г. Ю. Усовершенствование технологии производства саженцев для укрывной зоны виноградарства. Вестник КрасГАУ. 2021. № 8 (173). С. 80-84.

18. Малых Г. П., Яковцева О. Л. Некоторые элементы агротехники выращивания вегетирующих саженцев. Вестник Донского государственного аграрного университета. 2017. № 1-1 (23). С. 50-60.

References

1. Areas of perennial fruit plantations and berry crops. Federal State Statistics Service. <https://fedstat.ru/indicator/37660>.

2. 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 the Development of Viticulture and Winemaking in the Russian Federation and Measures to Improve Them. Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2024. № 2 (58). Pp. 56-65.

3. Pavlenko I. G. Features of the development of the wine-making industry of the Russian Federation and the countries of the world. Bulletin of the North Ossetian State University named after K. L. Khetagurov. 2023. № 3. Pp. 233-240.

4. Baimukhametova L. Russian Winemaking: Analytical Research. 2024. National Credit Ratings (NCR). <https://ratings.ru/>.

5. Egorov E. A., Petrov V. S., Nenko N. I., Yurchenko E. G., Talash A. I., Pankin M. I. Laying of vinograd plantations with root planting material. Winemaking and viticulture. 2016. № 1. Pp. 15-20.

6. Petrov V. S. Innovations for the sustainable development of the viticulture industry in the Russian Federation. Winemaking and viticulture. 2021. № 3. Pp. 4-11.

7. Ovchinnikov A. S., Borodychev V. V., Gurenko V. M. R on the issue of developing a law and a program for the development of the viticulture and winemaking industry in the Volgograd region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020. № 2 (58). Pp. 14-28.

8. Kurapina N.V., Nikol'skaja O.A. Vyhod standartnyh sazhencev amurskogo vinograda (vitisamurensis) na svetlo-kashtanovyh pochvah // *Oroshaemoe zemledelie*. 2019. № 1. S. 46-49.

9. Ovchinnikov A.S., Grigorov S.M., Ratanov M.V., Keller D.A. Vodopotreblenie vinogradnoj shkolki pri razlichnyh tehnologijah posadki // *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii*. 2020. № 2 (38). S. 88-104. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-03-33.

10. Mayborodin S. V. Cultivation of root seedlings of grapes. International Research Journal. 2020. № 6-1 (96). Pp. 158-160.

11. Kruzhilin I. P., Kurapina N. V., Gusev D. E. Elements of the technology of growing grape seedlings with drip irrigation. Environmental Engineering. 2008. № 3. Pp. 25-29.

12. Pavlyuchenko N. G., Melnikova S. I., Zimina N. I., Kolesnikova O. I. Influence of salicylic acid on the regeneration and development of grape seedlings. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 2 (70). Pp. 209-218.

13. Ovchinnikov A. S., Borodychev V. V., Khrabrov M. Yu., Gurenko V. M. Prospects for the development of viticulture and winemaking in the Lower Volga region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2015. № 1 (37). Pp. 6-13.

14. Cioch-skoneczny M., Satora P., Skoneczny S., Klimczak K. Physicochemical characterization of wines produced using indigenous yeasts from cold climate grapes // *European Food Research and Technology*. – 2021. – V. 247. – N 1. – P. 201-209. DOI: 10.1007/s00217-020-03618-5.

15. Olson B. K., Brooke M., Wang Zh., Svyantek A., Stenger J., Hatterman-Valenti H. Frontenac grape response to canopy management in north Dakota // *Horticulturae*. – 2021. – V. 7. – N 9. – P. 288. – DOI: 10.3390/horticulturae7090288.

16. Yunusov O. B. Growing a grape seedling in different ways. Economics and society. 2023. № 11-1 (114). Pp. 1173-1175.

17. Seget O. L., Aleynikova G. Yu. Vestnik KrasGAU. 2021. № 8 (173). Pp. 80-84.

18. Malykh G. P., Yakovtseva O. L. Some elements of agricultural technology for growing vegetative seedlings. Bulletin of the Don State Agrarian University. 2017. № 1-1 (23). Pp. 50-60.

Информация об авторах

Гуренко Владимир Михайлович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова», (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: 0000-0002-2172-0758, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Лытов Михаил Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова», (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Семененко Сергей Яковлевич, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом оросительных мелиораций, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова», (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID ID: 0000-0001-5992-8127, e-mail: semenenkosy.vniioz@yandex.ru

Author's Information

Gurenko Vladimir Mikhailovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, All-Russian 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" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID: 0000-0002-2172-0758, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Lytov Michail Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian 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" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Semenenko Sergey Yakovlevich, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Irrigation Reclamation Department, All-Russian 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" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID ID: 0000-0001-5992-8127, e-mail: semenenkosy.vniioz@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-16

GROWING ORIGINAL TOMATO VARIETIES IS ECONOMICALLY PROFITABLE**Kigashpayeva O. P., Gulin A. V., Machulkina V. A., Dzhabrailova V. Y., Mukanov M. V.**

*All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»
Kamyzyak, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vniioz@mail.ru

Received 15.08.2024

Submitted 17.10.2024

The research was carried out within the framework of the state task on the topic №. FNMW-2022-0013 "To create lines, varieties, hybrids of vegetable, melon and industrial crops with a given set of economically valuable features and to improve the elements of zonal agrotechnologies of their cultivation in irrigated conditions of the Lower Volga region" (Reg. no. 1021060307591-3-4.1.1) budget financing programs for 2022-2024 Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Abstract

Introduction. Growing original tomato varieties in modern market conditions is relevant. The purpose of our work is to determine the economic efficiency of cultivating new original tomato varieties selected by the Institute. Novelty – for the first time, a study was carried out on the economic efficiency of growing and selling new original tomato varieties from Astrakhan breeders. **Materials and methods.** The objects of study were tomato varieties: Bull's Heart Raspberry, Bulldog, Raspberry Ball, Avdeevsky, Astrakhan (control). When studying economic efficiency, net income, production costs, and profitability were taken into account. The work was carried out in accordance with current GOSTs for fresh products, guidelines for determining quality; dry matter, total sugars, ascorbic acid – in accordance with current methods for fresh products. **Results.** The varieties Bulldog and Bull Heart Raspberry had high taste qualities: 1.7-1.6 times higher than the Astrakhan standard, and varieties Raspberry Shar and Avdeevsky 1.1-1.2. which explains their high consumer demand. The yield of all studied varieties is higher than the standard by 20.9 t/ha (Crimson Bull's Heart) – 5.5 t/ha (Bulldog variety). As economic efficiency calculations showed, the cost of growing these varieties ranged from 3.27 to 4.24 rubles per 1 kg of product. Profitability ranged from 142.9% (Bulldog) to 201.3% (Crimson Ox Heart) versus 125.8% for the control variety. **Conclusions.** Growing new original tomato varieties Bulldog, Avdeevsky, Raspberry Shar and Bull's Heart Raspberry is economically profitable, since the net income of their cultivation is higher than the costs and ranged from 14.3 times to 20.1 times versus 12.5 times for the control. The highest net income was noted for the Raspberry Bull Heart variety, which is explained by its high taste quality; sugar-acid index 12.4, acid units with a tasting rating of 5 points. Growing original tomato varieties is economically profitable: it will help ensure the stability of the country's agricultural production; the fruits of these varieties can be used for functional nutrition.

Keywords: tomatoes, tomato varieties, sugar-acid index, tomato fruit fractions, economic efficiency of tomato cultivation.

Citation. Kigashpaeva O. P., Gulin A. V., Machulkina V. A., Dzhabrailova V. Yu., Mukanov M. V. Growing original tomato varieties is economically profitable. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 163-170 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-16.

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

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

УДК 635.64

ВЫРАЩИВАНИЕ ОРИГИНАЛЬНЫХ СОРТОВ ТОМАТА ЭКОНОМИЧЕСКИ ВЫГОДНО

Кигашпаева О. П., кандидат сельскохозяйственных наук
Гулин А. В., кандидат сельскохозяйственных наук
Мачулкина В. А., доктор сельскохозяйственных наук
Джабраилова В. Ю., младший научный сотрудник
Муканов М. В., младший научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства –
филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»
г. Камызяк, Российская Федерация

*Исследования проведены в рамках выполнения госзадания по теме No FNMW-2022-0013
«Создать линии, сорта, гибриды овощных, бахчевых и технических культур с заданным
набором хозяйственно ценных признаков и усовершенствовать элементы зональных
агротехнологий их возделывания в орошаемых условиях Нижнего Поволжья»
(Рег. № 1021060307591-3-4.1.1) программы бюджетного финансирования на 2022-2024 гг.
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации*

Аннотация. Выращивание оригинальных сортов томата в современных рыночных условиях является **актуальным**. **Цель** нашей работы – определение экономической эффективности возделывания новых оригинальных сортов томата селекции института. **Новизна** – впервые проведено изучение экономической эффективности выращивания и реализации новых оригинальных сортов томата астраханских селекционеров. **Материалы и методика.** Объектами изучения были сорта томата: Бычье сердце малиновое, Бульдог, Малиновый шар, Авдеевский, Астраханский (контроль). При изучении экономической эффективности учитывался чистый доход, себестоимость продукции, рентабельность. Работа проводилась в соответствии с действующими ГОСТ на свежую продукцию, методическими указаниями по определению качества; сухое вещество, сумма сахаров, аскорбиновая кислота – в соответствии с действующими методиками на свежую продукцию. **Результаты.** Высокими вкусовыми качествами отличались сорта Бульдог и Бычье сердце малиновое: в 1,7-1,6 раза выше стандарта Астраханский, а сорта Малиновый шар и Авдеевский в 1,1-1,2. что объясняет их высокий потребительский спрос. Урожайность всех изучаемых сортов выше стандарта на 20,9 т/га (Бычье сердце малиновое) – 5,5 т/га (сорт Бульдог). Как показали расчеты экономической эффективности, себестоимость выращивания этих сортов колебалась в пределах от 3,27 до 4,24 рубля за 1 кг продукции. Рентабельность оставляла от 142,9% (Бульдог) до 201,3% (Бычье сердце малиновое) против 125,8% у сорта контроль. **Выводы.** Выращивание новых оригинальных сортов томата Бульдог, Авдеевский, Малиновый шар и Бычье сердце малиновое экономически выгодно, так как чистый доход их выращивания выше затрат и варьировал от 14,3 раз до 20,1 раза против 12,5 раза контроля. Наибольший чистый доход отмечен у сорта Бычье сердце малиновое, что объясняется высоким вкусовым качеством; сахарно-кислотный индекс 12,4, кислотные единицы при дегустационной оценке 5 баллов. Выращивание оригинальных сортов томата экономически выгодно: это будет способствовать обеспечению стабильности сельскохозяйственного производства страны; плоды этих сортов можно использовать для функционального питания.

Ключевые слова: томаты, сорта томата, сахарно-кислотный индекс, фракции плодов томата, экономическая эффективность возделывания томата.

Цитирование. Кигашпаева О. П., Гулин А. В., Мачулкина В. А., Джабраилова В. Ю., Муканов М. В. Выращивание оригинальных сортов томата экономически выгодно. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 163-170. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-16.

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. Отрасль сельского хозяйства России способна удовлетворять растущие потребности населения в овощной продукции, в частности томатами [1]. В Астраханском агропромышленном комплексе (АПК) имеются все условия для получения высоких урожаев овощных культур, что позволит полностью обеспечить не только область, но и страну овощной продукцией, в частности оригинальными, с высокими пищевыми качествами плодами томата [2, 3, 4, 5].

Роль и значение качества продукции постоянно возрастают, а подъем уровня культуры и образования с каждым днем делает потребителя более разборчивым и требовательным. Покупатель предпочитает приобретать продукцию высокого качества, независимо от стоимости [6, 7]. В настоящее время астраханский рынок заполнен овощами (в том числе и томатами) наиболее распространенных сортов иностранной селекции. Эти сорта характеризуются высокой урожайностью, прочностью кожицы, но имеют низкие вкусовые качества. Селекционеры Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства, равно как и других научных учреждений, создали новые сорта, пользующиеся повышенным спросом у населения благодаря нежной кожице и высокому деликатесному вкусу [8, 9, 10]. Как известно, плоды таких сортов должны быть не только с повышенным содержанием полезных пищевых компонентов, но и антиоксидантов, которые играют важную лечебно-профилактическую роль. Широкое распространение и повышенный спрос обеспечат им как привлекательная форма и окраска, так и пищевая ценность за счет высокого содержания физиологически активных и минеральных веществ [11, 12, 13]. К таким томатам селекционеры относят группу сортов со средней массой плода 250-300 г и более и разной окраской: малиновой, красной, розовой, желтой. Основной причиной, сдерживающей объем производства таких сортов, является потеря качества при их транспортировке, хранении из-за тонкой кожицы, быстрого размягчения и, как следствие, снижение товарного качества. А расширение распространения этих сортов во многом зависит от их экономической эффективности, при которой учитываются не только затраты труда и средств на их производство, но также объем капиталовложений и затраты на перевозку этой продукции к местам потребления. Известно, что экономическая эффективность производства томатов – это уровень производительности общественного труда, максимальное производство продукции с единицы земельной площади при минимальных затратах труда и средств на производство единицы продукции [14, 15].

Как считают ученые, при определении экономической эффективности выращивания томатов необходимо учитывать выход валовой продукции в рублях, валовой и чистый доход в расчете:

- на 1 га высаженных томатов;
- на 1 чел-день;
- на 100 руб основных и производственных фондов;
- на 100 руб всех затрат.

По мнению многих авторов, экономическая эффективность выращивания таких сортов томатов во многом зависит от совокупности показателей, которые могут изменяться в зависимости от объема оценки и производственных условий, а также качества плодов [16]. Поэтому была поставлена **цель** – определить экономическую эффективность новых салатных оригинальных сортов томата, выведенных селекционерами ВНИИООБ. **Задача** – осуществить подбор оригинальных салатных сортов томата, не утрачивающих технологических и потребительских качеств и дать экономическую оценку выращивания и реализации по сравнению с сортом – стандартом.

Новизна работы – впервые проведено изучение экономической эффективности выращивания и реализации оригинальных крупноплодных сортов томатов селекции института по сравнению со стандартом.

Актуальность – экономическая оценка новых сортов позволит выявить эффективность их выращивания по сравнению с сортом стандартом.

Материалы и методика. Для изучения экономической эффективности новых сортов селекции института были взяты следующие сорта астраханских селекционеров: Бычье сердце малиновое, Бульдог, Малиновый шар, Авдеевский, Астраханский (контроль). Томаты сорта Бульдог имеют плоды округлой формы, красной окраски массой 250-300 г; сорта Авдеевский – плоды красные, округло-овальной формы массой 200-250 г; сорт Малиновый шар характеризуется плодами малиновой окраски округлой формы массой 150-200 г.

Сорт Бычье сердце малиновое отличается от вышеуказанных сортов формой плода и весом. Форма плода этого сорта сердцевидно-коническая, средний вес плода от 350 г, но может быть и выше. У стандартного сорта Астраханский плоды красной окраски округлой формы массой 120-150 г.

Все изучаемые сорта выращивались на опытном поле института в условиях открытого грунта. Почвы участка аллювиально-луговые, средnezасоленные с содержанием гумуса, в зависимости от горизонта, от 3,8% до 1,7%. Содержание легкогидролизуемого азота в почве по мере увеличения горизонта колебалось от 61,4 мг/100 г до 95,1 мг/100 г. Содержание фосфора равно как и азота, с увеличением горизонта уменьшалось с 54,5 мг/100 г (горизонт 20-27 см) до 35,2 мг/100 г (горизонт 56-82 см). Обратная зависимость наблюдалась с содержанием калия. С увеличением горизонта количество его увеличивалось от 168 мг/100 г до 227,0 мг/100 г. Работа выполнялась в соответствии с действующим ГОСТ на свежую продукцию овощных и бахчевых культур, методикой по хранению плодоовощей (М., 1972), методическими указаниями по определению качества картофеля, плодоовощей и винограда (М., 1972).

В период роста и развития проводились следующие учеты: фенологические наблюдения в соответствии с методикой Госсортиспытания сельскохозяйственных культур и методикой полевых опытов с овощными культурами. Урожай учитывался весовым способом. Уборку урожая проводили в три срока: выборочный, массовый и зачистной при биологической степени зрелости. Убранный урожай сортировался на стандарт, нестандарт и отход. К стандарту относили плоды здоровые, чистые, без механических повреждений, с выровненной формой плода, характерной для сорта. К браку – механически поврежденные, с солнечными и земляными ожогами, поврежденные вредителями и болезнями.

От своевременной и правильной уборки в дальнейшем зависит качество продукции, ее реализационная цена и, соответственно, экономическая эффективность. Убранная продукция делится на потребительскую и техническую фракции. К потребительской стадии зрелости относили созревшие плоды, когда они приобретали характерный для сорта размер, форму, окраску, вкус, аромат и могли быть употреблены в пищу сразу после сбора. К технической стадии зрелости относили плоды еще не полностью созревшие, но достигшие нормального размера, формы, окраски, у которых еще довольно грубая и твердая мякоть, менее восприимчивая к механическим повреждениям. Зеленые плоды, которые в основном собирали при зачистном сборе, относятся к биологически незрелым, поверхность таких плодов зеленоватая, матовая, без характерного блеска. Цвет мякоти зеленый, семенная камера несформировавшаяся, с пустотами, семена белые недоразвитые.

Выборочный сбор томатов проводили при наличии на участке не менее 25-30% плодов биологической степени зрелости. Последующие сборы проводили через 5-7 дней.

В плодах томата определяли сухое вещество, сумму сахаров, аскорбиновую кислоту. Экономическую эффективность рассчитывали:

$$\text{Ч} = \text{В} - \text{П},$$

где Ч – чистый доход, руб., В – денежная выручка, руб., П – прямые затраты.

Себестоимость рассчитывали по формуле:

$$\text{С} = \frac{3}{y},$$

где С – себестоимость, 3 – затраты, руб., У – урожай, т/га.

Рентабельность:

$$\text{Р} = \frac{\text{Ч}}{3},$$

где Р – рентабельность, Ч – чистый доход, руб., 3 – затраты, руб.

Результаты исследований. Вкусовые качества плодов, как известно, определяются соотношением сахара к кислоте. Считается, если сахарно-кислотный индекс ниже 7 единиц, вкус плодов недостаточно высок. Согласно полученным нами данным, наиболее высокий сахарно-кислотный индекс отмечен в плодах сорта Бульдог (12,9 ед.) и Бычье сердце малиновое (12,4 ед.), Авдеевский и Малиновый шар 8,0 и 9,3 ед., соответственно. У сорта стандарта Астраханский – 7,5 ед. Дегустационная оценка всех сортов была высокой: у сортов Бульдог и Малиновый шар – по 5 баллов, у сорта Авдеевский 4,9 балла и у сорта Астраханский 4,7 балла. Как видно из данных опыта, все сорта обладали высоким содер-

жанием аскорбиновой кислоты, которая варьировала от 20,16 мг/% (сорт контроль) до 28,22 мг/% у сорта Бычье сердце малиновое, другие сорта занимали промежуточное положение (таблица 1).

Таблица 1 – Основной химический состав и дегустационная оценка

Table 1 – Basic chemical composition and tasting assessment

Название сорта / Variety name	Сухое вещество, % / Dry matter, %	Сумма сахаров, % / Total sugars, %	Кислотность, % / Acidity, %	Аскорбиновая кислота, мг/% / Ascorbic acid, mg/%	Сахарно-кислотный индекс / Sugar-acid index	Дегустационная оценка, балл / Tasting evaluation, point
Бультдог / Bulldog	7,20	5,43	0,42	23,81	12,9	5,0
Авдеевский / Avdeevskii	7,68	3,61	0,45	23,89	8,0	4,9
Малиновый шар / Malinovii shar	8,28	4,39	0,47	25,24	9,3	5,0
Бычье сердце малиновое / Bichie serdse malinovie	6,72	5,65	0,47	28,22	12,4	5,0
Астраханский (контроль) / Astrakhanskii (control)	6,40	3,43	0,46	20,16	7,5	4,7

Чтобы определить экономическую эффективность этих сортов, необходимо знать их урожайность. По полученным данным изучаемые сорта высокоурожайны. Но надо отметить, что наиболее урожайными оказались два сорта – Бычье сердце малиновое и Малиновый шар. Урожайность этих сортов превышает контроль на 20,9 и 14,6 т/га соответственно (таблица 2).

Таблица 2 – Общая урожайность сортов томата

Table 2 – Total yield of tomato varieties

Название сорта / Variety name	Общая урожайность, т/га / Total yield, t/ha	Отклонение от контроля / Deviation from control
Бультдог / Bulldog	83,2	+5,5
Авдеевский / Avdeevskii	87,6	+9,9
Малиновый шар / Malinovii shar	92,3	+14,6
Бычье сердце малиновое / Bichie serdse malinovie	98,6	+20,9
Астраханский (контроль) / Astrakhanskii (control)	77,7	-

Как показывают данные изучения, большое влияние на экономическую эффективность выращивания томатов, помимо урожайности, оказывает стоимость 1 кг их плодов. Наиболее высокая цена продукта была у сорта Бычье сердце малиновое – в 2 раза выше контроля. Это объясняется оригинальностью плода – его крупноплодностью, тонкой кожей и высокими вкусовыми качествами. Выращивание этого сорта, как показывают полученные данные, высокорентабельно и составляет 201,3%, что выше контроля в 1,6 раза. Вторым по рентабельности оказался сорт Малиновый шар: у него она составляла 164,8%, что выше контроля в 1,3 раза. Сорта Бультдог и Авдеевский превысили контроль на 17,1 и 18,4%, соответственно (таблица 3).

Таблица 3 – Экономическая эффективность выращивания томатов
Table 3 – Economic efficiency of growing tomatoes

Показатели / Indicators	Единица измерения / Unit	Сорта / Varieties				
		Булдого / Bulldog	Авдеевский / Avdeevskii	Малиновый шар / Malinovii shar	Бычье сердце малиновое / Bichie serdse malinovoe	Астраханский (контроль) / Astrakhanskii (control)
Урожайность	т/га / t/ha	83,2	87,6	92,3	98,6	77,2
Стоимость 1 кг	руб. / rubles	50	50	75	90	45
Денежная выручка	руб. / rubles	4160000	4380000	6922500	8874000	3474000
Производственные затраты	руб. / rubles	272000	284000	394000	418000	254000
Чистый доход	руб. / rubles	3888000	4096000	6496100	8414200	3194600
Себестоимость 1 кг	руб. / rubles	3,27	3,74	4,27	4,24	3,29
Рентабельность	%	142,9	144,2	164,8	201,3	125,8

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы: оригинальные сорта Малиновый шар и Бычье сердце малиновое высокопродуктивны: урожайность с 1 га посадки у них составляет 92,3 и 98,6 тонн, что выше контроля на 14,6 и 20,8 т/га соответственно. Реализационная цена таких плодов выше контроля в 1,7-2,0 раза. Несмотря на высокие производственные затраты, которые, в основном, зависят от урожайности, рентабельность у сорта Бычье сердце малиновое составляла 201,3%, а у сорта Малиновый шар 164,8%.

Conclusions. Based on the research, the following conclusions can be drawn: the original varieties Malinovii Shar and Bichie Serdse Malinovoe are highly productive: their yield per 1 hectare of planting is 92.3 and 98.6 tons, which is 14.6 and 20.8 tons higher than the control /ha respectively. The selling price of such fruits is 1.7-2.0 times higher than the control. Despite high production costs, which mainly depend on yield, the profitability of the Bichie Serdse Malinovoe variety was 201.3%, and the Malinovii Shar variety was 164.8%.

Библиографический список

1. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы: постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 г. № 996.
2. Сельское хозяйство Астраханской области. АБ – экспертно-аналитический центр. www.ab-centre.ru.
3. Кигашпаева О. П., Гулин А. В. Перспективные салатные сорта томата на Юге России. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 2 (66). С. 101-110.
4. Кигашпаева О. П., Авдеев А. Ю. Брендовые астраханские сорта томата. Проблемы развития АПК региона. 2020. № 2 (42). С. 93-97.
5. Байрамбеков Ш. Б., Гарьянова Е. Д. Целевой подбор оригинальных сортов томата для выращивания в Астраханской области. Элементы возделывания сельскохозяйственных культур в условиях орошения: сборник трудов международной научно-практической конференции. 2016. С. 26-28.
6. Гулин А. В. и др. Результаты и перспективы астраханской селекции овощных и бахчевых культур. Овощи России. 2021. № 5. С. 16-21.
7. Минаков И. А. Продовольственная безопасность в сфере производства и потребления овощной продукции. Вестник Курской государственной академии. 2016. № 1. С. 11-16.
8. Авдеев А. Ю. и др. Изучение перспективных селекционных образцов томата. Итоги и перспективы развития АПК: сборник материалов международной научно-практической конференции. Солёное Займище, 2020. С. 215-219.
9. Авдеев А. Ю. и др. Сорта томатов селекции ВНИИООБ. Картофель и овощи. 2018. № 10. С. 33-35.
10. Гиш Р. А. Новые и перспективные сорта томата отечественной селекции. Научное обеспечение АПК. Краснодар, 2016. С. 267-269.
11. Гулин А. В., Мачулкина В. А., Капанова Р. Х. Влияние сорта на вкусовые качества томатов. Украина. 2021. Т. 1. С. 22.
12. Иванова В. Н., Серегин С. Н. Нарастивание объемов и расширение экспорта продукции – долгосрочные приоритеты развития АПК России. Пищевая промышленность. 2018. № 6. С. 22-26.
13. Мачулкина В. А. и др. Использование сахарно-кислотного индекса для оценки качества плодов томатов. Вестник КрасГАУ. 2020. № 5. С. 168-172.
14. Авдеев Ю. И. и др. Салатные традиционные и деликатесные сорта томата, технология их возделывания, хранения и транспортировки. Астрахань. 36 с.
15. Василенко И. Н. и др. Исследования тенденции рынка томатов в аспекте реализации инновационных преобразований производственного сегмента. Вестник Воронежского гос. университета инженерных технологий. 2022. Т. 84. № 3 (93). С. 220-229.
16. Воданюк С. Н. Органические овощи – основа здоровья нации. Картофель и овощи, 2019. № 11. С. 2-5.

References

1. 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 No 996.
2. Agriculture of the Astrakhan Region. AB is an expert and analytical center. www.ab-center.ru.
3. Kigashpaeva O. P., Gulin A. V. Promising lettuce tomato varieties in the South of Russia. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex. 2022. № 2 (66). Pp. 101-110.
4. Kigashpaeva O. P., Avdeev A. Y. Astrakhan Branded Tomato Varieties. Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2020. № 2 (42). Pp. 93-97.
5. Bayrambekov Sh. B., Garyanova E. D. Target selection of original tomato varieties for cultivation in the Astrakhan region. Elements of Cultivation of Agricultural Crops in Irrigation Conditions: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. 2016. Pp. 26-28.
6. Gulin A. V. et al. Results and Prospects of Astrakhan Breeding of Vegetable and Melon Crops. Vegetables of Russia. 2021. № 5. Pp. 16-21.
7. Minakov I. A. Food Security in the Sphere of Production and Consumption of Vegetable Products. Bulletin of the Kursk State Academy. 2016. № 1. Pp. 11-16.
8. Avdeev A. Y. et al. Study of promising breeding accessions of tomato. Results and prospects for the development of the agro-industrial complex: collection of materials of the international scientific and practical conference. Solenoe Zaymische, 2020. Pp. 215-219.
9. Avdeev A. Y. et al. Tomato varieties bred by VNIIOOB. Potatoes and vegetables. 2018. № 10. Pp. 33-35.
10. Gish R. A. New and Promising Tomato Varieties of Domestic Selection. Scientific support of the agro-industrial complex. Krasnodar, 2016. Pp. 267-269.
11. Gulin A. V., Machulкина V. A., Kapanova R. Kh. Influence of the variety on the taste qualities of tomatoes. Ukraine. 2021. V. 1. P. 22.
12. Ivanova V. N., Seregin S. N. Increasing Volumes and Expanding Exports of Products as Long-Term Priorities for the Development of the Russian Agro-Industrial Complex. Food industry. 2018. № 6. Pp. 22-26.
13. Machulкина V. A., et al. Use of the Sugar-Acid Index to Assess the Quality of Tomato Fruits. Vestnik KrasGAU. 2020. № 5. Pp. 168-172.
14. Avdeev Y. I. et al. Traditional and Delicacy Tomato Salad Varieties, Technology of Their Cultivation, Storage and Transportation. Astrakhan. 36 p.
15. Vasilenko I. N. et al. Studies of tomato market trends in the aspect of implementing innovative transformations of the production segment. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2022. V. 84. № 3 (93). Pp. 220-229.
16. Vodanyuk S. N. Organic Vegetables – the Basis of the Health of the Nation. Potatoes and Vegetables, 2019. № 11. Pp. 2-5.

Информация об авторах

Кигапшаева Ольга Петровна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом селекции и семеноводства, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), ORCID 0000-0003-4578-6177, e-mail: vniiob@mail.ru

Гулин Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, директор Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), ORCID 0000-0001-6000-5311, e-mail: vniiob@mail.ru

Мачулкина Вера Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), ORCID 0000-0002-9051-6371, e-mail: vniiob@mail.ru

Джабраилова Вера Юрьевна, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), e-mail: vniiob@mail.ru

Муканов Михаил Владимирович, младший научный сотрудник, заведующий отделом агротехнологии и мелиорации, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), ORCID 0000-0003-1751-7340, e-mail: vniiob@mail.ru

Author's Information

Kigashpaeva Olga Petrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Selection and Seed Production of All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – branch of the Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubich St., 16), ORCID 0000-0003-4578-6177, e-mail: vniiob@mail.ru

Gulin Aleksander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Director of All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – branch of the Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubich St., 16), ORCID 0000-0001-6000-5311, e-mail : vniiob@mail.ru

Machulкина Vera Aleksandrovna, Doctor of Agricultural Sciences, leading researcher at the department of selection and seed production of All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – branch of the Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubich St., 16), ORCID 0000-0002-9051-6371, e-mail: vniiob@mail.ru

Dzhabrailova Vera Yurievna, junior researcher of the department of selection and seed production of All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – branch of the Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubich St., 16), e-mail: vniiob@mail.ru

Mukanov Mikhail Vladimirovich, junior researcher, head of the department of agricultural technology and land reclamation of All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – branch of the Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubich St., 16), ORCID 0000-0003-1751-7340, e-mail: vniio@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-17

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF AZOMETHINE ON SPRING WHEAT SEEDLINGS**Mudrykh N. M., Akent'eva T. A., Zhakova S. N.**

*Perm State Agro-Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov
Perm, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: nata020880@hotmail.com

Received 01.10.2024

Submitted 14.11.2024

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, 2023 and state theme № 1023051000003-9-4.1.1

Summary

Annual examination of seed material supplied to the agro-industrial complex shows a high degree of contamination (20-100%). The use of plant protection products, growth regulators, etc. imposes additional costs on agricultural producers, which entails an increase in the cost of the products received. Obtaining active substances with several properties (growth-regulating and disinfecting) at the same time will reduce energy costs and increase profits for enterprises engaged in growing agricultural crops.

Abstract

Introduction. The relevance is determined by the need to assess the change in the growth activity of spring wheat seeds under the influence of azomethine in order to establish the possibility of using the test substance as a growth regulator with disinfecting properties. **Object.** Azomethine with a biologically active fragment of tropylidene and spring wheat seeds (*Triticum aestivum* L.) variety Kamenka. **Materials and methods.** The data were obtained as a result of analysis, synthesis, comparison, laboratory methods, both according to generally accepted techniques and in specific studies. **Results and conclusion.** The authors have developed several schemes for obtaining azomethine with a biologically active fragment of tropylidene. The obtained substance has antibacterial and antifungal properties. A mathematically proven ($p < 0.05$) positive effect of treating spring wheat seeds with azomethine solution at a concentration of $1 \times 10^{-3}\%$ on the germination energy and seed viability, growth and development of wheat seedlings has been established. Dilution of the test substance by 10 times retains the effect of stimulating action, but the changes in the analyzed parameters are somewhat lower. An increase in the concentration of tropylated azomethine in the solution to $1 \times 10^{-2}\%$ leads to inhibition of growth processes.

Keywords: *germination of spring wheat, azomethin, spring wheat cultivation technologies, plant growth regulators.*

Citation. Mudrykh N. M., Akent'eva T. A., Zhakova S. N. Assessment of the effect of azomethine on spring wheat seedlings. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 170-177 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-17.

Author's contribution. N. M. Mudrykh – data collection and processing, data analyses, text writing, T. A. Akent'eva – data collection and processing, text writing, S. N. Zhakova – data collection, data analyses.

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

УДК 633.11: 57.033: 547.8

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ АЗОМЕТИНА НА ПРОРОСТКИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**Мудрых Н. М., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент****Акентьева Т. А., кандидат химических наук, доцент****Жакова С. Н., кандидат биологических наук, доцент**

*ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д. Н. Прянишникова»
г. Пермь, Российская Федерация*

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (номер госрегистрации 1023051000003-9-4.1.1).

Актуальность. Ежегодная экспертиза семенного материала, поступающего в агропромышленный комплекс, показывает высокую степень зараженности (20-100%). Применение средств защиты, регуляторов роста и т.п. накладывает на сельхозтоваропроизводителей дополнительные затраты, что влечет за собой увеличение себестоимости получаемой продукции. Получение активных ве-

ществ, обладающих несколькими свойствами (росторегулирующими и обеззараживающими), одновременно позволит снизить энергозатраты и увеличить прибыль предприятиям, занимающимися выращиванием сельскохозяйственных культур. Актуальность определяется необходимостью оценки изменения ростовой активности семян яровой пшеницы под влиянием азометина с целью установления возможности использования испытуемого вещества в качестве росторегулятора с обеззараживающими свойствами. Объект. Азометин с биологически активным фрагментом тропилидена и семена яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорт Каменка. **Материалы и методы.** Данные получены в результате проведения анализа, синтеза, сравнения, лабораторных методов, как по общепринятым методикам, так и в специфических исследованиях. **Результаты и выводы.** Авторами проработано несколько схем получения азометина с биологически активным фрагментом тропилидена. Полученное вещество обладает антибактериальными и противогрибковыми свойствами. Установлено математически доказанное ($p < 0,05$) положительное влияние обработки семян яровой пшеницы раствором азометина в концентрации $1 \times 10^{-3} \%$ на энергию прорастания и всхожесть семян, рост и развитие проростков пшеницы. Разбавление испытуемого вещества в 10 раз сохраняет эффект стимулирующего действия, но изменения анализируемых параметров несколько ниже. Увеличение концентрации тропилированного азометина в растворе до $1 \times 10^{-2} \%$ приводит к угнетению ростовых процессов.

Ключевые слова: всхожесть яровой пшеницы, азометин, технологии возделывания яровой пшеницы, регуляторы роста растений.

Цитирование. Мудрых Н. М., Акентьева Т. А., Жакова С. Н. Оценка действия азометина на проростки яровой пшеницы. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 170-177. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-17.

Авторский вклад. Н. М. Мудрых – сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, написание текста, Т. А. Акентьева – сбор и обработка материалов, написание текста, С. Н. Жакова – сбор материалов, анализ полученных данных.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Более 150 лет назад были открыты соединения азометины, их еще называют имины, анилы или основания Шиффа [1]. Интерес к ним не уменьшается, а с каждым годом увеличивается, об этом говорят различные обзоры по этой теме [2-5], что связано с их синтетической доступностью, (относительно доступный препаративный синтез) и возможностью получения практически значимых продуктов для промышленности, медицины и сельского хозяйства [6-9]. Можно отметить, что азометины являются важными соединениями с жидкокристаллическими свойствами и рассматриваются как перспективные антиоксиданты [10] и росторегуляторы для растений [11-13]. Азометины являются хорошими моделями для изучения некоторых биохимических процессов живых организмов, так как процессы их образования и превращения лежат в основе жизненно важных функций живых организмов – азотистого обмена с помощью витамина В6 (пиридоксальный катализ) и механизма зрительного восприятия. Их химическая активность обусловлена наличием поляризованной азометиновой связи и двух реакционных центров (рисунок 1).

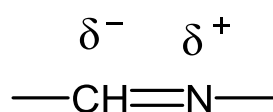


Рисунок 1 – Азометиновая связь
Figure 1 – The azomethine bond

Особенностью строения и свойств этой связи можно объяснить биологическую активность данных соединений.

Цель исследований – оценить изменение ростовой активности семян яровой пшеницы под влиянием азометина с биологически активным фрагментом тропилидена.

Материалы и методы. Для придания новых свойств азометинам нами на базе лаборатории экологии и химических технологий ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ были синтезированы соединения с биологически активным фрагментом 1,3,5- циклогептариена или тропилидена (рисунок 2).

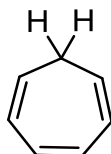


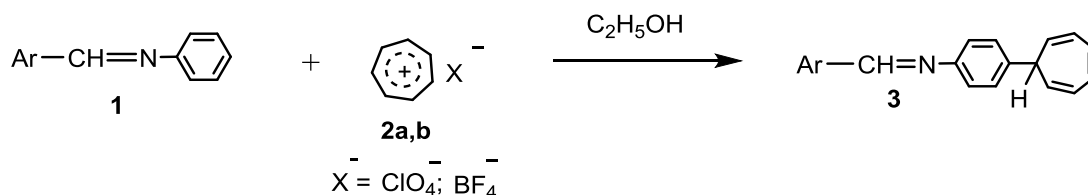
Рисунок 2 – 1,3,5-циклогептаиен или тропилиден
Figure 2 – 1,3,5-cycloheptatriene or tropilidene

Тропилиденный цикл рассматриваем как одну из моделей никотинамидного кофермента $\text{NAD}^+ - \text{NADH}$, что позволяет ожидать проявления у соединений целого спектра биологической активности. Полученное малотоксичное соединение 4-(7-циклогепта-1,3,5-триенил)анилин [14] – вещество одновременно активно против ряда бактерий рода *Stafilococcus* и микроскопических грибов *Candida albicans*. Некоторые производные 4-(7-циклогепта-1,3,5-триенил)анилина – тропилированные вторичные амины (N-арилметил-4-(7-циклогепта-1,3,5-триенил)анилины) и азометины (N-арилметил-4-(7-циклогепта-1,3,5-триенил)анилины) также обладают противогрибковой и бактериостатической активностями [15, 16] и могут представлять интерес как потенциальные препараты противогрибкового и антибактериального действия.

Можно выделить основные методы синтеза тропилированных азометинов:

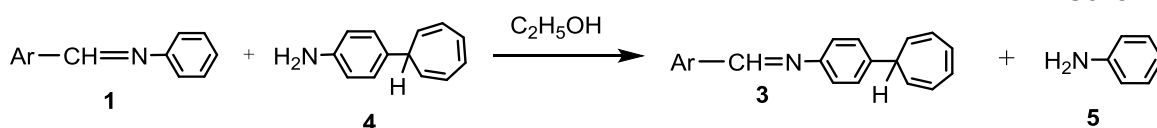
1. Введение цикла тропилия в пара-положение анилинового фрагмента исходных азометинов (1) с использованием солей тропилия перхлората (2a) или тетрафторбората (2b) в среде тетрагидрофурана (ТГФ) или этанола (схема 1)

Схема 1
Scheme 1



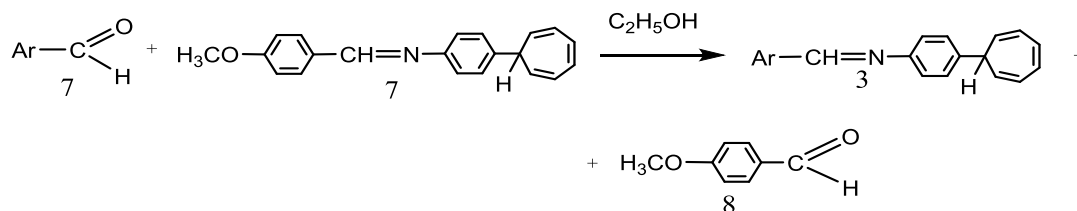
2. Реакция переаминирования – взаимодействие тропилированного анилина с исходным азометином в ходе которой происходит вытеснение анилина (5) из структуры азометина (1) (схема 2).

Схема 2
Scheme 2



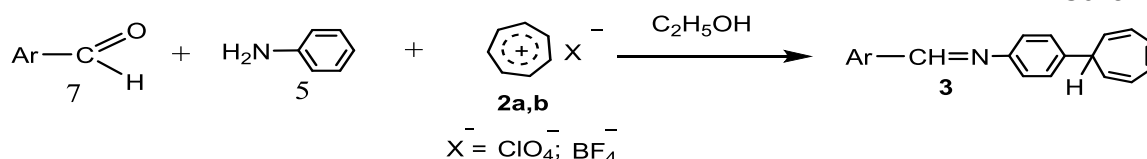
3. Реакцией замещения альдегидного фрагмента в N-4-метоксифенилметил-41-(7-циклогепта-1,3,5-триенил)анилине (6) исходными альдегидами (7), содержащими электроно-акцепторные или менее электроно-донорные заместители (схема 3).

Схема 3
Scheme 3



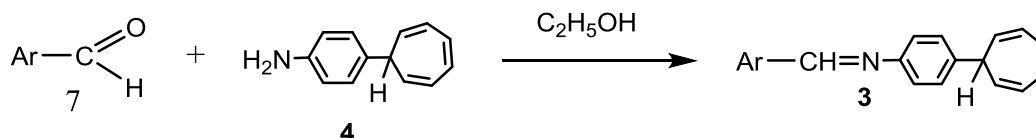
4. Однореакторный многокомпонентный синтез (one pot) в ходе которого реагенты: альдегид (7), анилин (5) и соль тропилия (2) (перхлорат или тетрафторборат тропилия) загружают в одну колбу. Реакции осуществляют в среде тетрагидрофурана (ТГФ) или этанола (схема 4).

Схема 4
Scheme 4



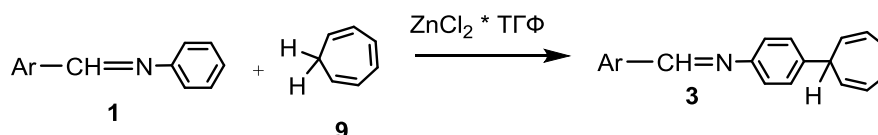
5. Реакцией конденсации альдегида и анилина в этаноле (схема 5).

Схема 5
Scheme 5



6. «Прямая реакция» введения тропилиевого фрагмента в структуру азометина посредством 1,3,5-циклогептариена (схема 6). Целевые продукты (3) были обнаружены лишь в реакционной массе в хромато-масс спектрах, препаративно выделить не удалось. Данный метод в настоящее время отрабатывается.

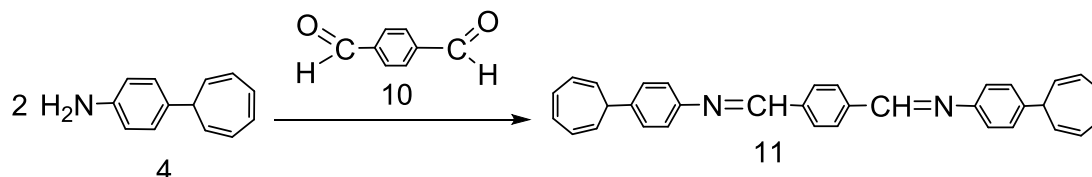
Схема 6
Scheme 6



Оценку изменения ростовой активности семян яровой пшеницы под влиянием азометина с биологически активным фрагментом тропилидена проводили в модельном лабораторном опыте. Схема включала 4 варианта, предусматривающих сравнение возрастающих концентраций испытуемого вещества ($1 \times 10^{-2} \%$, 1×10^{-3} , $1 \times 10^{-4} \%$) с дист. водой. Повторность вариантов в опыте шестикратная. Растворы приготавливали методом разбавления маточного раствора с концентрацией $1 \times 10^{-1} \%$. В опыте проращивали семена яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорт Каменка в чашках Петри на фильтровальной бумаге. Перед посевом семена замачивали на 1 час в испытуемом веществе согласно схеме опыта. В чашку высаживали по 10 семян. Растения выращивали в течение недели при температуре $20 \pm 2^\circ \text{C}$. Математическую обработку полученных результатов исследований проводили с использованием программы Microsoft Excel. Рассчитывали средние значения энергии прорастания, всхожести, длины ростка и главного зародышевого корня (3 и 7 дни эксперимента), массы ростка и корней (7 день эксперимента) тест-объекта, оценивали ошибки среднего, стандартные отклонения, вариацию значений признаков.

Результаты и обсуждение. Изучение ростовой активности на пшенице проводили с п-фталилиден-бис-[4-(7-циклогепта-1,3,5-триенилфенилимин)] (11), синтез которого отмечен в схеме 7.

Схема 7
Scheme 7



Выбор данного соединения было связано с предположением, что вещество состоит из двух фрагментов тропилированного анилина, который проявляет росторегулирующую активность, поэтому может проявиться усиление ростового эффекта на сельскохозяйственные растения.

п-фталилиден-бис-[4-(7-циклогепта-1,3,5-триенилфенилимин)] (11)

К раствору 0,18 г (1ммоль) соединения (4) в 3 мл бензола добавляют 0,13 г (1 ммоль) фталевого альдегида (10), кратковременно нагревают, выделившиеся кристаллы отфильтровывают, перекристаллизуют из метилена хлористого. Выход 0,41 г (92%). Исследуемое соединение представляет собой желтые кристаллы, которые практически не растворимы в воде, плохо растворимы в гексане, хорошо в этаноле и метилена хлористом. Кристаллы с Т. пл. 246-247 °С. ЯМР¹H-спектр (CDCl₃), δ, м.д. (J,Гц): 2,76 (2H, т, 2 C⁷H в C₇H₇); 5.42-5.47 (4H, д.д, J_{1,2}=6.0, J_{2,3}=5.7, 2 C^{1,6}H в C₇H₇); 6.27-6.29 (4H, м, 2 C^{2,5}H в C₇H₇); 6.76 (4H, т, 2 C^{3,4}H в C₇H₇); 7.25-7.43 (8H, м, 2 C₆H₄-N); 8.02 (4H, с, 2 C₆H₄); 8.56 (2H, с, 2 CH=N). Масс-спектр, m/z (Iотн.%): 460 [M]⁺ (73); 194(4); 102(12); 167(100); 91(10).

Азометин с биологически активным фрагментом тропилидена оказывает неоднозначное влияние на прорастание семян пшеницы (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние азометина на прорастание семян яровой пшеницы, %
Table 1 – The effect of azomethine on the germination of spring wheat seeds, %

Варианты / Variants	Процент проросших семян / Percentage of germinated seeds		Энергия прорастания / Germination energy		Всхожесть / Germination	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Cv	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Cv	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	Cv
Контроль / Control	85±2	6	83±3	7	80±4	10
1×10 ⁻²	80±0	0	90±0	0	90±0	0
1×10 ⁻³	100±0	0	100±0	0	100±0	0
1×10 ⁻⁴	95±5	11	100±0	0	100±0	0

В варианте с концентрацией вещества 1×10⁻³ % в растворе семена пшеницы проросли на все 100% уже на вторые сутки эксперимента. Разбавление данного раствора в 10 раз привело к увеличению проросших семян, энергии прорастания и всхожести, отмечены максимальные значения признаков. Разница с контрольным вариантом составила соответственно 15, 17 и 20% и является математически доказуемой. Значения изучаемых признаков варьировали незначительно (Cv менее 10 %).

В таблицах 2-4 представлены результаты по влиянию возрастающих концентраций азометина на морфометрические параметры проростков на 3 и 7 день эксперимента.

Таблица 2 – Влияние азометина на морфометрические параметры проростков
Table 2 – The effect of azomethine on the morphometric parameters of seedlings

Варианты / Variants	Длина корня / Root Length		Длина ростка / Sprout Length	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, мм	Cv, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, мм	Cv, %
Контроль / Control	17±0	18	8±0	25
1×10 ⁻³	6±0	33	12±0	17
1×10 ⁻⁴	22±1	14	18±0	17

К третьему дню эксперимента в варианте с максимальной концентрацией азометина из-за небольших размеров проростков (менее 1 мм) замеры биометрических параметров произвести не удалось. Концентрация 1×10⁻³ % C₃₄H₂₈N₂ в растворе сдерживает рост проростков, длина главного зародышевого корешка была ниже контрольного варианта на 65%, при этом вариабельность признака внутри варианта является значительной (Cv более 25%). Удлинение ростка математически доказано не было. С разбавлением раствора азометина до 1×10⁻⁴ % отмечено доказанное стимулирование главного корешка и ростка, увеличение составило соответственно 5 и 10 мм.

На седьмой день эксперимента в чашках Петри с максимальной концентрацией азометина в растворе семена яровой пшеницы практически не развивались, значения морфометрических параметров проростков оставались на уровне третьего дня опыта (таблица 3). Варьирование значений длины главного корешка и ростка внутри варианта было максимальным.

Таблица 3 – Влияние азометина на морфометрические параметры проростков
Table 3 – The effect of azomethine on the morphometric parameters of seedlings

Варианты / Variants	Длина корня / Root Length		Длина ростка / Sprout Length	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, мм	Cv, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, мм	Cv, %
Контроль / Control	81±3	22	84±3	18
1×10^{-2}	7±0	43	13±1	23
1×10^{-3}	92±2	14	85±2	12
1×10^{-4}	84±2	18	100±2	13

Обработка полученных данных показала, что изменения длины ростка в варианте с концентрацией испытуемого вещества 1×10^{-3} % не достоверны. В этом варианте отмечена максимальная прибавка длины главного зародышевого корешка к контролю, она составила 11 мм. С дальнейшим разбавлением раствора наблюдается уменьшение прироста длины корешка, среднее удлинение составило 3 мм. Длина ростка увеличилась на 16 мм и была максимальной в опыте.

Дисперсионный анализ показал достоверность разницы полученных данных эксперимента (таблица 4).

Таблица 4 – Прирост биометрических показателей яровой пшеницы
Table 4 – The increase in biometric indicators of spring wheat

Варианты / Variants	Длина корня / Root Length			Длина ростка / Sprout Length		
	Прирост, % / Increase, %		Достоверность / Reliability	Прирост, % / Increase, %		Достоверность / Reliability
1×10^{-2}	-8,6	-91,4	достоверно / reliable	-15,5	-84,5	достоверно / reliable
1×10^{-3}	113,6	13,6	достоверно / reliable	101,2	+1,2	недостоверно / unreliable
1×10^{-4}	103,7	3,7	достоверно / reliable	119,0	+19,0	достоверно / reliable

В вариантах с азометином в концентрациях 1×10^{-3} и 1×10^{-4} % отмечено увеличение биомассы проростков пшеницы, прибавка относительно контроля составила 550-800 мг (таблицы 5, 6).

Таблица 5 – Влияние азометина на биомассу проростков яровой пшеницы
Table 5 – The effect of azomethine on the biomass of spring wheat seedlings

Варианты / Variants	Корень / Root		Росток / Sprout	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, мг	Cv, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, мг	Cv, %
Контроль / Control	1010±0	0	1510±100	11
1×10^{-2}	1120±20	4	1220±100	14
1×10^{-3}	1590±60	6	1730±50	52
1×10^{-4}	1360±10	2	1710±30	29

Максимальная прибавка отмечена в варианте с концентрацией азометина 1×10^{-3} %, в этом же варианте наблюдается наибольшее варьирование признака. Дальнейшее разбавление испытуемого вещества хоть и приводит к увеличению биомассы относительно контроля, но прибавка была несколько ниже.

Дисперсионный анализ показал достоверность разницы изменений массы зародышевых корешков и ростка пшеницы под влиянием азометина с биологически активным фрагментом тропилидена (таблица 6).

Таблица 6 – Прирост биомассы проростков яровой пшеницы
Table 6 – The increase in biomass growth of spring wheat seedlings

Варианты / Variants	Корень / Root			Росток / Sprout		
	Прирост, % Increase, %		Достоверности/ Reliability	Прирост, % / Increase, %		Достоверность / Reliability
1×10^{-2}	110,9	+10,9	недостоверно / unreliable	-80,8	-19,2	достоверно / reliable
1×10^{-3}	157,4	+57,4	достоверно / reliable	114,6	+14,6	достоверно / reliable
1×10^{-4}	134,7	+34,7	достоверно / reliable	113,9	+13,9	достоверно / reliable

Заключение. В работе показано 7 методов получения азометина с биологически активным фрагментом тропилидена, обладающего антибактериальными свойствами. Исследование показало, что испытуемое соединение (п-фталилиден-бис-[4-(7-циклогепта-1,3,5-триенилфенилимин)]) в концентрации 1×10^{-2} % оказывает ингибирующее действие на проростки яровой пшеницы сорта Каменка, что, по-видимому, связано с действием фталевого альдегида. Максимальное стимулирующее действие азометина с биологически активным фрагментом тропилидена отмечено в варианте с концентрацией 1×10^{-3} %, что свидетельствует о возможности использования п-фталилиден-бис-[4-(7-циклогепта-1,3,5-триенилфенилимин)] для обработки семян яровой пшеницы с целью их обеззараживания и стимулирования ростовых процессов.

Conclusions. The paper presents 7 methods for obtaining azomethine with a biologically active fragment of tropylidene, which has antibacterial properties. The study has shown that the test compound (p-phthalylidene-bis-[4-(7-cyclohepta-1,3,5-trienylphenylimine)]) at a concentration of 1×10^{-2} % has an inhibitory effect on sprouts of spring wheat of the Kamenka variety, which is apparently due to the action of phthalaldehyde. The maximum stimulating effect of azomethine with a biologically active fragment of tropylidene was noted in the variant with a concentration of 1×10^{-3} %, which indicates the possibility of using p-phthalylidene-bis-[4-(7-cyclohepta-1,3,5-trienylphenylimine)] for treating spring wheat seeds for the purpose of their disinfection and stimulation of growth processes.

Библиографический список

1. Попов Л. Д., Бородин С. А., Аскалепова О. И. и др. Изучение некоторых спектральных свойств и процессов комплексообразования с ионами переходных металлов нового основания Шиффа, содержащего флуоресциновый и сульфамидный фрагменты. Журнал общей химии. 2019. Т. 89. № 11. С. 1747-1754.
2. Мехдиева Л. А., Мамедова П. Ш., Бабаев Э. Р. Биологически активные азометины и их применение. Башкирский химический журнал. 2024. Т. 31. № 2. С. 72-80.
3. Дикусар Е. А., Акишина Е. А., Стёпин С. Г., Филиппович Л. Н., Богданова Н. В., Шахаб С. Н., Поткин В. И. Новые производные атофана (2-фенилхинолин-4-карбоновой кислоты). Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук. 2024. Т. 60. № 1. С. 27-35.
4. Мамедова П. Ш., Мехдиева Л. А., Бабаев Э. Р. Основания Шиффа (азометины): свойства и области применения. Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. 2023. № 4 (72). С. 120-125.
5. Мехдиева Л. А., Мамедова П. Ш., Бабаев Э. Р. Синтез и области применения ароматических азометинов (мини-обзор). Известия ТулГУ. Естественные науки. 2023. Вып. 4. С. 3-17.
6. Baydeniz Ş. N. U., Uçan H. İ., Sevgi F. et al. Highly Fluorescent π -Conjugated Azomethines and Divalent Metal Complexes as Antibacterial and Antibiofilm Nominees. Journal of Fluorescence. 2024.
7. Nitschke P., Jarzabek B., Vasylieva M. et al. Influence of chemical structure on thermal, optical and electrochemical properties of conjugated azomethines. Synthetic Metals. 2021. V. 273. P. 116689.
8. Кочетков В. Г., Бурмистров В. В., Дьяченко В. С., Рассказова Е. В., Новопольцева О. М., Бутов Г. М. Синтез и исследование каркасных азометиновых соединений в качестве ингредиентов резиновых смесей. Журнал прикладной химии. 2020. Т. 93. Вып. 6. С. 802-808.
9. Sarma M. D., Ghosh S. Bioactivity of azomethines derived mechanochemically from 2-amino pyridine and studies on the effect of substituents on the reaction. Journal of the Indian Chemical Society. Vol. 97(8). Pp. 1295-1303.
10. Magomedova E. F., Pinyaskin V. V., Aminova A. Sh. Synthesis and antioxidant activity of azomethines. Pharmaceutical Chemistry Journal. 2007. V. 41. No. 9. Pp. 474-475.
11. Бурлака С. Д., Музыченко Г. Ф. Реакции взаимодействия 1-(4-нитрофенил)пирролин-2-она с производными гидразина. Научные труды КубГТУ. 2019. № 3. С. 271-278.
12. Singh S., Mor V. S., Bhuker A. et al. Appraising the Biochemical Responses in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seedlings under Various Seed Treatments. Journal of Experimental Agriculture International. 2023. № 45. Pp. 138-146.
13. Tsygankova V. A., Andrushevich Ya. V., Shtompel O. I. et al. Application of Pyrazole Derivatives As New Substitutes of Auxin IAA To Regulate Morphometric and Biochemical Parameters of Wheat (*Triticum Aestivum* L.). Journal of Advances in Agriculture. 2019. Vol. 10. Pp. 1772-1786.
14. Акентьева Т. А., Фомина А. Г., Юнникова Л. П., Мудрых Н. М. Производные 4-(7-циклогепта-1,3,5-триенил)анилина и оценка их биологической активности. Журнал Бутилеровские сообщения. 2021. Т. 68. № 11. С. 156-162.
15. Медведева И. Н., Чирков С. В., Упилкова Ж. А. Эффективность применения регуляторов роста из группы халконов против болезней яровых зерновых культур в Предуралье. Пермский аграрный вестник. 2022. № 1. С. 58-67.
16. Mudrykh N., Akent'eva T., Pinaeva M., Zhakova S. Synthesis of tropyrated azomethines exhibiting biological activity. BIO Web of Conferences. Methods for Synthesis of New Biologically Active Substances and Their Application in Various Industries of the World Economy – 2023: International Scientific and Practical Conference. Les Ulis, 2024. P. 01011.

References

1. Popov L. D., Borodkin S. A., Askalepova O. I. et al. Study of selected spectral properties and complex formation with transition metals ions of a new schiff's base containing fluorescein and sulfamide fragments. Russian Journal of General Chemistry. 2019. V. 89. № 11. Pp. 1747-1754.
2. Mehdiyeva L. A., Mamedova P. Sh., Babayev E. R. Biologically active azomethines and their applications. Bashkirskii Khimicheskii Zhurnal. 2024. V. 31. № 2. Pp. 72-80.

3. Dikusar E. A., Akishina E. A., Stepin S. G. et al. Novel derivatives of atophan (2-phenylquinoline-4-carboxic acid). Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Chemical Series. 2024. V. 60. № 1. Pp. 27-35.
4. Mammadova P. Sh., Mehdiyeva L. A., Babayev E. R. Schiff's bases (azomethines): properties and areas of application. Vestnik BSPU. 2023. № 4 (72). Pp. 120-125.
5. Mehdiyeva L. A., Mammadova P. Sh., Babayev E. R. Synthesis and areas of application aromatic azomethines. Izvestiya Tula State University. Natural sciences. 2023. Vol. 4. Pp. 3-17.
6. Baydeniz Ş. N. U., Uçan H. İ., Sevgi F. et al. Highly Fluorescent π -Conjugated Azomethines and Divalent Metal Complexes as Antibacterial and Antibiofilm Nominees. Journal of Fluorescence. 2024.
7. Nitschke P., Jarzabek B., Vasylieva M. et al. Influence of chemical structure on thermal, optical and electrochemical properties of conjugated azomethines. Synthetic Metals. 2021. V. 273. P. 116689.
8. Kochetkov V. G., Burmistrov V. V., D'yachenko V. S., Rasskazova E. V., Novopol'tseva O. M., Butov G. M. Synthesis and study of framework azomethine compounds as ingredients of rubber stocks. Russian Journal of Applied Chemistry. 2020. V. 93. № 6. Pp. 801-806.
9. Sarma M. D., Ghosh S. Bioactivity of azomethines derived mechanochemically from 2-amino pyridine and studies on the effect of substituents on the reaction. Journal of the Indian Chemical Society 2020. Vol. 97 (8). Pp. 1295-1303.
10. Magomedova E. F., Pinyaskin V. V., Aminova A. Sh. Synthesis and antioxidant activity of azomethines. Pharmaceutical Chemistry Journal. 2007. V. 41. No 9. Pp. 474-475.
11. Burlaka S. D., Muzychenko G. F. Reaction between 1-(4-nitrophenyl)pyrrolin-2-one with hydrazine and its derivatives. NTK KUBSTU. 2019. № 3. Pp. 271-278.
12. Singh S., Mor V. S., Bhuker A. et al. Appraising the Biochemical Responses in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seedlings under Various Seed Treatments. Journal of Experimental Agriculture International. 2023. № 45. Pp. 138-146.
13. Tsygankova V. A., Andrushevich Ya. V., Shtompel O. I. et al. Application of Pyrazole Derivatives As New Substitutes of Auxin IAA To Regulate Morphometric and Biochemical Parameters of Wheat (*Triticum Aestivum* L.). Journal of Advances in Agriculture. 2019. Vol. 10. Pp. 1772-1786.
14. Akent'eva T. A., Fomina A. G., Yunnikova L. P., Mudrykh N. M. 4-(7-cyclohepta-1,3,5-tryenyl)aniline derivatives and assessment of their biological activity. Butlerov Communications. 2021. V. 68. № 11. Pp. 156-162.
15. Medvedeva I. N., Chirkov S. V., Upilkova Zh. A. Effectiveness of the use of growth regulators from the chalones group against diseases of spring grain crops in Preduralie. Perm Agrarian Journal. 2022. № 1. Pp. 58-67.
16. Mudrykh N., Akent'eva T., Pinaeva M., Zhakova S. Synthesis of tropyrated azomethines exhibiting biological activity. BIO Web of Conferences. Methods for Synthesis of New Biologically Active Substances and Their Application in Various Industries of the World Economy – 2023: International Scientific and Practical Conference. Les Ulis, 2024. P. 01011.

Информация об авторах

Мудрых Наталья Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова (Российская Федерация, 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 23), e-mail: nata020880@hotmail.com

Акентьева Татьяна Анатольевна, кандидат химических наук, доцент, ФГБОУ ВО Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова (Российская Федерация, 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 23), e-mail: akentjeva-perm@yandex.ru

Жакова Светлана Николаевна, кандидат биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова (Российская Федерация, 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 23), e-mail: zha-kova@pgsha.ru

Author's Information

Mudrykh Natalia Mikhailovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Agrochemistry and Soil Science, Perm State Agro-Technological University named after academician D. N. Prianishnikov (Russian Federation, 614990, Perm, Petropavlovskaya str., 23), ORCID: 0000-0001-5855-977X, e-mail: nata020880@hotmail.com

Akent'eva Tatiana Anatolievna, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Ecology and Chemical Technologies, Perm State Agro-Technological University named after academician D. N. Prianishnikov (Russian Federation, 614990, Perm, Petropavlovskaya str., 23), ORCID: 0009-0004-5768-9336, e-mail: akentjeva-perm@yandex.ru

Zhakova Svetlana Nikolaevna, Candidate of Biology Sciences, Associate Professor, Department of Ecology and Chemical Technologies, Perm State Agro-Technological University named after academician D. N. Prianishnikov (Russian Federation, 614990, Perm, Petropavlovskaya str., 23), e-mail: zhakova@pgsha.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-18

THE STABILITY OF BEET PLANT DEVELOPMENT AS AN INDICATOR OF DIRECTED ANTHROPOGENIC IMPACT IN ORGANIC CROP ROTATION

Rakutko E. N., Rakutko S. A.

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of FSBSI FSAC VIM
Saint Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author of the E-mail: sergej1964@yandex.ru

Received 19.08.2024

Submitted 09.12.2024

Summary

The possibility of assessing the anthropogenic impact in the agroecosystem using fluctuating asymmetry of bilateral traits of leaves and its change depending on the dose of nitrogen introduced are revealed.

Abstract

One of the methods used to assess the degree of anthropogenic impact on the agroecosystem is bio indication based on the stability of individual plant development. A fairly convenient criterion for assessing developmental stability is the value of fluctuating asymmetry of bilateral traits. **The object** of this study is table beet (*Beta vulgaris* L.). **The aim** is to identify the possibility of assessing the anthropogenic impact in the agroecosystem using fluctuating asymmetry of bilateral traits leaves and its change depending on the dose of introduced nitrogen. **Materials and methods.** Various amounts of organic fertilizer BIAGUM were applied to plots of the experimental field in triplicate. Measurements of biometric indicators were carried out in two series, at different age states of plants: I) on the 49-th day after sowing, when 7-8 leaves had formed on the plants and II) on the 104-th day after sowing, when the root crop harvest was fully formed. As bilateral traits, from which fluctuating asymmetry values were calculated, we used 1) the area of the leaf halves; 2) average values of gray intensity of the surface of the halves; 3) chlorophyll content in areas of the leaf that are symmetrical relative to the main vein. **Results and conclusions.** The obtained biometric data of beet plants during the periods of bunch and technical maturity showed the influence of organic fertilizer doses on plant development, both biometric parameters and developmental stability. In the control, the FA index was 0.0420-0.0550 relative units for all leaves of the rosette. With an increase in the dose of nitrogen applied, smaller values of the FA value are observed for leaves in the rosette that have a greater intrinsic age, which means a higher level of stability of plant development. Using table beet as an example, it was revealed that the stability of plant development, estimated by the magnitude of fluctuating asymmetry of the leaf halves area, can act as an indicator of targeted anthropogenic impact in the agroecosystem.

Keywords: beets, beet leaves, indicator plants, fluctuating asymmetry.

Citation. Rakutko E. N., Rakutko S. A. The stability of beet plant development as an indicator of directed anthropogenic impact in organic crop rotation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 177-191 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-18.

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 declare no conflict of interest.

633.412:57.087.2:581.1

**СТАБИЛЬНОСТЬ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ СВЕКЛЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ НАПРАВЛЕННОГО
АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ОРГАНИЧЕСКОМ СЕВООБОРОТЕ**

Ракутько Е. Н., научный сотрудник
Ракутько С. А., доктор технических наук

*Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) –
филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Актуальность. Степень антропогенного воздействия на агроэкосистему может быть оценена биоиндикационным методом, в результате которого выявляется стабильность развития растений. Мерой стабильности в этом методе является величина флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков. **Объектом** данного исследования является столовая свекла (*Beta vulgaris* L.). **Цель** – выявление возможности оценки антропогенного воздействия в агроэкосистеме по флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков листьев и ее изменение в зависимости от дозы вносимого азота. **Материалы и методы.** На делянки опытного поля в трех повторностях вносили различное количество органического удобрения БИАГУМ. Измерения биометрических показателей вели двумя сериями, в различные возрастные состояния растений: I) на 49 день после посева, когда на растениях образовались 7-8 листьев и II) на 104 день после посева, когда урожай корнеплодов вполне сформировался. В качестве билатеральных признаков, по которым вычисляли значения флуктуирующей асимметрии, использовали 1) площади половинок листа; 2) средние значения интенсивности серого поверхности половинок; 3) содержание хлорофилла в симметричных относительно главной жилки областях листа. **Результаты и выводы.** Полученные биометрические данные растений свеклы в периоды пучковой и технической спелости показали влияние доз органического удобрения на развитие растений, как биометрические параметры, так и стабильность развития. В контроле индекс ФА составил 0,0420-0,0550 отн.ед. для всех листьев розетки. С увеличением дозы вносимого азота у листьев в розетке, имеющих больший собственный возраст, наблюдаются меньшие значения величины ФА, что означает более высокий уровень стабильности развития растений. На примере столовой свеклы выявлено, что показателем направленного антропогенного воздействия в агроэкосистеме может выступать стабильность развития растений, оцениваемая по величине флуктуирующей асимметрии площади половинок листа.

Ключевые слова: свекла, листья свеклы, индикаторные растения, флуктуирующая асимметрия.

Цитирование. Ракутько Е. Н., Ракутько С. А. Стабильность развития растений свеклы как показатель направленного антропогенного воздействия в органическом севообороте. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 177-191. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-18.

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. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Авторы благодарят своих коллег канд. с.-х. наук Маркову А. Е. за консультации по вопросам агрономии и Мишанова А. П. за предоставление биологического материала.

Введение. Экологические факторы в сельском хозяйстве оказывают непосредственное влияние на качественные и количественные показатели урожая. Антропогенное воздействие различной природы на экосистемы, достигающее в настоящее время беспрецедентного уровня, способно довести их до критического состояния [1]. Данная проблема также встает при выращивании растений в искусственных условиях, в светокультуре. Разработка методов оценки состояния агроэкосистем становится все более актуальной. Для оценки степени антропогенного воздействия применяемых технологий на агроэкосистему применяют комплекс методов, среди которых большое значение отводится биоиндикации, обеспечивающей простоту, чувствительность, скорость и дешевизну интегральной оценки качества среды и комфортности условий для живых организмов [2].

В естественных экосистемах отклонения параметров окружающей среды оценивают по индикаторным растениям, в полевых условиях и искусственных климатических сооружениях такие наблюдения проводят непосредственно над выращиваемыми растениями. Растения при этом, по сути, выступают в качестве биосенсоров, аналогичных техническим датчикам, реагирующим как на изменение общего состояния экосистемы [3], так и на воздействие отдельных факторов [4]. Понимание закономерностей реагирования экосистем на изменения окружающей среды и антропогенные факторы стресса играет важную роль в управлении экосистемами [5].

Необходимость повышения урожайности выращиваемых культур предопределяет упрощенную структуру агроэкосистемы и ее обедненный видовой состав. Сельскохозяйственные культуры находятся под сильным антропогенным воздействием проводимых технологических операций. Под их влиянием в строении морфологических структур, обладающих билатеральной симметрией, проявляются отклонения от видовой нормы. Поэтому эти культуры могут быть использованы как чувствительный индикатор внешних воздействий с возможностью выделения отдельных факторов на общем фоне. В настоящее время насущной задачей является внедрение органического земледелия, восполнение плодородия почвы при которой производится с помощью органических удобрений, а также природных минеральных компонентов. Для этих условий изучение изменений, происходящих в растениях вследствие нарушений гомеостаза развития, приобретает еще большую значимость.

Морфогенетический подход, оценивающий стабильность индивидуального развития растений в экосистеме, основан на учете асимметрии билатеральных (зеркальных) признаков, в норме являющихся идеально симметричными. Выделяют три вида асимметрии. Считается, что направленная асимметрия и антисимметрия являются проявлением генотипа живого организма, в то время как ее третий вид – флуктуирующая асимметрия (ФА) – определяется как следствие нарушения онтогенетических процессов, происходящих, прежде всего, под влиянием факторов окружающей среды. ФА проявляется в незначительных ненаправленных отклонениях от строгой зеркальной симметрии билатеральных признаков (БП). Уровень таких морфологических отклонений от нормы оказывается минимальным лишь при определенных условиях, которые могут рассматриваться как оптимальные, и неспецифично возрастает при любых стрессовых воздействиях в тем большей степени, чем большая интенсивность воздействия имеет место, что трактуется как снижение стабильности развития [6].

Вопросам изучения ФА от года в год посвящается все больше работ. Этот феномен интересен как биологическое явление и находит широкое применение в прикладной экологии. В качестве объектов биоиндикации по ФА БП исследованы листья различных видов

древесных растений, произрастающих в неодинаковых природных условиях с различной степенью антропогенной нагрузки: тополя черного (*Populus nigra* L.) [7], клёна платановидного (*Acer platanoides* L.) [8], клена американского (*Acer negundo* L.) [9], каштанолистного дуба (*Quercus castaneifolia* C.A. Mey) [10], мексиканского дуба (*Quercus deserticola*) [11], вяза мелколистного (*Ulmus Pumila* L.) [12], липы мелколистной (*Tilia Cordata* Mill.) [13], сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris*) [14], черемухи (*Padus*) [15], хвои деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) [16]. Аналогичные исследования проведены для кормовой культуры клевера лугового (*Trifolium Pratense* L.) [17], злаков овса (*Avena sativa*) и ячменя (*Hordeum vulgare*) [18], выращиваемых в светокультуре растений томата (*Solanum lycopersicum*), огурца (*Cucumis sativus* L.), перца (*Capsicum Annuum* L.), кабачка (*Cucurbita Pepo* var. *Giromontina*) и др. [19].

Попытка интегральной оценки агроэкосистемы в целом, с позиции целенаправленно выращиваемых растений, предпринята на примере озимой и яровой пшениц. Выявлено, что величина ФА существенным образом зависит от сорта выращиваемых культур и погодных условий. В условиях эксперимента оценить по величине ФА степень антропогенного воздействия, проявляющуюся в насыщении севооборота различными формами элементов питания, не удалось [20]. Однако, в исследованиях тех же авторов, выявлено влияние обработки комплексом органо-минеральных удобрений на величину ФА картофеля [21].

Фактическим стандартом в определении ФА стали морфометрические признаки листа березы (длины жилок листа, углы между ними, расстояния между характерными точками листа), по которым выявлена чувствительность метода к климатическим условиям и антропогенной нагрузке [22]. Помимо стандартного набора геометрических БП, в связи с развитием измерительных технологий и процедур, к настоящему времени предложены дополнительные параметры (признаки), учитываемые при расчете интегрального коэффициента асимметрии листовых пластинок: площадь половинок листа [23], их периметр, форма, цвет [24] и т.д. Неморфологические признаки зависят от концентрации содержащихся в растении различных веществ, зависящей от стрессирующего воздействия экологических факторов на морфофункциональные связи в растительных объектах, в том числе и на стабильность развития и непосредственно взаимосвязаны с протекающими в последних физиологическими процессами. Это позволяет произвести экспресс-диагностику, т.е. быструю и объективную оценку физиологического состояния растения [25].

На множестве экспериментального материала выявлена связь между стабильностью развития растений и показателями ФА БП их листовых пластин. Высокий показатель ФА, наблюдающийся у признаков растений, произрастающих в менее благоприятных условиях, свидетельствует об их пониженной стабильности развития и, как правило, меньшей продуктивности. Обнаружено явление симбатного снижения стабильности развития растений при увеличении степени неблагоприятного неблагоприятного воздействия. В различных экосистемах со сходной степенью отклонения условий окружающей среды от нормы выявлена сходная стабильность развития растений. При этом изменение стабильности развития растений при различных неблагоприятных воздействиях является интегральным и неспецифичным [26].

Объектом данного исследования является столовая свекла (*Beta vulgaris* L.), которая занимает важное место среди других сельскохозяйственных культур. Растение содержит множество уникальных биоактивных соединений, обладающих рядом лечебных и терапевтических свойств [27]. Свекольную ботву используют в производстве продуктов питания, способных предотвращать развитие железодефицитных состояний в организме человека [28]. Выявлено влияние отдельных химических элементов в составе удобрений на ботанические характеристики свеклы [29]. Азот оказывает выраженное влияние на рост и физиолого-химические показатели урожая свеклы. В различных условиях окружающей среды требуется оптимальное применение удобрений [30].

Цель – выявление возможности оценки антропогенного воздействия в агроэкосистеме по ФА БП листьев и ее изменение в зависимости от дозы вносимого азота.

Материалы и методы. Сбор биологического материала проводили на опытном поле Института агроинженерных и экологических проблем (ИАЭП) – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (59°39'20.0" N, 30°23'03.9" E). Почва дерново-подзолистая суглинистая окультуренная. Столовую свеклу (*Beta vulgaris* L.) сорта «Двусемянная ТСХА», районированного в том числе

для Северо-Западного региона, выращивали в схеме шестипольного органического севооборота. Сорт среднего срока созревания. Листья имеют гладкую поверхность зеленой и темно-зеленой окраски. Корнеплоды имеют темно-красный цвет, на 2/3 погружены в почву. Урожайность сорта составляет $4.0-5.2 \text{ кг м}^{-2}$ [Свекла столовая 'Двусемянная ТСХА'. URL: <https://leplants.ru/veta-vulgaris-var-vulgaris-dvusemyannaya-tsha/> (дата обращения: 27.07.2022)].

Посев семян производили 25 мая 2022 г. Измерения вели двумя сериями, в различные возрастные состояния растений: I) 14 июля, на 49 день после посева, когда на растениях образовались 7-8 листьев и II) 9 сентября, на 104 день после посева, когда урожай корнеплодов вполне сформировался.

В трех вариантах опыта оценивали влияние доз азота на биометрические и морфологические параметры растений свеклы. Использовали удобрение «БИАГУМ» – приготовленный индустриальным способом компост на основе куриного помета [Биологический активное гумусированное органическое удобрение (БИАГУМ). URL: <https://www.sznii.ru/inzhenernaya-ekologiya/biagum.html> (дата обращения: 26.01.2023)]. На всем поле в предшествующем эксперименту году это же удобрение вносилось в дозе 80 кг га^{-1} под предшественник картофель. На часть делянок вносили различные количества органического удобрения, $4,3$ и $8,6 \text{ т га}^{-1}$, что соответствовало дозам азота 80 и 160 кг га^{-1}). Размер делянок $78,4 \text{ м}^2$ (восемь гребней длиной 14 м , междурядье $0,7 \text{ м}$), между делянками располагались защитные полосы, повторность трехкратная, расположение – систематическое. В качестве контроля брали делянки, на которые органические удобрения в этот сезон не вносились [31].

Средние многолетние значения температуры и осадков принимали по данным метеостанции ВИР [32]. Погодные условия в вегетационный период принимали по данным метеостанции ИАЭП.

В первую серию измерений для определения биометрических параметров в каждой повторности извлекали по 15 экземпляров однородных по внешним признакам растений. Определение содержания хлорофилла производили неразрушающим способом, проходя с измерителем вдоль рядков со свеклой.

Во вторую серию измерений определение биометрических параметров растений проводили у всех растений на выбранных участках делянок. Учет вели на участках сплошного произрастания растений для компенсации эффекта неравномерности всходов. Урожайность определяли при выборочной уборке корнеплодов, по их массе в расчете на один квадратный метр площади.

Сырую массу всего растения M_p , его надземной M_n и подземной M_k частей определяли на весах ВТЛ-500 с точностью $\pm 10 \text{ мг}$. Содержание сухого вещества в структурных частях растения определяли весовым методом, высушивая образцы до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 70°C . Максимальную длину листа $L_{\max}$ определяли с помощью мерной линейки (цена деления 1 мм), накладывая ее на лист растения вдоль главной жилки. Результаты фиксировали с точностью $\pm 0,5 \text{ мм}$. Диаметр корнеплода d определяли с помощью штангенциркуля с точностью до $0,1 \text{ мм}$, производя измерения в месте максимальной толщины корнеплода в двух перпендикулярных направлениях и беря среднее значение.

Применение традиционно используемых при определении ФА БП затруднено в случае исследования свеклы, что связано с особенностью морфологии ее листьев. Листовая пластинка свеклы является мягкой и легко деформируемой. Жилки довольно извилисты и не доходят до краев пластинки. Это затрудняет выявление характерных точек для определения расстояния между ними или характерных углов. В данном исследовании в качестве билатеральных приняты признаки (рис. 1): 1) площади половинок листа $Area_L$ и $Area_R$ (см^2); 2) средние значения интенсивности серого поверхности половинок $Mean_L$ и $Mean_R$ (отн.ед.); 3) содержание хлорофилла в симметричных относительно главной жилки областях листа CCI_L и CCI_R (отн.ед.).

Измерения первых двух признаков производили на изображениях отсканированных с разрешением 300 dpi листьев в программе ImageJ (Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA). Предварительную калибровку производили по изображению линейки длиной 250 мм. Масштаб изображений – 11.824 пикселей на миллиметр.

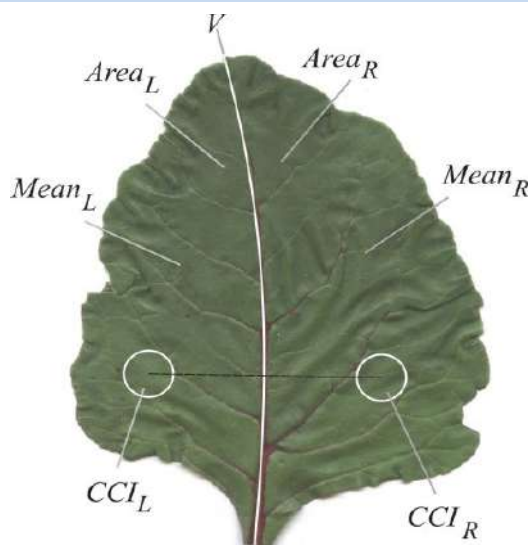


Рисунок 1 – Билатеральные признаки листа свеклы
Figure 1 – Bilateral traits of beet leaf

Вдоль главной жилки (V) производили разделение изображения листа на половины. Границы половин выделяли инструментом *Волшебная палочка*. Находили площади половин листа. Среднее значение серого определяли как сумму значений серого всех пикселей изображения, деленное на количество пикселей. Использовалось взвешенное значение, вычисляемое через координаты цветности по формуле $Mean = 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B$. Неразрушающее определение содержания хлорофилла производили с помощью измерителя ССМ-200, накладывая прижимной механизм прибора на области листа, расположенные максимально симметрично относительно центральной жилки. Используемый в измерителе алгоритм определяет коэффициент пропускания на длинах волн 931 нм (зависящий от толщины листа) и 653 нм (зависящий от концентрации хлорофилла) и индекс содержания хлорофилла в измеряемой области листа (*Chlorophyll Content Index*, CCI, отн.ед.) как отношение измеренных коэффициентов пропускания.

Значение показателя ΦA_p для признака P вычисляли по формуле:

$$\Phi A_p = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|P_{iL} - P_{iR}|}{(P_{iL} + P_{iR})}, \quad (1)$$

где P_{iL} , P_{iR} – значения признака P соответственно на левой и правой половине листа; N – количество измерений данного признака.

Экспериментальные данные обрабатывали с использованием программ EXCEL и STATISTICA. Соответствие распределения значений асимметрии нормальному производили с использованием критериев согласия Колмогорова-Смирнова, Шапиро-Уилка и Лиллиефорса. Направленность асимметрии оценивали с использованием одновыборочного критерия Уилкоксона. Размер-зависимость выявляли с помощью коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Наличие антисимметрии проверяли по эксцессу распределения различий между сторонами. Для всех параметров рассчитывали среднее $\bar{X}$ и стандартное отклонение σ . Значимость различий средних определяли с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA).

Результаты и обсуждение. Погодные условия являются тем фоном, на котором проявляется антропогенное воздействие на агроэкосистему. Важнейшими для сельскохозяйственных культур являются температура и осадки. Выявлено существенное различие между средними многолетними и фактическими в вегетационный период погодными условиями (таблица 1).

Таблица 1 – Среднемесячные температуры (°C) и осадки (мм) по многолетним наблюдениям и текущему году

Table 1 – Monthly average temperatures (°C) and precipitation (mm) for long-term observations and the current year

Показатель / Index	Месяц / Month				
	Май / May	Июнь / June	Июль / July	Август / August	Сентябрь / September
Температура (длит.) / Temperature (long-term)	13.0	14.5	17.0	14.8	10.1
Температура (2022 г) / Temperature (2022 y)	10.0	17.6	19.9	20.6	10.3
Осадки (длит.) / Precipitation (long-term)	36.0	59.0	76.0	80.0	70.0
Осадки (2022 г) / Precipitation (2022 y)	49.3	94.2	152.2	223.0	133.3

В начале сезона фактические значения температуры были ниже, чем многолетние, на 23%. Количество осадков превышало многолетние значения на 37%, в связи с чем свекла была посеяна в более поздние сроки. В течение лета, особенно к его концу, наблюдались превышения фактической температуры (от 17 до 39%) и количества осадков (от 60 до 179%) над многолетними значениями. Ко времени уборки урожая температура соответствовала многолетним значениям, количество осадков превышало почти в два раза средние многолетние значения. Несмотря на существенные отклонения зафиксированных погодных условий от среднемноголетних данных, рост и развитие растений свеклы протекали достаточно хорошо, что свидетельствует о высокой устойчивости культуры на протяжении фаз онтогенеза.

Полученные биометрические параметры сведены в таблицу 2. В целом наблюдается статистически значимое увеличение их численных значений по мере роста растений и при увеличении дозы азота.

Таблица 2 – Биометрические показатели свеклы

Table 2 – Biometrics of beets

Показатель / Index	Серия измерений / Series of study	Доза N, кг га ⁻¹ / Doze N, kg ha ⁻¹		
		0	80	160
Сырая масса растения M_p , г / Plant wet weight M_p , g	I	22.07±2.36	25.05±3.58	37.19±3.98*
	II	378,3±56,1	548,9±63,3	598,3±58,4*
Сырая масса подземной части M_k , г / Root wet mass M_k , g	I	3.44±0.55	3.83±0.67	6.91±1.63*
	II	249,8±41,1	349,8±42,2	371,4±40,8*
Сырая масса наземной части M_n , г / Shoot wet mass M_n , g]	I	18.63±2.22	21.22±3.06	30.27±2.80*
	II	128,5±19,5	199,1±25,5	226,9±21,7*
Соотношение массы наземной и подземной частей SRR , отн.ед. / Shoot-root ratio SSR , rel.u.	I	5.60±1.02	5.76±0.70	4.77±0.92
	II	0,65±0,05	0,66±0,04	0,71±0,08
Средний диаметр корнеплода D_{cp} , см / Average root diameter D_{cp} , cm	I	1.51±0.14	1.51±0.12	1.95±0.22*
	II	6,9±0,4	7,9±0,4	8,1±0,3*
Максимальная длина листа L_{max} , см / Maximum leaf length L_{max} , cm	I	21.03±1.32	23.08±1.24	25.21±1.64*
	II	41,0±1,0	49,3±0,9	51,3±1,0*

* значимость различий на уровне $p < 0.05$

* Signific

По сравнению с контролем при максимальной дозе вносимого удобрения биометрические показатели увеличиваются у растений как в первой, так и второй серии измерений: масса растения свеклы в целом (соответственно в 1,69 и 1,58 раза), масса подземной части (в 2,01 и 1,49 раза), масса наземной части (в 1,62 и 1,77 раза), диаметр корнеплода (1,29 и 1,17 раза), длина листа (в 1,20 и 1,25 раза). Различия отношения массы надземной и подземной частей растений в пределах одной серии измерений не значимы, что свидетельствует о равномерном развитии растений в обоих возрастных состояниях не зависимо от дозы азота. Выборочная уборка показала увеличение урожайности на 20% при максимальной дозе удобрения по сравнению с контролем.

Выявлена очень сильная корреляция между массой растения M_p и массами корнеплода M_k (0.98), листьев M_l (0.95) и средним диаметром корнеплода D_{cp} (0.97). Сильная корреляция обнаружена между массой корнеплода M_k и массой листьев M_l (0.89). Заметная корреляция наблюдается между отношением SRR и массой растения M_p (-0.52), массой корнеплода M_k (-0.65) и его средним диаметром D_{cp} (-0.59). Умеренная корреляция наблюдается между длиной листа L_{max} , массой корнеплода M_k (0.48) и его средним диаметром D_{cp} (0.47).

Объемы полученных для анализа асимметрии по отдельным БП и частоты ее встречаемости выборок приведены в таблице 3. Наибольшая частота появления асимметрии в половинках листа выявлена при измерении содержания хлорофилла (CCI), наименьшая – при измерении площади ($Area$).

Таблица 3 – Количество экземпляров в выборках и частоты встречаемости асимметрии по отдельным БП

Table 3 – The number of specimens in the samples and the frequency of occurrence of asymmetry for individual bilateral traits

Доза N , кг га ⁻¹ / Doze N , kg ha ⁻¹	CCI		$Area$		$Mean$	
	Кол-во / Quantity	Частота, % / Frequency, %	Кол-во / Quantity	Частота, % / Frequency, %	Кол-во / Quantity	Частота, % / Frequency, %
0	201	95	41	54	41	71
80	180	98	45	62	45	78
160	147	98	43	63	43	60

Проверка на отклонение от нормальности значений асимметрии ($P_L - P_R$) показала, что не все выборки удовлетворяют условиям нормального распределения (таблица 4.)

Таблица 4 – Статистический анализ нормальности распределения значений асимметрии

Table 4 – Statistical analysis of the normality of the distribution of asymmetry values

Доза N , кг га ⁻¹ / Doze N , kg ha ⁻¹	Билатеральный признак / Bilateral trait	Тест / Test		
		Колмогорова- Смирнова / Kolmogorov-Smirnov	Шапиро-Уилка / Shapiro-Wilk	Лиллиефорса / Lilliefors
0	CCI	d=0.06867, p>0.20	W=0.98176, p=0.01033	p<0.05
	$Area$	d=0.18261, p<0.15	W=0.94888, p=0.06390	p<0.01
	$Mean$	d=0.09826, p>0.20	W=0.98407, p=0.82497	p>0.20
80	CCI	d=0.05063, p>0.20	W=0.98731, p=0.10550	p>0.20
	$Area$	d=0.14536, p>0.20	W=0.96512, p=0.19109	p<0.05
	$Mean$	d=0.06906, p>0.20	W=0.98340, p=0.75780	p>0.20
160	CCI	d=0.05812, p>0.20	W=0.99382, p=0.78414	p>0.20
	$Area$	d=0.17466, p<0.15	W=0.87861, p=0.00030	p<0.01
	$Mean$	d=0.11875, p>0.20	W=0.96349, p=0.18586	p<0.15

Жирным шрифтом в таблице выделены признаки и выборки, в которых нулевая гипотеза об отсутствии отличий от нормальности принимаются (p>0.05). Этот факт определяет применение непараметрических методов для статистического анализа.

Присутствие направленной асимметрии, характерной для генотипической изменчивости, выявляли с использованием одновыборочного критерия Уилкоксона (*Nonparametric Statistics / Comparing two dependent samplec (variables) / Wilcoxon matched pair test*). Результаты анализа приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Статистический анализ направленности асимметрии БП
Table 5 – Statistical analysis of the direction of asymmetry of bilateral traits

Доза N , кг га ⁻¹ / Doze N , kg ha ⁻¹	Билатеральный признак / Bilateral trait	Статистические показатели / Statistical indicators		
		T	z	p
0	CCI	8775,5	0,987843	0,323230
	Area	429,0	0,019438	0,984492
	Mean	419,0	0,149021	0,881537
80	CCI	7235,5	1,060371	0,288977
	Area	396,0	0,929771	0,352490
	Mean	435,0	0,931223	0,351739
160	CCI	4918,5	0,738194	0,460397
	Area	350,0	1,485219	0,137487
	Mean	383,0	1,086746	0,277150

Направленная асимметрия как генотипический популяционный признак не обнаружена ни в одной выборке, ни по одному признаку, что является первым критерием в пользу флуктуирующего характера асимметрии относительно ее нулевого значения.

Вторым критерием флуктуирующего характера асимметрии является отсутствие связи между средним размером признака $(P_L + P_R)/2$ и величиной его асимметрии $|P_L - P_R|$. Проверку проводили с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена r_s (*Nonparametric Statistics/ Correlations*). Во всех выборках выявлена размер-зависимость для признака *Mean*. (таблица 6). Это означает, что в онтогенезе половинки листа, имеющие большую цветовую интенсивность, характеризуются и более выраженной асимметрией этого показателя. В случае необходимости включения такого показателя в систему интегральной оценки вместо абсолютного значения асимметрии признака $|P_L - P_R|$ должна быть применена нормировка того или иного вида.

Таблица 6 – Статистический анализ размер-зависимости
Table 6 – Statistical size-dependence analysis

Доза N , кг га ⁻¹ / Doze N , kg ha ⁻¹	Билатеральный признак / Bilateral trait	Статистические показатели / Statistical indicators	
		r_s	p
0	CCI	0,250720	0,000331
	Area	0,647213	0,000005
	Mean	-0,283736	0,072215
80	CCI	0,340852	0,000003
	Area	0,531164	0,000174
	Mean	-0,147445	0,333766
160	CCI	0,187377	0,023051
	Area	0,653126	0,000002
	Mean	0,019935	0,899033

Третьим критерием флуктуирующего характера асимметрии является отсутствие антисимметрии, индикатором которой служит отрицательный эксцесс распределения различий между сторонами $(P_L - P_R)$. В большинстве случаев эксцесс положителен (таблица 7), однако его эмпирическое значение превышает табличное критическое значение, что означает отсутствие антисимметрии у анализируемых признаков.

Таблица 7 – Статистический анализ значений эмпирического ($k_{эмп}$) и критического ($k_{кр}$) эксцесса БП
Table 7 – Statistical analysis of empirical ($k_{эмп}$) and critical ($k_{кр}$) values of kurtosis of bilateral traits

Доза N , кг га ⁻¹ / Doze N , kg ha ⁻¹	Билатеральный признак / Bilateral trait	Эксцесс / Kurtosis	
		$k_{эмп}$	$k_{кр} (\alpha=0.05)$
0	<i>CCI</i>	1.037	0.617
	<i>Area</i>	0,594	1,333
	<i>Mean</i>	-0,271	-0,886
80	<i>CCI</i>	0,980	0.643
	<i>Area</i>	0,564	1,301
	<i>Mean</i>	0,053	1,301
160	<i>CCI</i>	0.385	0.748
	<i>Area</i>	3,225	1,310
	<i>Mean</i>	0,321	1,310

Таким образом, статистический анализ показал флуктуирующий характер асимметрии по всем трем БП. В таблице 8 показаны средние значения ФА, вычисленные для отдельных выборок.

Таблица 8 – Средние значения ФА по отдельным БП, отн.ед.
Table 8 – Average FA values for bilateral trait, rel.u.

Доза N , кг га ⁻¹ / Doze N , kg ha ⁻¹	<i>CCI</i>	<i>Area</i>	<i>Mean</i>
0	0.0501	0.0477	0.0119
80	0.0555	0.0380	0.0144
160	0.0571	0.0297	0.0108

Выявлено, что статистически не значимы различия средних для признаков *CCI* и *Mean*, что означает невозможность их использования при биоиндикации агроэкосистемы свекловичного поля. Мы полагаем, что для признака *CCI* это в большой степени объясняется сложностью точного наложения прижимного механизма измерителя на симметричные относительно центральной жилки участки листа, что связано с неправильной его формой и особенностями жилкования. Что касается признака *Mean*, считаем, что «шумом» здесь являются цвет жилок листа, учитываемого используемой программой при расчете признака для листовой поверхности, а так же вкрапления поврежденных участков поверхности, имеющих свои цветовые параметры. Поэтому для дальнейшего анализа оставлен единственный признак *Area*.

Проведенные исследования дают возможность использовать индекс асимметрии по этому признаку, характеризующий стабильность развития растений как интегральный биоиндикационный параметр при изучении влияния доз удобрений при выращивании свеклы.

На рисунке 2 показаны значения индекса FA_{Area} при различных дозах азота у отдельных листьев свеклы. Нумерация листьев соответствует порядку их появления в розетке.

Относительно высокий уровень индекса наблюдался в контроле, при отсутствии внесения удобрения. Для всех листьев розетки его величина принимала значение в диапазоне 0,0420-0,0550, без значимо выраженной тенденции к изменению. Этот уровень следует принять за фоновый, соответствующий стабильности развития растений при их естественном росте в отсутствии антропогенного воздействия в виде внесения удобрений. С увеличением дозы вносимого азота у листьев в розетке, имеющих больший собственный возраст, наблюдаются меньшие значения величины ФА, что означает более высокий уровень стабильности развития растений. Данная тенденция становится еще более выраженной при дальнейшем повышении дозы азота. Причем, более низкие значения ФА наблюдаются у более старых листьев. Молодые листья характеризуются несформированной морфологической структурой и оценка по ФА для них статистически незначима.

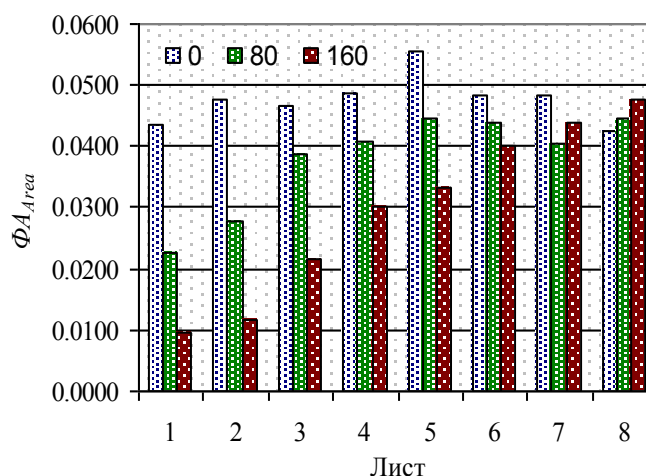


Рисунок 2 – Зависимость показателя ΦA_{Area} от дозы азота у отдельных листьев свеклы
Figure 2 – Dependence of the ΦA_{Area} index on the nitrogen dose of fertilizer for individual beet leaves

Поиск БП, по которым производится оценка, является нетривиальной задачей. Каждый признак должен быть проверен по рассмотренной выше методике. В частности, признак асимметрии площади половин листовых пластинок является перспективным для использования в силу автоматизации его определения по отсканированному материалу и, соответственно, наименьшей статистической погрешности.

Сопоставление ФА листьев растений, выращенных при различных дозах азота с их биометрическими характеристиками подтверждает, что закономерность, выявленная во многих исследованиях, справедлива и для растений свеклы в органическом севообороте: улучшение условий окружающей среды по какому либо фактору в агроэкосистеме повышает продуктивность выращиваемых растений при одновременном повышении стабильности их развития, о котором свидетельствуют меньшие значения ФА БП.

Стабильность развития и характеризующая ее ФА связаны со стрессом окружающей среды [33]. Появление асимметрии БП свидетельствует о том, что физиологические процессы и метаболизм, протекающие в живом организме и формирующие фенотип, не в состоянии справиться с этим стрессом. Асимметрия объясняется шумом развития, препятствующим симметричному развитию двусторонних признаков, а так же вариациями выражения данного фенотипа в стрессовых для генотипа условиях [34].

По результатам исследований, в качестве рекомендации мы предлагаем использовать коэффициент асимметрии по площади половин листа, определяемый по наиболее старым листьям для оценки стабильности развития растений и как интегральный биоиндикационный параметр при прогнозировании урожайности свеклы.

Заключение. Сельскохозяйственная деятельность человека оказывает существенное влияние на агроэкосистемы, которое находит отражение не только в изменении продуктивности выращиваемых культур, но и в более тонком эффекте – изменении стабильности их развития. Такие изменения являются проявлением онтогенетической тактики в менее благоприятных для вида экологических условиях произрастания. Агроэкосистемы являются сложными объектами для изучения в силу действия множества взаимонезависимых факторов. Причинно-следственные связи между факторами и показателями часто косвенны. Набор антропогенных факторов формируется искусственно и целенаправленно, поэтому, в отличие от естественных экосистем, в исследовательских целях всегда возможно выделить конкретный фактор и оценить его вклад в общую ситуацию. Под влиянием антропогенного воздействия отклонения от видовой нормы билатеральной симметрии проявляются не только в строении морфологических структур, но и в зависящих от них физиологических параметрах.

Растения являются чувствительными биоиндикаторами, по которым возможно оценить состояние агроэкосистемы в целом, с позиции выращиваемой в ней культуры. Полученные биометрические данные растений свеклы в периоды пучковой и технической спелости показали влияние доз органического удобрения на развитие растений, как биометрические параметры,

так и стабильность развития. На примере столовой свеклы выявлено, что показателем направленного антропогенного воздействия в агроэкосистеме может выступать стабильность развития растений, оцениваемая по величине флуктуирующей асимметрии площади половинок листа.

Conclusions. Human agricultural activity has a significant impact on agroecosystems, which is reflected not only in changes in the productivity of crops, but also in a more subtle effect – changes in the stability of their development. Such changes are a manifestation of ontogenetic tactics in less favorable environmental conditions for the species. Agroecosystems are complex objects for study due to the action of many interdependent factors. Cause-and-effect relationships between factors and indicators are often indirect. A set of anthropogenic factors is formed artificially and purposefully, therefore, unlike natural ecosystems, for research purposes it is always possible to isolate a specific factor and assess its contribution to the overall situation. Under the influence of anthropogenic impact, deviations from the species norm of bilateral symmetry are manifested not only in the structure of morphological structures, but also in the physiological parameters that depend on them. Plants are sensitive bioindicators, by which it is possible to assess the state of the agroecosystem as a whole, from the position of the crop grown in it. The obtained biometric data of beet plants during the periods of bunch and technical maturity showed the effect of organic fertilizer doses on plant development, both biometric parameters and development stability. Using table beet as an example, it was revealed that the stability of plant development, assessed by the magnitude of the fluctuating asymmetry of the leaf halves area, can act as an indicator of targeted anthropogenic impact in the agroecosystem.

Библиографический список

1. Steffen W., Richardson K., Rockstrom J., Schellnhuber H.J., Dube O. P., Dutreuil S., Lenton T. M., Lubchenco J. The Emergence and Evolution of Earth System Science. *Nat. Rev. Earth Environ.* 2020. V. 1 (1). Pp. 54-63.
2. Theodor Sperlea T., Heider D., Hattab G. A theoretical basis for bioindication in complex ecosystems. *Ecological Indicators*. 2022. V. 140 (May). 109050.
3. Cordier T., Alonso-Saez L., Apotheloz-Perret-Gentil L., et al. Ecosystems Monitoring Powered by Environmental Genomics: A Review of Current Strategies with an Implementation Roadmap. *Mol. Ecol.*, June. 2020. No 30 (13). Pp. 2937-2958.
4. Sagova-Mareckova M., Boenigk J., Bouchez A., et al. Expanding Ecological Assessment by Integrating Microorganisms into Routine Freshwater Biomonitoring. *Water Res.* 2021. No 191 (March). 116767.
5. Ulanowicz R. E. The Tripartite Nature of Causalities in Ecosystem Dynamics. *Curr. Opin. Syst. Biol.* 2019. No 13 (February). Pp. 129-135.
6. Баранов С. Г., Зыков И. Е., Федорова Л. В. Изучение внутривидовой изменчивости липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) на основе билатеральной асимметрии листовых пластин. *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2015. № 2 (30). С. 134-145.
7. Штирц Ю. А. Симметричные и асимметричные изменения формы листовой пластинки *Populus nigra* L. в условиях городских экосистем. *Промышленная ботаника*. 2019. Т. 19. № 2. С. 34-42.
8. Корниенко В. О., Кольченко О. Р., Матвеева Т. Б. *Acer Platanoides* L. в условиях антропогенной нагрузки г. Донецка. *Самарский научный вестник*. 2019. Т. 8. № 3 (28). С. 46-52.
9. Кулахметов Р. М., Башмаков Д. И. Флуктуирующая асимметрия листьев клена американского в условиях г. Рузаевки. *Промышленная ботаника*. 2019. Т. 19. № 3. С. 59-63.
10. Мамедова А. О., Мамедова Р. Н. Исследование биоиндикативных свойств *Quercus Castaneifolia* C. A. Meу на природных и урбанизированных территориях республики Азербайджан. *Вестник Нижневартовского государственного университета*. 2019. № 2. С. 71-79.
11. Garcia-Jain S. E., Maldonado-López Y., Oyama K., et al. Effects of forest fragmentation on plant quality, leaf morphology and herbivory of *Quercus deserticola*: is fluctuating asymmetry a good indicator of environmental stress? *Trees*. 2022. No 36. Pp. 553-567.
12. Панченко Л. С. Оценка качества природной среды по флуктуирующей асимметрии листовых пластинок вяза мелколистного (*Ulmus Pumila* L.) в п. Октябрьский Калачевского района Волгоградской области. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2021. № 3 (63). С. 181-190.
13. Зыков И. Е., Баранов С. Г., Липпонен И. Н., Полоскова Е. Ю., Кузнецова Д. Д. Адаптивная изменчивость листовых пластин липы мелколистной (*Tilia Cordata* Mill.). *Успехи современного естествознания*. 2022. № 7. С. 7-13.
14. Gubasheva B. E., Idrissova G. Z., Tumenov A. N., Miftakhov R. R. Assessment of the degree of air pollution by fluctuating asymmetry of leaves of various tree species. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2022. V. 30. No 3. Pp. 417-427.
15. Чернакова О. В., Чудновская Г. В. Влияние автомобильного транспорта на флуктуирующую асимметрию листьев представителей рода *Padus*. *Вестник ИрГХА*. 2019. № 91. С. 92-100.
16. Коротченко И. С., Алексеева А. Н. Флуктуирующая асимметрия хвои *Pinus Sylvestris* L. как биоиндикационный показатель загрязнения природных сред города Красноярск. *Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал*. 2021. № 2 (38). С. 27-38.
17. Баранов С. Г., Бирик Т. С., Винокуров И. Ю. Изучение стабильность развития клевера лугового в условиях агроэкосистем. *Современные здоровьесберегающие технологии*. 2018. № 4. С. 156-164.

18. Баранов С. Г., Винокуров И. Ю. Сравнение стабильности развития ячменя и овса в зависимости от дозы удобрения. *Journal of Agriculture and Environment*. 2022. № 6 (26).
19. Ракутько Е. Н., Ракутько С. А., Цзянь Су, Ян Ма Методы биоиндикационной оценки состояния агро-экосистем: аналитический обзор. *АгроЭкоИнженерия*. 2022. № 1 (110). С. 19-42.
20. Устюжанина О. А., Соколова Л. А. Коэффициент флуктуирующей асимметрии для пшениц озимой и яровой в севооборотах с насыщенностью элементами питания в разной форме. *Проблемы региональной экологии*. 2014. № 6. С. 59-62.
21. Устюжанина О. А., Соколова Л. А., Стрельцов А. Б. Стабильность развития разных сортов картофеля как показатель направленного антропогенного воздействия. *Проблемы региональной экологии*. 2012. № 6. С. 110-112.
22. Shadrina E., Turmukhametova N., Soldatova V., Vol'pert Y., Korotchenko I., Pervyshina G. Fluctuating asymmetry in morphological characteristics of *Betula pendula* Roth leaf under conditions of urban ecosystems: evaluation of the multi-factor negative impact. *Symmetry*. 2020. V. 12. N 8.
23. Лебединский И. А., Мочалова К. Ю. Площадь листовой пластинки как дополнительный критерий оценки выраженности флуктуирующей асимметрии по методике Захарова. *Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия № 2. Физико-математические и естественные науки*. 2020. № 1. С. 60-65.
24. Кулик К. Н., Исаков А. С., Новочадов В. В. Новые возможности анализа листовых пластинок деревьев-биоиндикаторов в оценке состояния окружающей среды в условиях аридной зоны. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2021. № 1 (61). С. 25-36.
25. Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г., Чернова И. В. Оценка состояния растений методами экспресс-диагностики. *Аграрный вестник Урала*. 2019. № 7 (186). С. 19-25.
26. Захаров В. М., Шадрина Е. Г., Турмухаметова Н. В., Иванцова Е. Н., Шикалова Е. А., Солдатова В. Ю., Шарова Н. А., Трофимов И. Е. Оценка состояния растений по стабильности развития в естественных и антропогенных условиях (флуктуирующая асимметрия признаков листа березы повислой *Betula Pendula Roth*). *Известия Российской академии наук. Серия биологическая*. 2020. № 2. С. 191-196.
27. Pandita D., Reddy R., Nayik G. A., Pandita A. Beetroot. Antioxidants in Vegetables and Nuts - Properties and Health Benefits. Springer Nature Singapore Pvt. Ltd., 2020. Pp. 45-74.
28. Джабова А. С., Туменова А. Х., Хатыхов Д. М. Биохимическая характеристика ботвы столовой свеклы, оценка ее безопасности и возможности использования в производстве продуктов профилактического назначения. *Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова*. 2020. № 1 (27). С. 38-43. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42877065>.
29. Gashash E. A., Ashmawi A. E., El-Taher A. M., Omar M. A., Osman N. A., Taha N. M., Elkelish Amr. Effect of fertilizing with different levels of phosphorous and zinc on the botanical characteristics of table beet (*Beta vulgaris L.*). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2022.
30. Sinta Z., Garo G. Influence of Plant Density and Nitrogen Fertilizer Rates on Yield and Yield Components of Beetroot (*Beta vulgaris L.*). *International Journal of Agronomy*. 2021. V. 2021. Article ID 6670243. 7 p.
31. Ракутько С. А., Мишанов А. П., Ракутько Е. Н., Маркова А. Е. Биоиндикационная оценка состояния агроэкосистемы при выращивании столовой свеклы (*Beta vulgaris L.*). *АгроЭкоИнженерия*. 2022. № 3 (112). С. 4-24.
32. Sokolova D. V., Shvachko N. A., Mikhailova A. S., Popov V. S. Betalain Content and Morphological Characteristics of Table Beet Accessions: Their Interplay with Abiotic Factors. *Agronomy*. 2022. V. 12. No 5. 1033.
33. Cuevas-Reyes P., Gilberti L., González-Rodríguez A., Fernandes G.W., 2013. Patterns of herbivory and fluctuating asymmetry in *Solanum lycocarpum* St. Hill (Solanaceae) along an urban gradient in Brazil. *Ecological Indicators*. 2013. V. 24. Pp. 557-561.
34. Dodonov P., Braga A. L., Arruda L. H., Alves-Ferreira G., Silva-Matos D. M. Is leaf fluctuating asymmetry related to plant and leaf size in *Miconia albicans*, a common Melastomataceae species? *Brazilian journal of biology*. 2022. V. 84. e260884.

References

1. Steffen W., Richardson K., Rockstrom J., Schellnhuber H.J., Dube O. P., Dutreuil S., Lenton T. M., Lubchenco J. The Emergence and Evolution of Earth System Science. *Nat. Rev. Earth Environ*. 2020. V. 1 (1). Pp. 54-63.
2. Theodor Sperlea T., Heider D., Hattab G. A theoretical basis for bioindication in complex ecosystems. *Ecological Indicators*. 2022. V. 140 (May). 109050.
3. Cordier T., Alonso-Saez L., Apotheloz-Perret-Gentil L., et al. Ecosystems Monitoring Powered by Environmental Genomics: A Review of Current Strategies with an Implementation Roadmap. *Mol. Ecol.*, June. 2020. V. 30 (13). Pp. 2937-2958.
4. Sagova-Mareckova M., Boenigk J., Bouchez A., et al. Expanding Ecological Assessment by Integrating Microorganisms into Routine Freshwater Biomonitoring. *Water Res.* 2021. No 191 (March). 116767.
5. Ulanowicz R. E. The Tripartite Nature of Causalities in Ecosystem Dynamics. *Curr. Opin. Syst. Biol.* 2019. No 13 (February). Pp. 129-135.
6. Baranov S. G., Zykov I. E., Fedorova L. V. Study of intraspecific variability of small-leaved linden (*Tilia cordata Mill.*) based on bilateral asymmetry of leaf blades. *Bulletin of Tomsk State University. Biology*. 2015. No 2 (30). Pp. 134-145.
7. Shtirts Yu. A. Symmetrical and asymmetrical changes in the shape of the leaf blade of *Populus Nigra L.* in urban ecosystems. *Industrial botany*. 2019. V. 19. No 2. Pp. 34-42.
8. Kornienko V. O., Kolchenko O. R., Matveeva T. B. *Acer Platanoides L.* under anthropogenic load in Donetsk. *Samara Scientific Bulletin*. 2019. V. 8. No 3 (28). Pp. 46-52.

9. Kulakhmetov R. M., Bashmakov D. I. Fluctuating asymmetry of American maple leaves in the conditions of Ruzayevka. *Industrial botany*. 2019. V. 19. No 3. Pp. 59-63.
10. Mamedova A. O., Mamedova R. N. Study of bioindicative properties of *Quercus Castaneifolia* C.A. Mey in natural and urbanized areas of the Republic of Azerbaijan. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*. 2019. No 2. Pp. 71-79.
11. García-Jain S. E., Maldonado-López Y., Oyama K., et al. Effects of forest fragmentation on plant quality, leaf morphology and herbivory of *Quercus deserticola*: is fluctuating asymmetry a good indicator of environmental stress? *Trees*. 2022. No 36. Pp. 553–567.
12. Panchenko L. S. Assessment of the quality of the natural environment by fluctuating asymmetry of leaf blades of small-leaved elm (*Ulmus Pumila* L.) in the village of Oktyabrsky, Kalachevsky district, Volgograd region. *News of the Lower Volga Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2021. No 3 (63). Pp. 181-190.
13. Zykov I. E., Baranov S. G., Lipponen I. N., Poloskova E. Yu., Kuznetsova D. D. Adaptive variability of leaf blades of small-leaved linden (*Tilia Cordata* Mill.). *Advances in modern natural science*. 2022. No 7. Pp. 7-13.
14. Gubasheva B. E., Idrissova G. Z., Tumenov A. N., Miftakhov R. R. Assessment of the degree of air pollution by fluctuating asymmetry of leaves of various tree species. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2022. V. 30. No 3. Pp. 417-427.
15. Chernakova O. V., Chudnovskaya G. V. The influence of motor transport on the fluctuating asymmetry of leaves of representatives of the genus *Padus*. *Bulletin of the IrGS-HA*. 2019. No 91. Pp. 92-100.
16. Korotchenko I. S., Alekseeva A. N. Fluctuating asymmetry of the needles of *Pinus Sylvestris* L. as a bioindication indicator of pollution of natural environments of the city of Krasnoyarsk. *Bulletin of the Orenburg State Pedagogical University. Electronic scientific journal*. 2021. No 2 (38). Pp. 27-38.
17. Baranov S. G., Bibik T. S., Vinokurov I. Yu. Study of the stability of red clover development in agroecosystems. *Modern health-saving technologies*. 2018. No 4. Pp. 156-164.
18. Baranov S. G., Vinokurov I. Yu. Comparison of the stability of barley and oats development depending on the fertilizer dose. *Journal of Agriculture and Environment*. 2022. No 6 (26).
19. Rakutko E. N., Rakutko S. A., Jian Su, Yan Ma Methods of bioindication assessment of the state of agroecosystems: an analytical review. *AgroEcoEngineering*. 2022. No. 1 (110). Pp. 19-42.
20. Ustyuzhanina O. A., Sokolova L. A. Coefficient of fluctuating asymmetry for winter and spring wheat in crop rotations with saturation of nutrients in different forms. *Problems of regional ecology*. 2014. No 6. Pp. 59-62.
21. Ustyuzhanina O. A., Sokolova L. A., Streltsov A. B. Stability of development of different potato varieties as an indicator of targeted anthropogenic impact. *Problems of regional ecology*. 2012. No 6. Pp. 110-112.
22. Shadrina E., Turmukhametova N., Soldatova V., Vol'pert Y., Korotchenko I., Pervyshina G. Fluctuating asymmetry in morphological characteristics of *Betula pendula* Roth leaf under conditions of urban ecosystems: evaluation of the multi-factor negative impact. *Symmetry*. 2020. V. 12. N 8.
23. Lebedinsky I. A., Mochalova K. Yu. Leaf blade area as an additional criterion for assessing the severity of fluctuating asymmetry using Zakharov's method. *Bulletin of the Perm State Humanitarian and Pedagogical University. Series No 2. Physical, mathematical and natural sciences*. 2020. No 1. Pp. 60-65.
24. Kulik K. N., Isakov A. S., Novochadov V. V. New possibilities for analyzing leaf blades of bioindicator trees in assessing the state of the environment in the arid zone. *News of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2021. No 1 (61). Pp. 25-36.
25. Eroshenko F. V., Storchak I. G., Chernova I. V. Assessment of plant condition by express diagnostic methods // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019. No 7 (186). Pp. 19-25.
26. Zakharov V. M., Shadrina E. G., Turmukhametova N. V., Ivantsova E. N., Shikalova E. A., Soldatova V. Yu., Sharova N. A., Trofimov I. E. Assessment of plant condition by developmental stability in natural and anthropogenic conditions (fluctuating asymmetry of leaf traits of silver birch *Betula Pendula* Roth). *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Biological Series*. 2020. No 2. Pp. 191-196.
27. Pandita D., Reddy R., Nayik G. A., Pandita A. Beetroot. Antioxidants in Vegetables and Nuts – Properties and Health Benefits. Springer Nature Singapore Pvt. Ltd., 2020. Pp. 45-74.
28. Dzhaboeva A. S., Tumenova A. Kh., Khatokhov D. M. Biochemical characteristics of table beet tops assessment of their safety and possibility of use in the production of preventive products. *News of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov*. 2020. No 1 (27). Pp. 38-43. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42877065>
29. Gashash E. A., Ashmawi A. E., El-Taher A. M., Omar M. A., Osman N. A., Taha N. M., Elkesh Amr. Effect of fertilizing with different levels of phosphorous and zinc on the botanical characteristics of table beet (*Beta vulgaris* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2022.
30. Sinta Z., Garo G. Influence of Plant Density and Nitrogen Fertilizer Rates on Yield and Yield Components of Beetroot (*Beta vulgaris* L.). *International Journal of Agronomy*. 2021. V. 2021. Article ID 6670243. 7 p.
31. Rakutko S. A., Mishanov A. P., Rakutko E. N., Markova A. E. Bioindication assessment of the state of the agroecosystem when growing table beet (*Beta vulgaris* L.). *AgroEcoEngineering*. 2022. No 3 (112). Pp. 4-24.
32. Sokolova D. V., Shvachko N. A., Mikhailova A. S., Popov V. S. Betalain Content and Morphological Characteristics of Table Beet Accessions: Their Interplay with Abiotic Factors. *Agronomy*. 2022. V. 12. No 5. 1033.
33. Cuevas-Reyes P., Gilberti L., González-Rodríguez A., Fernandes G. W., 2013. Patterns of herbivory and fluctuating asymmetry in *Solanum lycocarpum* St. Hill (Solanaceae) along an urban gradient in Brazil. *Ecological Indicators*. 2013. V. 24. Pp. 557-561.
34. Dodonov P., Braga A. L., Arruda L. H., Alves-Ferreira G., Silva-Matos D. M. Is leaf fluctuating asymmetry related to plant and leaf size in *Miconia albicans*, a common Melastomataceae species? *Brazilian journal of biology*. 2022. V. 84. e260884.

Информация об авторах

Ракутько Елена Николаевна, научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, 196625, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3536-9639>, e-mail: elena.rakutko@mail.ru

Ракутько Сергей Анатольевич, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, 196625, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2454-4534>, e-mail: sergej1964@yandex.ru

Author's Information

Rakutko Elena Nikolaevna, Researcher, Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production – Branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196625, St. Petersburg, Tyarlevo village, Filtrovskoe shosse, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3536-9639>, e-mail: elena.rakutko@mail.ru

Rakutko Sergey Anatolievich, Doctor of Engineering Sciences, Chief Researcher, Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production – Branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196625, St. Petersburg, Tyarlevo village, Filtrovskoe shosse, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2454-4534>, e-mail: sergej1964@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-19

**TECHNO-CHEMICAL CHARACTERISTICS AND TASTE-AROMATIC FEATURES
OF RKATSITILI VARIETY WINES IN THE CONDITIONS OF THE LOWER DON REGION****Matveeva N. V., Bakhmetova M. V.**

*All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Y. I. Potapenko –
branch of the «Federal Rostov Agricultural Research Center»
Novocherkassk, Rostov Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: n-matveeva78@mail.ru

Received 17.09.2024

Submitted 25.11.2024

**The research was carried out within the framework of the research topic No FNFZ-2024-0008
«Preservation and replenishment of the Don ampelographic collection. Study of the adaptive, biological
and technological potential of introduced and autochthonous grape varieties in order to isolate valuable
genotypes for their inclusion in breeding and production processes»**

Summary

The article presents the results of the study of the physicochemical parameters of the must from Rkatsiteli grapes, as well as the composition of the main components of the aroma-forming complex and the organoleptic evaluation of the wine.

Abstract

Introduction. Rkatsiteli is an indigenous Georgian grape variety that is widely cultivated outside Georgia and is one of the common varieties in Russia. Its resistance to adverse weather conditions and ability to produce high yields make it attractive to winemakers. The aim of the study was to study the physicochemical parameters of the must, the composition of the main components of the aroma-forming complex, and the organoleptic evaluation of wine. **Object.** The object of the study is must and wine from the Rkatsiteli grape variety. **Materials and methods.** The studies were conducted at the laboratory of ampelography and technological evaluation of grape varieties. The experimental wines were prepared under micro winemaking conditions using classical technology. The following parameters were determined in the must: pH, glucoacidometric index, technical maturity index, the amount of phenolic substances, and the concentration of total and amine nitrogen. The following parameters were determined in the wine material: quality indicators of finished products, the content of metal cations, organic acids, and essential amino acids. The organoleptic characteristics were assessed using a 10-point scale. **Results and discussion.** According to the results of the research, 12 amino acids were determined in the wines, the content of the main organic acids corresponded to the recommended values, the volatile components affecting the organoleptic assessment were within the permissible limits. The tasting score of the wine was 8.8 points. **Conclusion.** Wines from the Georgian Rkatsiteli variety had a bright aroma, fresh taste, astringency and a long aftertaste. The composition of biologically valuable components of grapes was in proportions that allowed to reveal the aromatic and taste characteristics of the wine. The production of high-quality wines from the Rkatsiteli variety in the Rostov region, due to unique soil and climatic conditions, will allow to obtain original distinctive samples of wine products.

Keywords: *grape varieties, dry white wines, physicochemical composition of wines, organoleptic evaluation of wines, wine production.*

Citation. Matveeva N. V., Bakhmetova M. V. Techno-chemical characteristics and taste-aromatic features of Rkatsiteli variety wines in the conditions of the lower Don region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 191-198 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-19.

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 663.253(470.61)

ТЕХНОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ВКУСО-АРОМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВИН ИЗ ВИНОГРАДА СОРТА РКАЦИТЕЛИ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПРИДОНЬЯ

Матвеева Н. В., старший научный сотрудник
Бахметова М. В., младший научный сотрудник

*Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия
имени Я. И. Потапенко – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Федеральный Ростовский аграрный научный центр»
г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация*

**Исследования проведены в рамках тематики НИР № FNfZ-2024-0008 «Сохранение и пополнение
Донской ампелографической коллекции. Изучение адаптивного, биологического и технологического
потенциала интродуцированных и автохтонных сортов винограда с целью выделения ценных
генотипов для включения их в селекционный и производственный процессы»**

Актуальность. Ркацители – аборигенный грузинский сорт винограда, который широко культивируется за пределами Грузии и является одним из распространенных сортов в России. Устойчивость к неблагоприятным погодным условиям и способность давать высокий урожай делают его привлекательным для виноделов. Цель исследований – изучение физико-химических показателей сусла и вина, состава основных компонентов ароматизующего комплекса и органолептическая оценка вина. **Объект.** Объектом исследования являются сусло и вино из сорта винограда Ркацители. **Материалы и методы.** Исследования проводили на базе лаборатории ампелографии и технологической оценки сортов винограда. Опытные вина были приготовлены в условиях микровиноделия по классической технологии. В сусле определены: pH, глюкоацидометрический показатель, показатель технической зрелости, сумма фенольных веществ, концентрация общего и аминного азота. В виноматериале были определены: показатели качества готовой продукции, содержание катионов металлов, органических кислот, основных аминокислот. Органолептическая характеристика проводилась по 10 балльной системе. **Результаты и обсуждение.** По результатам исследований в винах определено 12 аминокислот, содержание основных органических кислот соответствовало рекомендованным значениям, летучие компоненты, влияющие на органолептическую оценку, находились в допустимых пределах. Дегустационная оценка вина 8,8 балла. **Заключение.** Вина из грузинского сорта Ркацители, обладали ярким ароматом, свежим вкусом, терпкостью и долгим послевкусием. Состав биологически-ценных компонентов винограда находился в соотношениях, которые позволили раскрыть ароматические и вкусовые характеристики вина. Производство высококачественных вин из сорта Ркацители в Ростовской области, благодаря уникальным почвенно-климатическим условиям, позволит получить оригинальные самобытные образцы винодельческой продукции.

Ключевые слова: сорта винограда, белые сухие вина, физико-химический состав вин, органолептическая оценка вин, производство вин.

Цитирование. Матвеева Н. В., Бахметова М. В. Технохимическая характеристика и вкусо-ароматические особенности вин из винограда сорта Ркацители в условиях Нижнего Придонья. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 191-198. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-19.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Разнообразие и широкий спектр сортов винограда, отличающихся по хозяйственно-ценным критериям, биологическим свойствам, морфологическим признакам, позволяет максимально использовать их в производстве вин, уникальных по своему качеству. Перспективность и потенциал сорта во многом зависит от зоны произрастания, технологических приемов и способов производства вина [1, 2, 3, 4].

Ркацители – аборигенный грузинский сорт винограда, который широко культивируется за пределами Грузии и является одним из наиболее распространенных сортов винограда в России для производства белых вин. Устойчивость к неблагоприятным погодным условиям и способность давать высокий урожай делают его привлекательным для виноделов Краснодарского и Ставропольского краев, республики Дагестан и Ростовской области.

Многолетние исследования этого сорта в почвенно-климатических условиях республики Дагестан подтвердили высокое качество сырья для виноделия и, как следствие, получение тонких вин с ярким многогранным ароматом, освежающим, гармоничным вкусом. Исследованиями показана технологичность сорта, его экопластичность, изучена способность к образованию и накоплению веществ антиоксидантного комплекса, аминокислот и ценных компонентов углеродного состава, а также установлено повышение содержания биологически-ценных компонентов в винограде, произрастающем в зоне предгорий [5, 6].

Исследования в центральной зоне Краснодарского края показали влияние подвоев на урожайность и качество вина из сорта Ркацители. Образцы вин из винограда, возделываемого на подвое Берландиери × Рипариа Кобер 5ББ, отличались от образцов на подвое Шасла × Берландиери 41Б и имели более высокую дегустационную оценку [7].

В условиях умеренно континентального климата Черноморской зоны (п. Таманский), на южных черноземах также изучали сорт Ркацители. Отмечено влияние осадков на урожайность винограда в период активного роста (июнь – август). Осадки в этот период обеспечивали оптимальное увлажнение почвы и способствовали росту и развитию лозы. В другие периоды влияние осадков на урожайность было менее существенным [8].

Изучение технологических характеристик сортов винограда и исследование качественного состава основных компонентов важно для производства вин с защищенными географическими наименованиями. Это позволяет сохранить уникальные вкусовые и ароматические качества вин, связанные с определенными регионами, и обеспечить стабильное качество продукции. Аминокислоты, органические кислоты, ароматобразующие соединения играют ключевую роль в формировании ароматических и вкусовых характеристик, так как являются предшественниками ароматических соединений [9, 10, 11, 12].

Соотношения между органическими кислотами, ароматобразующими соединениями и аминокислотами могут быть использованы в качестве критерия оценки подлинности и идентификации вин. Аминокислоты являются важными компонентами белков, которые, в свою очередь, играют ключевую роль в формировании вкуса и аромата.

Цель исследований – изучение физико-химических показателей сусла и вина из сорта Ркацители, состава основных компонентов ароматобразующего комплекса, органолептическая характеристика вина.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись сусло и вино из сорта винограда Ркацители, произрастающего на Донской ампелографической коллекции имени Я. И. Потапенко. Исследования проводили в лаборатории ампелографии и технологической оценки сортов винограда ВНИИВиВ-филиал ФГБНУ ФРАНЦ (г. Новочеркасск, Ростовской обл.) в течение пяти лет. Виноград был переработан по технологии производства сухих белых вин на малогабаритном оборудовании. Основные этапы технологического процесса включали: гребнеотделение, дробление, прессование, осветление, брожение и созревание. Брожение и созревание проходили в стеклянных емкостях. Химические показатели винограда и вина были определены с использованием стандартных методов анализа в виноделии (ГОСТ 32030-2013; Гержикова В. Г. «Методы технокимического контроля в виноделии», 2002). Органолептический анализ вин осуществляли по 10 балльной шкале.

Исследование качественного состава фенольных соединений: антоцианов, фенолкарбоновых кислот, катехинов – проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с использованием хроматографа «Agilent Technologies» (модель 1100) (США), укомплектованным проточным вакуумным дегазатором G1379A, 4-х канальным насосом градиента низкого давления G13111A, автоматическим инжектором G13111A, термостатом колонок G13116A, диодноматричным детектором G13116A, флуоресцентным детектором G1315B. Для проведения анализа была использована хроматографическая колонка размером 2,1×150 мм, заполненная октадецилсилильным сорбентом, зернением 3,5 мкм, «ZORBAX» SB-C18. Качественный и количественный состав органических кислот сусла и вина определяли с помощью системы капиллярного электрофореза «Капель 105 М».

Концентрацию метанола в винах определяли на газовом хроматографе с пламенно-ионизационным детектором (предел детектирования не более 5-10-12 г С/с). Колонка газохроматографическая капиллярная с нанесенной жидкой полиэтиленгликоль модифицированный нитротерефталевой кислотой, длиной 50 см, внутренним диаметром 0,32 мм, толщиной нанесения жидкой фазы 0,5 мкм. Массовую концентрацию свободных аминокислот в винах определяли по методике, разработанной в ФГБНУ СКЗНИИСиВ (Шелудько О. Н, Прах А. В. «Оценка качества технических сортов», 2015) с применением капиллярного электрофореза, основанной на разделении анионных форм N-фенилтиокабамил-производных аминокислот под действием электрического поля, вследствие их различной электрофоретической подвижности.

Результаты и обсуждение. В осветленном сусле были проведены анализы, включая определение содержания: титруемых кислот, сахаристости, pH, глюкоацетиметрического показателя (ГАП) и показателя технической зрелости (ПТЗ). Также были измерены содержание азота (общего и аминного), сумма фенольных веществ как в сусле, так и после окончания ферментации в виноматериале. Средние значения параметров в осветленном сусле указывают на оптимальное качество и пригодность для приготовления белых сухих вин. Так, средняя сахаристость сусла составляла 19,9 г/100 см³, концентрация титруемых кислот – 7,2 г/дм³, значение pH – 3,1, ПТЗ – 207,2 и ГАП – 2,51 соответствовали рекомендуемым значениям для белых сухих вин. Эти результаты указывают на то, что виноград изучаемого сорта Ркацители может успешно использоваться для производства качественного вина (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели химического состава сусла и вина сорта Ркацители (среднее 2018-2022 гг.)

Table 1 – Indicators of the chemical composition of must and wine of the Rkatsiteli (average 2018-2022)

Наименование виноматериала / Name of wine material	Σ фенольных веществ, мг/дм ³ / of phenolic substances, mg/dm ³	Массовая концентрация, мг/дм ³ / Mass concentration, mg/dm ³		pH	ГАП	ПТЗ
		азот общий / total nitrogen	азот аминный / amine nitrogen			
Сусло / Must	238	436	254	3,1	2,51	207,2
Вино / Wine	217	260	182	3,0	***	***

В белых винах присутствуют органические кислоты, которые вносят свой вклад в их вкус и кислотность. Основные кислоты: винная – самая распространенная кислота в винограде, обеспечивает основную кислотность вина, яблочная – также часто встречается, особенно в сортах винограда, выращенных в более прохладных климатических условиях, янтарная, лимонная, уксусная, щавелевая кислоты – в меньших количествах, но также могут влиять на вкус вина, молочная кислота – может образовываться в результате вторичных биологических процессов в вине. В сусле и вине были определены основные органические кислоты. По изменениям их концентраций можно сделать вывод, что в виноматериале прошло спиртовое брожение и яблочно-молочное (накопление уксусной и молочной кислоты, увеличение концентрации янтарной и лимонной, снижение показателей винной и яблочной кислот) (таблица 2).

Таблица 2 – Массовая концентрация органических кислот в сусле и вине (среднее 2018-2022 гг.)

Table 2 – Mass concentration of organic acids in must and wine (average 2018-2022)

Наименование материала / Name of the material	Массовая концентрация, мг/дм ³ / Mass concentration, mg/dm ³					
	Винная / tartaric acid	Яблочная / malic acid	Янтарная / succinic acid	Лимонная / citric acid	Уксусная / acetic acid	Молочная / lactic acid
Сусло / must	6220	2540	199	19	*****	****
Вино / Wine	4300	290	420	100	230	540

Катионы металлов, такие как кальций, магний, калий и железо, присутствуют в винограде и вине в следовых количествах. Они влияют на физико-химические процессы при производстве вина и вкусовые качества. Кальций и магний могут способствовать кристаллизации винного камня и влиять на текстуру вина. Как видно из таблицы 3, во всех виноматериалах количество катионов калия было на уровне, не превышающем норму (600 мг/дм³).

Содержание натрия в сусле и в вине не превышает максимально допустимых пределов (80 мг/дм³). Содержание кальция в винах влияет на стабильность к кальциевым помутнениям. Анализ данных свидетельствует о том, что в изучаемых винах превышены предельные концентрации кальция (норма 40 мг/дм³), что может привести к образованию кристаллических помутнений и потребует обработки виноматериалов для снижения его концентрации, а также применения мер по стабильности вина (таблица 3).

Таблица 3 – Массовая концентрация катионов щелочных металлов в сусле и вине
(среднее 2018-2022 гг.)

Table 3 – Mass concentration of alkali metal cations in must and wine (average 2018-2022)

Наименование материала / Name of the material	Массовая концентрация ионов (мг/дм ³) / Mass concentration of ions (mg/dm ³)			
	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Сусло / must	250,4	73,2	77,8	39,5
Вино / Wine	267,6	56,5	67,8	30,5

В готовых винах были исследованы основные показатели качества, которые подтвердили соответствие полученных виноматериалов требованиям ГОСТа (таблица 4).

Таблица 4 – Физико-химические показатели сухого вина из сорта Ркацители (среднее 2018-2022 гг.)

Table 4 – Physic-chemical characteristics of dry wine from the Rkatsiteli variety (average 2018-2022)

Наименование сорта / Variety name	Спирт, % об. / Alcohol, % vol.	Титруемая кислотность, г/дм ³ / Titratable acidity, g/dm ³	Летучие кислоты, г/дм ³ / Volatile acids, g/dm ³	SO ₂ (общий), г/дм ³ (total), g/dm ³	Сахара, г/дм ³ / Sugars, g/dm ³	Приведенный экстракт, г/дм ³ / Reduced extract, g/dm ³
Ркацители / Rkatsiteli	12,5	7,2	0,54	84,2	0,9	21,6

В исследуемых образцах вин было определено 12 аминокислот, которые образуются в процессе ферментации и влияют на качество готовых вин (вкус, аромат, структура), их содержание может различаться в зависимости от сорта винограда, способа производства и других факторов (таблица 5).

Таблица 5 – Содержание аминокислот в вине из сорта Ркацители (среднее 2018-2022 гг.)

Table 5 – Aminoacid content of wine from the Rkatsiteli variety (average 2018-2022)

Название аминокислоты / Amino Acid Name	Массовая концентрация, мг/дм ³ / Mass concentration, mg/dm ³
Аргинин / Arginine	52,63
β-фенилаланин / β-Phenylalanine	9,31
Гистигин / Histigin	53,34
Лейцин / Leucine	2,80
Метионин / Methionine	34,87
Валин / Valine	3,41
Пролин / Proline	707,30
Треонин / Threonine	23,38
Триптофан / Tryptophan	10,52
Серин / Tryptophan	9,69
α-аланин / α-alanine	30,62
Глицин / Glycine	7,34
Всего / Altogether	945,2

Летучие (ароматические) компоненты в белых винах играют ключевую роль в формировании аромата и вкуса. К основным летучим компонентам в белых винах относятся: альдегиды, кетоны, спирты, фенолы, сложные эфиры. Содержание летучих компонентов зависит от множества факторов, включая сорт винограда, регион произрастания, методы виноделия, время выдержки и др. В процессе производства вина производители могут регулировать содержание летучих компонентов, чтобы достичь желаемого аромата и вкуса. В исследуемых образцах концентрации летучих соединений были определены в значениях, положительно влияющих на ароматические и вкусовые характеристики вина, что отмечено высокой дегустационной оценкой вина на уровне 8,8 баллов.

Таблица 6 – Содержание летучих (ароматических) компонентов в вине (среднее 2018-2022 гг.)

Table 6 – Content of volatile (aromatic) components of wine (average 2018-2022)

Название компонентов / Component Name	Содержание летучих соединений, мг/дм ³ / Content of volatile compounds, mg/dm ³
Метанол / Methanol	42,40
2. пропанол / Propanol	0,22
1. пропанол / Propanol	55,10
Изобутанол / Isobutanol	51,60
1.бутанол / butanol	0,60
Изоамилол / Isoamylol	276,40
Гексанол / Hexanol	1,10
Итого спиртов / Total alcohols	375,82
Этилацетат / Ethyl acetate	43,70
Изоамилацетат / Isoamyl acetate	0,23
Этиллактат / Ethyllactate	32,91
Этилкапроат / Ethyl caproate	0,32
Этилкаприлат / Ethyl caprylate	0,21
Этилкапрат / Ethyl Caprate	****
Итого эфиров / Total esters	77,37
Ацетальдегид / Acetaldehyde	23,60
Ацетон / Acetone	0,03
Итого летучих компонентов / Total volatile components	476,82

Заключение. Вина из грузинского аборигенного сорта винограда Ркацители, произрастающего на Донской ампелографической коллекции им. Я. И. Потапенко, обладали ярким, многослойным ароматом, свежим вкусом, приятной терпкостью и долгим послевкусием. Количественный и качественный состав основных биологически-ценных компонентов винограда и вина находился в соотношениях, которые позволили максимально раскрыть ароматические и вкусовые характеристики готового вина. Производство высококачественных вин из сорта Ркацители в Ростовской области, благодаря уникальным почвенно-климатическим условиям, позволяет получать оригинальные самобытные образцы винодельческой продукции.

Conclusions. Wines from the Georgian native grape variety Rkatsiteli, grown in the Don ampelographic collection named after Ya. I. Potapenko, had a bright, multi-layered aroma, fresh taste, pleasant astringency and a long aftertaste. The quantitative and qualitative composition of the main biologically valuable components of grapes and wine were in proportions that allowed to maximally reveal the aromatic and taste characteristics of the finished wine. The production of high-quality wines from the Rkatsiteli variety in the Rostov region, due to unique soil and climatic conditions, allows to obtain original distinctive samples of wine products.

Библиографический список

1. Лиховской В. В., Алейникова Н. В. Основные результаты научных исследований ФГБУН «ВНИИВВ «МАГАРАЧ» РАН» 2021 г. в области виноградарства. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2022. № 78 (6). С. 87-105.

2. Матвеева Н. В., Бахметова М. В. Массовая концентрация летучих веществ в винах из красных абorigенных сортов винограда донской ампелографической коллекции им. Я. И. Потапенко. Вестник КрасГАУ. 2022. № 12. С. 257-263.
3. Сухинин С. А. Особенности локализации и развития виноградарства в Ростовской области. Аграрная Россия. 2021. № 10. С. 42-48.
4. Наумова Л. Г., Ганич В. А. Изучение сортов винограда межвидового происхождения в условиях Ростовской области. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 4 (68). С. 24-31.
5. Власова О. К., Магомедова Е. С. Биотехнологический потенциал винограда сорта Ркацители, произрастающего в Дагестане. Проблемы развития АПК региона. 2019. № 2 (38). С. 256-262.
6. Бахмулаева З. К., Даудова Т. И., Гасанова Р. З., Аливердиева Д. А., Шелудько О. Н., Якуба Ю. Ф., Ширшова А. А. Витамины, минеральные и ароматобразующие вещества в структурных элементах ягоды винограда сортов Нарма и Ркацители. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2024. № 85 (1). С. 275-287.
7. Чаусов В. М., Гиш Р. А. Влияние подвоев на урожайность, качество винограда и вина сорта Ркацители. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 120. С. 412-424.
8. Петров В. С., Морморштейн А. А., Цику Д. М. Фенотипическая реакция винограда интродуцированных сортов *convvar pontica* Negr. Ркацители и Саперави на изменчивость погодных условий Юга России. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2022. № 78 (6). С. 173-184.
9. Бахмулаева З. К., Даудова Т. И., Магомедов Г. Г., Аливердиева Д. А., Шелудько О. Н., Якуба Ю. Ф. Ароматобразующие вещества в виноматериалах из винограда, произрастающего в Дагестане. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 70 (4). С. 322-335.
10. Даудова Т. И., Бахмулаева З. К., Аливердиева Д. А., Шелудько О. Н., Якуба Ю. Ф., Митрофанова Е. А., Ширшова А. А. Аминокислоты в виноматериалах для сухих вин, изготовленных из винограда, выращиваемого на юге Дагестана. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2022. № 75 (3). С. 287-304.
11. Калмыкова Н. Н., Калмыкова Е. Н., Гапонова Т. В. Влияние агротехнических мероприятий на состав и качество сухих белых вин из сорта винограда Первенец Магарача. Вестник КрасГАУ. 2022. № 1 (178). С. 159-164.
12. Якименко Е. Н., Агеева Н. М., Петров В. С., Бирюкова С. А., Михеев Е. М. Особенности изменения экстрактивности и дегустационной оценки виноматериалов под действием различных агротехнических приемов. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 55 (1). С. 144-152.

References

1. Likhovskoi V. V., Aleynikova N. V. The main results of scientific research FSBI «VNIIVIV «MAGARACH» RAS» 2021 in the area of viticulture. Fruit growing and viticulture in the South of Russia. 2022. No. 78 (6). Pp. 87-105.
2. Matveyeva N. V., Bakhmetova M. V. Mass concentration of volatile substances in wines from red indigenous grape varieties of Don ampelographic collection named after Ya. I. Potapenko. Bulliten KrasSAU. 2022. No. 12. Pp. 257-263.
3. Sukhinin S. A. Features of localization and development of viticulture in the Rostov region. Agrarian Russia. 2021. No. 10. Pp. 42-48.
4. Naumova L. G., Ganich V. A. Study of grape varieties of interspecies origin in the conditions of Rostov region. Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2022. T.17. No. 4 (68). Pp. 24-31.
5. Vlasova O. K., Magomedova E. S. Biotechnological potential of grape variety Rkatziteli growing in Dagestan. Problems of development of the regional agro-industrial complex. 2019. No. 2 (38). Pp. 256-262.
6. Bakhmulaeva Z. K., Daudova T. I., Gasanov R. Z., Aliverdieva D. A., Shelud'ko O. N., Yakuba Yu. F., Shirshova A. A. Vitamins, mineral and aroma-forming substances in the structural elements of grape berries of Narma and Rkatsiteli varieties. Fruit growing and viticulture in the South of Russia. 2024. No. 85 (1). Pp. 275-287.
7. Chausov V. M., Gish R. A. Influence of stocks on yield and quality of grapes and wine of Rkatsiteli variety. Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2016. No. 120. Pp. 412-424.
8. Petrov V. S., Marmorshtein A. A., Tsiku D. M. Phenotypic reaction of grapes of introduced varieties *convvar pontica* Negr. Rkatsiteli and Saperavi on the variability of weather conditions in the south of Russia. Fruit growing and viticulture in the South of Russia. 2022. No. 78 (6). Pp. 173-184.
9. Bakhmulaeva Z. K., Daudova T. I., Magomedov G. G., Aliverdieva D. A., Shelud'ko O. N., Yakuba Yu. F. Aroma-producing substances in wine materials from grapes growing in Dagestan. Fruit growing and viticulture in the South of Russia. 2021. No. 70 (4). Pp. 322-335.
10. Daudova T. I., Bakhmulaeva Z. K., Aliverdieva D. A., Shelud'ko O. N., Yakuba Yu. F., Mitrofanova E. A., Shirshova A. A. Amino acids in wine materials for dry wines made from grapes grown in the south of Dagestan. Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2022. No. 75(3). Pp. 287-304.
11. Kalmykova N. N., Kalmykova E. N., Gaponova T. V. Agrotechnical measures effect on the composition and quality of dry white wine from Pervenets Magaracha grape variety. Bulliten KrasSAU. 2022. No. 1. Pp 159-164.
12. Yakimenko E. N., Ageyeva N. M., Petrov V. S., Biryukova S. A. Features of change of extracting and testing of winemaking materials under the influence of different agrotechnical methods. Fruit growing and viticulture in the South of Russia. 2019. № 55 (1). С. 144-152.

Информация об авторах

Матвеева Наталья Викторовна, старший научный сотрудник лаборатории ампелографии и технологической оценки сортов винограда, Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко – филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 166), e-mail: n-matveeva78@mail.ru

Бахметова Марина Викторовна, младший научный сотрудник лаборатории ампелографии и технологической оценки сортов винограда, Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко – филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 166), e-mail: M4rina.mol4a@yandex.ru

Author's Information

Matveeva Natalia Viktorovna, Senior Researcher, Laboratory of Ampelography and Technological Evaluation of Grape Varieties, All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Y. I. Potapenko – Branch of Federal Rostov Agricultural Research Center (Russian Federation, 346421, Rostov Region, Novocherkassk, Baklanovsky Ave., 166), e-mail: n-matveeva78@mail.ru

Bakhmetova Marina Viktorovna, Junior Researcher, Laboratory of Ampelography and Technological Evaluation of Grape Varieties, All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Y. I. Potapenko – Branch of Federal Rostov Agricultural Research Center (Russian Federation, 346421, Rostov Region, Novocherkassk, Baklanovsky Ave., 166), e-mail: M4rina.mol4a@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-20

POTATO MONO CULTURE AS A FACTOR OF SOIL FERTILITY DEGRADATION IN THE REGION

¹Bisaliyev A. A., ^{1,2}Pleskachev Yu. N., ^{3,4}Aitpaeva A. A., ²Voronov S. I., ¹Babakova A. S.

Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev

Astrakhan, Russian Federation

Federal Research Center "Nemchinovka"

Moscow, Russian Federation

Federal state budgetary scientific institution

"Caspian agrarian federal scientific center of the Russian academy of sciences"

Astrakhan region, Russian Federation

Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering"

Astrakhan, Russian Federation

Corresponding author E-mail: arman.bisaliyev2012@yandex.ru

Received 04.10.2024

Submitted 30.11.2024

Abstract

Introduction. In modern conditions, potatoes are one of the leading crops in the Astrakhan region, which is associated with the high profitability of its production. The studied crop is grown everywhere, not excluding repeated plantings. At the same time, uncontrolled saturation of crop rotations with potatoes has a negative impact on soil fertility. Currently, the main producers of the studied crop in the region are peasant farms, whose main goal is to make a profit. They grow two or three potato crops per year, which seriously damages arable land. **The relevance** of the research is determined by the need to identify the relationship between the saturation of crop rotations with potatoes and the dynamics of humus on arable land. In recent years, negative humus balance processes have been observed in the Astrakhan region. At the same time, only 1/3 of the arable land in the region is currently used. Vegetables and potatoes account for over 50% of the sown area structure. Food self-sufficiency in these types of food many times exceeds the required parameters. However, in the future, if current trends in the monoculture of potatoes and vegetables are maintained, the Astrakhan region may significantly reduce the reproductive capacity of soils, which will ultimately negatively affect the development of the crop industry. **Object.** The object of the study is the structure of sown areas in the Astrakhan region and its impact on soil fertility. **Materials and methods.** The study used methods of system, complex and regression analysis. **The research results** showed that the structure of sown areas in the region requires improvement by reducing the share of potatoes and vegetables, introducing medium- and long-rotation crop rotations with saturation with perennial legumes. It is necessary to completely eliminate repeated plantings of potatoes, and to increase the yield of the studied crop, to develop innovative technologies adapted to each group of varieties and hybrids with mandatory compliance of the variety and cultivation technology.

Keywords: potatoes, humus balance, soil degradation, monocultures, soil fertility.

Citation. Bisaliyev A. A., Pleskachev Yu. N., Aitpaeva A. A., Voronov S. I., Babakova A. S. Potato mono culture as a factor of soil fertility degradation in the region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 198-204 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-20.

Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, implementation and analysis of this study. The author of this article has reviewed and approved the presented final version.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

УДК 635.1/8

**МОНОКУЛЬТУРА КАРТОФЕЛЯ КАК ФАКТОР ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВЕННОГО
ПЛОДОРОДИЯ В РЕГИОНЕ**¹**Бисалиев А. А.**, аспирант²**Плескачев Ю. Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор^{3,4}**Айтпаева А. А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент²**Воронов С. И.**, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН¹**Бабакова А. С.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент¹ФГБУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева»

г. Астрахань, Российская Федерация

²Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

г. Москва, Российская Федерация

³ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»

Астраханская область, Российская Федерация

⁴ГБОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет

г. Астрахань, Российская Федерация

Резюме. В современных условиях в Астраханской области картофель является одной из ведущих культур, что связано с высокой рентабельностью его производства. Выращивают изучаемую культуру повсеместно, не исключая повторные посадки. Вместе с тем, неконтролируемое насыщение севооборотов картофелем оказывает негативное влияние на почвенное плодородие. В настоящее время в регионе основными производителями изучаемой культуры являются крестьянско-фермерские хозяйства, основная цель которых сводится к получению прибыли. Они выращивают два, три урожая картофеля в год, чем наносят серьёзный вред пахотным массивам. **Актуальность** исследований определяется необходимостью выявления взаимосвязей между насыщением севооборотов картофелем и динамикой гумуса на пахотных землях. В последние годы в Астраханской области наблюдаются процессы отрицательного баланса гумуса. Вместе с тем в регионе в настоящее время используется всего 1/3 часть пашни. Свыше 50% в структуре посевных площадей приходится на овощи и картофель. Продовольственная самообеспеченность по данным видам продовольствия многократно превышает необходимые параметры. Однако, в дальнейшем при сохранении современных тенденций монокультуры картофеля и овощей, Астраханская область может значительно снизить воспроизводительную способность почв, что в конечном итоге негативно отразится на развитии растениеводческой отрасли. **Объект.** Объектом исследования является структура посевных площадей в Астраханской области и ее влияние на почвенное плодородие. **Материалы и методы.** В исследовании использовались методы системного, комплексного и регрессионного анализа. **Результаты исследований** показали, что в регионе структура посевных площадей требует усовершенствования путем сокращения доли картофеля и овощей, внедрения средне- и длинноротационных севооборотов с насыщением их многолетними бобовыми травами. Необходимо полностью исключить повторные посадки картофеля, а для роста урожайности изучаемой культуры разрабатывать инновационные технологии, адаптированные под каждую группу сортов и гибридов с обязательным соответствием сорта и технологии выращивания.

Ключевые слова: картофель, баланс гумуса, деградация почв, монокультуры, почвенное плодородие.

Цитирование. Бисалиев А. А., Плескачев Ю. Н., Айтпаева А. А., Воронов С. И., Бабакова А. С. Монокультура картофеля как фактор деградации почвенного плодородия в регионе. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 198-204. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-20.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В современных условиях К(Ф)Х Астраханской области, специализирующиеся на производстве раннего и позднего картофеля, сталкиваются со множеством проблем, основная из которых связана со снижением урожайности изучаемой культуры. В регионе лидерами по объемам производства картофеля являются Харабалинский и Лиманский районы. В целом, Астраханская область производит картофеля в объемах, значительно превышающих параметры продовольственного обеспечения.

Вместе с тем монокультура картофеля отрицательно сказывается на урожайности культуры и почвенном плодородии. Уже на протяжении более 10 лет в регионе наблюдаются деградационные процессы на пахотных землях и процессы отрицательного баланса гумуса [1].

Основными производителями картофеля в Астраханской области являются крестьянско-фермерские хозяйства. Некоторые из них в последние годы стали уменьшать площади посадок изучаемой культуры в связи со снижением урожайности и цены реализации.

В то же время для повышения экономической эффективности производства картофеля в первую очередь, необходимо оптимизировать технологический процесс. В настоящее время в К(Ф)Х затраты на производство изучаемой культуры высокие, а уровень урожайности средний. Вместе с тем некоторые передовые хозяйства региона, выращивающие картофель в системе научно-обоснованных севооборотов, получают урожайность 40-45 т/га и выше.

Правильное размещение картофеля – один из важнейших факторов роста урожайности, снижения себестоимости продукции, улучшения почвенного плодородия на пахотных землях. Для получения высоких и устойчивых урожаев картофеля на Юге России рекомендуется выращивать не в качестве монокультуры, а в системе специализированных севооборотов по лучшим предшественникам (озимая рожь, озимая пшеница), предупреждающим накопление специфических вредителей и болезней. Введение специализированных севооборотов по картофелю в Астраханской области позволит избежать массового повреждения клубней проволочником и поражения фитофторозом. Примером такого севооборота может быть севооборот, включающий как минимум 4 поля:

1. Озимая рожь.
2. Картофель.
3. Яровая пшеница.
4. Сорго на зеленую массу.

Размещение картофеля более двух лет подряд на одном поле не приемлемо, так как падает продуктивность растений, возрастает степень поражения болезнями и повреждения вредителями.

Другим резервом повышения урожайности картофеля является использование высокопродуктивных сортов и гибридов российской и зарубежной селекции, адаптированных к условиям Нижней Волги и способных в максимальной степени реализовать свой генетический потенциал продуктивности [2, 3].

Третьим резервом роста урожайности изучаемой культуры является научно-обоснованное применение минерального питания [4, 5, 6, 7].

Также в последние годы все большую актуальность приобретает широкое применение биопрепаратов на посадках картофеля, оказывающих положительное влияние на экологическое состояние агроландшафтов [8, 9].

Материалы и методы. В исследовании использовались методы системного, комплексного и регрессионного анализа. Цель исследований сводилась к выявлению взаимосвязей между площадями посадок картофеля в регионе и содержанием гумуса на пахотных землях.



Рисунок 1 – Структура посевных площадей в Астраханской области в 2023 году
Figure 1 – Structure of sown areas in the Astrakhan region in 2023

Результаты исследований.

В настоящее время в Астраханской области используется всего 1/3 часть пашни, из которой примерно 53% занято под овощами и картофелем (рисунок 1). В то же время большинство хозяйств, специализирующихся на производстве картофеля, продолжают реализовывать его монокультуру, что негативно отражается на почвенном плодородии.

Анализ рисунка 1 показал, что в регионе наблюдаются перекосы в использовании посевных площадей, что во многом связано с их перенасыщением картофелем и овощными культурами. Данное обстоятельство негативно отражается на динамике содержания гумуса в пашне (таблица 1).

Таблица 1 – Расчет промежуточных показателей для оценки параметров регрессии
(содержание гумуса, %)

Table 1 – Calculation of intermediate indicators for assessing regression parameters (humus content, %)

Год / Year	Содержание гумуса, % / Humus content, %	t-tcp	(t-tcp) ²	Yt-ycp	(t-tcp) x Yt-ycp
1 (2014)	1,40	-4,5	20,25	-0,01	0,045
2 (2015)	1,40	-3,5	12,25	-0,01	0,035
3 (2016)	1,41	-2,5	6,25	0,00	0,000
4 (2017)	1,41	-1,5	2,25	0,00	0,000
5 (2018)	1,41	-0,5	0,25	0,00	0,000
6 (2019)	1,41	0,5	0,25	0,00	0,000
7 (2020)	1,41	1,5	2,25	0,00	0,000
8 (2021)	1,40	2,5	6,25	-0,01	-0,025
9 (2022)	1,40	3,5	12,25	-0,01	-0,035
10 (2023)	1,40	4,5	20,25	-0,01	-0,045
Сумма / Sum	14,05		82,5		-0,025
Среднее / Average	1,41				

Регрессионный анализ позволил определить значение коэффициента регрессии $a_1 = -0,025/82,5 = -0,0003$, константы $a_0 = 1,41 + 0,0003 \times 5,5 = 1,41$ и вывести уравнение тренда $Y_t = 1,41 - 0,0003t$.

Анализ таблицы 1 показал, что уравнение тренда имеет отрицательную траекторию, что свидетельствует об отрицательном балансе гумуса в почвах региона в период с 2014 по 2023 гг.

Таблица 2 – Расчет промежуточных показателей для оценки параметров регрессии
(площадь картофеля, тыс. га)

Table 2 – Calculation of intermediate indicators for assessing regression parameters
(potato area, thousand hectares)

Год / Year	Площадь картофеля, тыс. га / Area of potatoes, thousand hectares	t-tcp	(t-tcp) ²	Yt-ycp	(t-tcp) x Yt-ycp
1 (2014)	11,2	-4,5	20,25	0,6	-2,70
2 (2015)	11,0	-3,5	12,25	0,4	-1,40
3 (2016)	9,6	-2,5	6,25	-1,0	2,50
4 (2017)	9,3	-1,5	2,25	-1,3	1,95
5 (2018)	9,4	-0,5	0,25	-1,2	0,60
6 (2019)	10,7	0,5	0,25	0,1	0,50
7 (2020)	10,5	1,5	2,25	-0,1	-1,50
8 (2021)	10,7	2,5	6,25	0,1	2,50
9 (2022)	11,7	3,5	12,25	1,1	3,50
10 (2023)	12,1	4,5	20,25	1,5	6,75
Сумма / Sum	106,2		82,5		12,40
Среднее / Average	10,6				

Анализ таблицы 2 свидетельствует о том, что за рассматриваемый период в Астраханской области площади, занятые под картофелем, имели тенденцию как к возрастанию, так и сокращению, т.е. отличались нестабильностью по годам. Вместе с тем, по сравнению

с началом периода, они возросли в 1,1 раза. Значение коэффициента регрессии составило $a_1 = 12,4/82,5 = 0,15$, константы $a_0 = 10,6 - 0,15 \times 5,5 = 9,8$, что позволило вывести уравнение тренда $Y_t = 9,8 + 0,15t$.

Таблица 3 – Расчет промежуточных показателей для оценки параметров регрессии
(урожайность картофеля, т/га)

Table 3 – Calculation of intermediate indicators for assessing regression parameters
(potato yield, tons per hectare)

Год / Year	Урожайность картофеля, т/га / Potato yield, tons per hectare	t-tcp	(t-tcp) ²	Yt-ycp	(t-tcp) x Yt-ycp
1 (2014)	24,1	-4,5	20,25	-6,2	27,9
2 (2015)	25,9	-3,5	12,25	-4,4	15,4
3 (2016)	27,9	-2,5	6,25	-2,4	6,0
4 (2017)	29,5	-1,5	2,25	-0,8	1,2
5 (2018)	31,6	-0,5	0,25	1,3	-0,65
6 (2019)	31,4	0,5	0,25	1,1	0,55
7 (2020)	32,2	1,5	2,25	1,9	2,85
8 (2021)	32,6	2,5	6,25	2,3	5,75
9 (2022)	35,3	3,5	12,25	5,0	17,5
10 (2023)	32,2	4,5	20,25	1,9	8,55
Сумма / Sum	302,7		82,5		85,1
Среднее / Average	30,3				

В рассматриваемый период урожайность картофеля систематически возрастала, однако, в конце периода произошел ее спад с 35,3 до 32,2 т/га или на 9%. Анализ показателей, представленных в таблице 3 позволил определить значение коэффициента регрессии $a_1 = 85,1/82,5 = 1,03$, константы $a_0 = 30,3 - 1,03 \times 5,5 = 24,6$ и вывести уравнение тренда $Y_t = 24,6 + 1,03t$.

В зависимости от площади посадок картофеля, урожайности изучаемой культуры, наблюдалось изменение валовых сборов по годам исследования (таблица 4).

Таблица 4 – Расчет промежуточных показателей для оценки параметров регрессии
(валовый сбор картофеля, тыс. т)

Table 4 – Calculation of intermediate indicators for assessing regression parameters
(gross potato harvest, thousand tons)

Год / Year	Валовый сбор картофеля, тыс. т / Gross harvest of potatoes, thousand tons	t-tcp	(t-tcp) ²	Yt-ycp	(t-tcp) x Yt-ycp
1 (2014)	270,2	-4,5	20,25	-53,5	240,75
2 (2015)	276,2	-3,5	12,25	-47,5	166,25
3 (2016)	263,0	-2,5	6,25	-60,7	151,75
4 (2017)	269,5	-1,5	2,25	-54,2	81,3
5 (2018)	308,7	-0,5	0,25	-15	7,5
6 (2019)	338,2	0,5	0,25	14,5	7,25
7 (2020)	348,3	1,5	2,25	24,6	36,9
8 (2021)	360,2	2,5	6,25	36,5	91,25
9 (2022)	412,8	3,5	12,25	89,1	311,85
10 (2023)	390,0	4,5	20,25	66,3	298,35
Сумма / Sum	3237,1		82,5		1393,15
Среднее / Average	323,7				

Объем производства картофеля отличался нестабильностью по годам и имел тенденцию как к возрастанию, так и к уменьшению. Максимальный валовый сбор картофеля за рассматриваемый период с 2014 по 2023 гг. был получен в 2022 году и составил 412,8 тыс. т, минимальный – в 2016 году (263 тыс. т). Анализ показателей таблицы 4 позволил определить коэффициент регрессии $a_1 = 1393,15/82,5 = 16,9$ константу $a_0 = 323,7 - 16,9 \times 5,5 = 230,8$ и обозначить уравнение тренда $Y_t = 230,8 + 16,9t$.

Таблица 5 – Уравнения тренда изучаемых показателей
Table 5 – Trend equations studied indicators

№, п/п	Показатель / Index	Уравнение тренда / Trend equation
1	Содержание гумуса, % / Humus content, %	$Y_t = 1,41 - 0,0003t$
2	Посевные площади, занятые картофелем, тыс. га / Sown areas occupied by potatoes, thousand hectares	$Y_t = 9,8 + 0,15t$
3	Урожайность картофеля, т/га / Potato yield, t/ha	$Y_t = 24,6 + 1,03t$
4	Валовые сборы картофеля, тыс. т / Gross harvest of potatoes, thousand tons	$Y_t = 230,8 + 16,9t$

Анализ уравнений тренда выявил, что все они, за исключением уравнения, описывающего содержание гумуса в пахотных землях, имеют положительную линию тренда.

Выводы. В современных условиях основными направлениями повышения эффективности картофелеводства должны стать: интенсивные технологии выращивания картофеля, научно обоснованные севообороты, перспективные высокоурожайные сорта и гибриды, оптимальные дозы минеральных и органических удобрений, биопрепаратов, гербицидов и средств защиты растений.

Особое значение в повышении экономической эффективности картофелеводства в сложившихся условиях приобретает совершенствование структуры посевных площадей и сортообновление. Не рекомендуются повторные посадки картофеля, а доля овощей и картофеля в структуре посевных площадей в регионе должна быть снижена с 53 до 30%. При этом структура посадок картофеля в зависимости от сроков созревания должна быть следующая: ранние сорта – 20, среднеранние – 20,4, среднеспелые – 24,4, среднепоздние – 20,2, поздние – 15%.

Conclusions. In modern conditions, the main directions for increasing the efficiency of potato growing should be: intensive potato growing technologies, scientifically based crop rotations, promising high-yielding varieties and hybrids, optimal doses of mineral and organic fertilizers, biological products, herbicides and plant protection products. Of particular importance in increasing the economic efficiency of potato growing in the current conditions is the improvement of the structure of crop areas and variety renewal. Repeated potato plantings are not recommended, and the share of vegetables and potatoes in the structure of crop areas in the region should be reduced from 53 to 30%. In this case, the structure of potato plantings depending on the ripening time should be as follows: early varieties – 20, mid-early – 20.4, mid-season – 24.4, mid-late – 20.2, late – 15%.

Библиографический список

1. Плещачев Ю. Н., Костин М. В. Деградация земель в Нижнем Поволжье. Полевые исследования. 2020. № 7. С. 124-133.
2. Башлакова О. Н., Синцова Н. Ф. Сравнительная оценка гибридов картофеля в экологическом испытании. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 1. С. 25-27.
3. Котова З. П., Евдокимова З. З., Калашник М. В., Головина Л. Н., Челнокова В. В. Подбор перспективных гибридов картофеля по параметрам их адаптивности для условий Европейского Севера. Аграрный вестник Урала. 2019. № 7 (186). С. 26-32.
4. Бронштейн П. М., Спиридонов А. М. Влияние новых комплексных удобрений на урожайность отечественных сортов картофеля разной спелости в условиях Северо-Запада РФ. Роль молодых учёных и исследователей в решении актуальных задач АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и обучающихся. СПб., 2019. С. 56-59.
5. Иванов А. И., Иванова Ж. А., Якушева О. И., Филиппов П. А. Отзывчивость картофеля на удобрение и потери урожая от фитофтороза в условиях Северо-Запада России. Картофель и овощи. 2019. № 8. С. 23-26.
6. Mulugeta M., Mekonnen T., Muluneh B. Effects of Blended NPS Fertilizer and Composted Cattle Manure Rates on Potato (*Solanum tuberosum* L.) Production. A Review International Journal of Agriculture & Agribusiness. 2019. Vol. 5. I. 2. Pp. 118-129.
7. Mancinelli R., Marinari S., Allam M., Radicetti E. Potential Role of Fertilizer Sources and Soil Tillage Practices to Mitigate Soil CO₂ Emissions in Mediterranean Potato Production Systems. MDPI. 2020. V. 12 (20). 8543.
8. Иванов А. И., Филиппова П. С., Филиппов П. А. Некоторые возможности управления продуктивностью и качеством картофеля использованием йода. Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 4. С. 43-49.
9. Комаров А. А., Суханов П. А., Комаров А. А. Результаты производственных испытаний действия гуминовых удобрений на урожайность картофеля. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (54). С. 74-79.

References

1. Pleskachev Yu. N., Kostin M. V. Land degradation in the Lower Volga region. Field research. 2020. No 7. Pp. 124-133.
2. Bashlakova O. N., Sintsova N. F. Comparative assessment of potato hybrids in environmental testing. Bulletin of Russian Agricultural Science. 2021. No 1. Pp. 25-27.

3. Kotova Z. P., Evdokimova Z. Z., Kalashnik M. V., Golovina L. N., Chelnokova V. V. Selection of promising potato hybrids according to the parameters of their adaptability for the conditions of the European North. Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No 7 (186). Pp. 26-32.

4. Bronshtein P. M., Spiridonov A. M. The influence of new complex fertilizers on the yield of domestic potato varieties of different ripeness in the North-West of the Russian Federation. The role of young scientists and researchers in solving current problems of the agro-industrial complex: materials of the international scientific and practical conference of young scientists and students. St. Petersburg, 2019. Pp. 56-59.

5. Ivanov A. I., Ivanova Zh. A., Yakusheva O. I., Filippov P. A. Responsiveness of potatoes to fertilizer and yield losses from late blight in the conditions of North-West Russia. Potatoes and vegetables. 2019. No 8. Pp. 23-26.

6. Mulugeta M., Mekonnen T., Muluneh B. Effects of Blended NPS Fertilizer and Composted Cattle Manure Rates on Potato (*Solanum tuberosum* L.) Production. A Review International Journal of Agriculture & Agribusiness. 2019. Vol. 5. I. 2. Pp. 118-129.

7. Mancinelli R., Marinari S., Allam M., Radicetti E. Potential Role of Fertilizer Sources and Soil Tillage Practices to Mitigate Soil CO₂ Emissions in Mediterranean Potato Production Systems. MDPI. 2020. V. 12 (20). 8543.

8. Ivanov A. I., Filippova P. S., Filippov P. A. Some possibilities for managing the productivity and quality of potatoes using iodine. Problems of agrochemistry and ecology. 2019. No 4. Pp. 43-49.

9. Komarov A. A., Sukhanov P. A., Komarov A. A. Results of production tests of the effect of humic fertilizers on potato yields. News of the St. Petersburg State Agrarian University. 2019. No 1 (54). Pp. 74-79.

Информация об авторах

Бисалиев Арман Азаматович, аспирант по специальности 4.1.1. «Общее земледелие, растениеводство» Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева» (Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20А), e-mail: bisaliev98@gmail.ru

Плескачев Юрий Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель научного направления «Технологический центр по земледелию» Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФИЦ «Немчиновка»), (Российская Федерация, 143026, Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), профессор кафедры «Земледелие и агрохимия», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5771-5021>, e-mail: pleskachiov@yandex.ru

Айтпаева Айгуль Алдунгаровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент по специальности «Экономика и управление народным хозяйством», доцент кафедры «Экспертиза, эксплуатация и управление недвижимостью», начальник управления научно-исследовательской работы и международных связей Астраханского государственного архитектурно-строительного университета (414056, Астраханская обл., г. Астрахань, ул. Татищева, 18.); научный сотрудник ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416251, Астраханская область, Черныярский район, кв.-л Северный, 8). ORCID 0000-0003-3898-5813, email: arman.bisaliev2012@yandex.ru,

Воронов Сергей Иванович, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, директор Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФИЦ «Немчиновка»), (Российская Федерация, 143026, Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8103-3909>, e-mail: vsi08@mail.ru

Бабакова Анна Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, и.о. заведующий кафедрой «Агротехнология» Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева» (Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20А), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2842-1045>, e-mail: agronomiya@inbox.ru

Author's Information

Bisaliev Arman Azamatovich, postgraduate student, Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishchev Street, 20A), e-mail: bisaliev98@gmail.ru

Pleskachev Yuri Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the scientific direction "Agriculture Technology Center" of the Federal Research Center "Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoy Boulevard, 30s1, Skolkovo Innovation Center), Professor of the Department of Agriculture and agrochemistry" of Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: pleskachiov@yandex.ru

Aitpayeva Aigul Aldungarovna, Candidate of Agricultural Sciences., Associate Professor in the specialty "Economics and Management of the National Economy", Associate Professor of the Department of "Expertise, Operation and Management of Real Estate", Head of the Department of Research Work and International Relations of the Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering (414056, Astrakhan region, Astrakhan, Tatishchevast., 18.); Researcher at the Federal State Budgetary Institution "PAFSC RAS" (416251, Astrakhan region, Chernoyarsky district, Severny quarter, 8). ORCID 0000-0003-3898-5813, email: arman.bisaliev2012@yandex.ru,

Voronov Sergey Ivanovich, Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal Research Center "Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoy Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8103-3909>, e-mail: vsi08@mail.ru

Babakova Anna Sergeevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Acting Head of the Department of Agricultural Technologies Federal State Budgetary Institution of Higher Education "V. N. Tatishchev Astrakhan State University" (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishchev Street, 20A), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2842-1045>, e-mail: agronomiya@inbox.ru

**ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ /
ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE**

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-21

**ADAPTATION OF THE ISO 22000:2007 SYSTEM (HACCP) IN THE PRODUCTION OF GOAT
CHEESE ENRICHED WITH PROTEIN CONCENTRATE**^{1,2}Gorlov I. F., ^{1,2}Slozhenkina M. I., ¹Kryuchkova V. V., ¹Tkachenkova N. A.,
^{1,3}Vorontsova E. S., ²Mosolova E. A.¹Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production²Volgograd State Technical University³Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 15.10.2024

Submitted 28.11.2024

Abstract

Introduction. The authors present a preliminary program for each potential risk at all stages of production and describe a technical design that identifies critical control points and management control points for producing safe, high-quality goat cheese for consumers. **The aim** of the study is to develop a method for the production of goat cheese fortified with sunflower protein concentrate using the ISO 22000:2007 standard and to determine critical control points and quality and safety indicators. **Materials and methods.** In the experiment, control and experimental samples of goat cheese were prepared with sunflower protein concentrate. The quality indicators in the products were assessed and the main provisions of the ISO 22000:2007 system were analyzed for the possibility of application for the technology of producing a new type of cheese. The production of soft cheese samples was carried out under controlled laboratory conditions with strict adherence to established technological conditions. Standardized methodologies and procedures approved by the relevant authorities were used to evaluate the quality and safety of these cheeses. The scientific novelty consisted in obtaining new knowledge about the implementation of the ISO 22000:2007 system for the production technology of a new type of cheese with sunflower protein concentrate. **Results and conclusions.** As a result of the experiment, critical control points and control points for each cheese production operation were studied and visually presented. Using this system in cheese production will produce a high quality product. Effective implementation and regular updating of the plan in accordance with the requirements of ISO 22000:2007, in parallel with effective pre-production programs, contributes to the production of high quality and safe goat cheese fortified with sunflower protein concentrate.

Keywords: goat milk, soft cheeses, sunflower protein concentrate, ISO 22000:2007, cheese production, cheese quality standards.

Citation. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Kryuchkova V. V., Tkachenkova N. A., Vorontsova E. S., Mosolova E. A. Adaptation of the ISO 22000:2007 system (HACCP) in the production of goat cheese enriched with protein concentrate. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 205-213 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-21.

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 637.3.071

**АДАПТАЦИЯ СИСТЕМЫ ISO 22000:2007 (ХАССП) В ПРОИЗВОДСТВЕ КОЗЬЕГО СЫРА,
ОБОГАЩЕННОГО БЕЛКОВЫМ КОНЦЕНТРАТОМ**^{1,2}Горлов И. Ф., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
^{1,2}Сложенкина М. И., член-корреспондент РАН, доктор биологических наук
¹Крючкова В. В., доктор технических наук
¹Ткаченко Н. А., научный сотрудник
^{1,3}Воронцова Е. С., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
²Мосолова Е. А., студент¹«Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной
продукции»²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»³ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Авторы представляют предварительную программу для каждого потенциального риска на всех этапах производства и описывают техническую схему, определяющую критические контрольные точки и точки управленческого контроля для производства безопасного и

высококачественного козьего сыра для потребителей. Цель исследования заключается в разработке метода производства козьего сыра, обогащенного концентратом подсолнечного белка, с использованием стандарта ISO 22000:2007, а также в определении ключевых контрольных точек и показателей качества и безопасности. **Материалы и методы.** В рамках эксперимента были созданы контрольные и опытные образцы козьего сыра с добавлением растительных компонентов. Оценены показатели качества в продуктах, а также проанализированы основные положения системы ISO 22000:2007 на возможность применения для технологии выработки нового вида сыра. Производство образцов мягких сыров проводилось в контролируемых лабораторных условиях со строгим соблюдением установленных технологических режимов. Для оценки качества и безопасности этих сыров использовались стандартизированные методологии и процедуры, одобренные соответствующими органами. Научная новизна основывается на получении новых знаний о внедрении системы ISO 22000:2007 для технологии производства нового вида сыра с белковым концентратом подсолнечника. **Результаты и выводы.** В результате проведенного опыта были изучены и наглядно представлены критические контрольные точки и контрольные точки управления по каждой операции производства сыра. Использование данной системы в производстве сыра позволит получить продукт высокого качества. Эффективное соблюдение и регулярное обновление плана в соответствии с требованиями ISO 22000:2007, параллельно с эффективными программами предварительных мероприятий, способствует производству высококачественного и безопасного козьего сыра, обогащенного концентратом подсолнечного белка.

Ключевые слова: молоко козье, мягкие сыры, концентрат подсолнечного белка, ISO 22000:2007, производство сыра, стандарты качества сыров.

Цитирование. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Крючкова В. В., Ткаченко Н. А., Воронцова Е. С., Мосолова Е. А. Адаптация системы ISO 22000:2007 (ХАССП) в производстве козьего сыра, обогащенного белковым концентратом. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 205-213. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-21.

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 доказана прямая зависимость характера питания и таких показателей здоровья, как рождаемость, продолжительность жизни, смертность, физическое развитие, состояние здоровья, работоспособность. В связи с этим первичные болезни недостаточного и избыточного питания называются алиментарными заболеваниями (АЗ) [1, 2]. Профилактика АЗ основана на разумной организации питания, включающей диету с рекомендованным содержанием калорий, употребление разнообразных продуктов и, в некоторых случаях, витаминов и минералов.

Особое место в профилактике АЗ является разработка новых обогащенных продуктов питания для повседневного употребления различными группами населения [3]. Основой таких продуктов являются традиционные продукты питания, в том числе молочные. Так, в 2023 году среднелюдское потребление молочной продукции в Российской Федерации составило 249 кг/чел в год и всего 0,8% от этого значения занимают козье молоко и продукты, выработанные на его основе [4]. В то же время козье молоко имеет целый ряд преимуществ перед коровьим. Белки козьего молока менее аллергенны по сравнению с коровьим молоком [5]. Козье молоко имеет более низкую комбинированную концентрацию таких метаболитов эстрогена, как эстрон и 17 β -эстрадиол, что снижает его роль в развитии рака репродуктивной системы [6]. Белки козьего молока оказывают положительное влияние на биодоступность минералов, особенно железа и кальция. Многолетние исследования козьего молока установили его иммуномодулирующее действие, противовоспалительные и антиоксидантные эффекты, противомикробные и противораковые свойства, а также потенциальное кардиопротекторное и гепатопротекторное действие [7]. В связи с этим продукты из козьего молока являются продуктами, рекомендованными при профилактике АЗ.

В настоящее время масличные культуры привлекают большое внимание, так как являются потенциальным источником качественного белка. Подсолнечный белок является одним из таких белков, поэтому может широко использоваться в качестве функционального ингредиента. Твердый остаток, получаемый после экстракции масла (подсолнечный шрот), является ценным источником белков (30-50% в пересчете на сухое вещество), а исходя из эффективности шелушения семян и процесса экстракции масла, содержание белка в шроте может достигать 66% [8]. Семена подсолнечника обладают

богатым питательным составом, включающим клетчатку, белок, ненасыщенные жиры, селен, медь, цинк, железо, витамин Е, а также другие полезные вещества, антиоксиданты, минералы и витамины, которые играют важную роль в профилактике и лечении различных заболеваний [9]. Белок, содержащийся в семенах подсолнечника, легко усваивается, не содержит вредных соединений, безопасен для здоровья и доступен по цене [10]. Подсолнечник имеет два основных типа белка: водорастворимые альбумины (подсолнечные альбумины 2S) и солерастворимые глобулины (гелиантинин 11S). Эти два типа присутствуют в соотношении 2:1 (11S:2S соответственно), т.е. в семенах содержится 60-80% гелиантининов и 25-30% альбуминов [11]. Концентрат подсолнечного белка обладает антидиабетическими и антиоксидантными свойствами [12].

Целью исследования являлась разработка технологии производства козьего сыра, обогащенного концентратом подсолнечного белка, с внедрением системы ISO 22000:2007, определением критических контрольных точек и указанием контрольных точек управления качества и безопасности.

Материалы и методы. Изготовление образцов мягкого сыра осуществлялось в лабораторных условиях с соблюдением всех режимов технологического процесса. Для оценки качества и безопасности сыра использовали стандартные утвержденные методы и методики. Массовую долю белка определяли методом Кьельдаля согласно ГОСТ 34454-2018.

Массовую долю жира определяли кислотным методом по ГОСТ 5867-90, а содержание влаги – путем высушивания образцов в прокаленном песке при температуре 103 °С в соответствии с требованиями ГОСТ 3626-73. Органолептические характеристики были определены с помощью дегустационного метода. Мониторинг изменений активной кислотности сыра проводился с помощью портативного рН-метра Testo 206-pH2, который может измерять как рН, так и температуру. Результаты исследования анализировались согласно установленным стандартным методам.

Результаты и обсуждение. Качественные характеристики готового продукта напрямую зависят от характеристик используемого сырья – козьего молока и концентрата подсолнечного белка, используемого для обогащения сыра и вводимой закваски мезофильных лактококков *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides subsp. Cremoris*, которые придают определенный вкус и запах мягкому сыру (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав и пищевая ценность молока коз зааненской породы и концентрата подсолнечного белка, используемых в производстве мягкого сыра

Table 1 – Chemical composition and nutritional value of Saanen goat milk and sunflower protein concentrate used in the production of soft cheese

Нутриент / Nutrient	Молоко коз зааненской породы / Milk of Saanen goats	Концентрат подсолнечного белка / Sunflower Protein Concentrate
	г / 100 г	г / 100 г
Калорийность, кКал / Calorie content, kcal	85,26	342,01
Содержание жира, г / Fat content, g	6,02	2,01
Содержание белка, г / Protein content, g	3,27	80,01
Содержание углеводов, г / Carbohydrate content, g	4,51	1,02
Массовая доля золы, г / Mass fraction of ash, g	0,82	5,01
Массовая доля влаги, г / Mass fraction of moisture, g	87,41	5,50
Пищевые волокна, г / Dietary fiber, g	-	0,60

Таблица 2 – Описание выработанного продукта
Table 2 – Description of the produced product

Наименование показателя / Name of the indicator	Козий сыр, обогащенный концентратом подсолнечного белка / Goat cheese enriched with sunflower protein concentrate	
	показатель / index	характеристика / characteristic
Органолептические показатели / Organoleptic characteristics	вкус и запах / taste and smell	выраженный сырный вкус / pronounced cheese taste
	внешний вид / appearance	корка ровная, без повреждений / the crust is even, without damage
	консистенция / consistency	плотная, эластичная, однородная / dense, elastic, homogeneous
	цвет / color	светло-кремовый / light cream
	рисунок / drawing	наличие глазков и пустот / the presence of eyes and voids
Пищевая ценность / Nutritional values	массовая доля жира в сух. веществе, % / mass fraction of fat in dry matter, substance, %	54,56
	массовая доля белка, % / mass fraction of protein, %	20,07
	кислотность, pH / acidity, pH	5,4-5,5
Микробиологические показатели / Microbiological indicators	патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы в 25 г продукта / pathogenic microorganisms, incl. salmonella in 25 g of product	не обнаружено / not found
	бгкп не допускается в 0,1 г продукта / BGCP is not allowed in 0.1 g of product	не обнаружено / not found
	<i>Staphylococcus aureus</i> в 1 г продукта / <i>Staphylococcus aureus</i> in 1 g of product	не обнаружено / not found
Показатели безопасности / Safety performance	токсичные элементы / toxic elements	сыр/ cheese /тр тс 33/2013
	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 м1 / mass fraction of aflatoxin m1	0,00002 / 0,0005
Как будет использоваться / How it will be used	готов к употреблению / ready to eat	
Предполагаемые потребители / Intended Consumers	все группы населения, включая детей, пожилых и больных людей / all population groups, including children, the elderly and the sick	
Упаковка / Packaging	герметичная полиэтиленовая упаковка или пластиковые коробочки вместимостью 250 г / sealed polyethylene packaging or plastic boxes with a capacity of 250 g	
Срок годности / Shelf life	14 суток при температуре 4±2 °C / 14 days at a temperature of 4±2 °C	
Место реализации / Place of sale	магазины розничной торговли, лечебные и санаторно-курортные учреждения / retail stores, medical and sanatorium-resort institutions	
Инструкция на этикетке / Label Instructions	хранить при температуре 4±2 °C в течение 14 суток / Store at 4±2 °C for 14 days	
Условия доставки / Terms of delivery	в охлажденном виде специальными видами транспорта / chilled by special means of transport	

Таким образом, разработка и производство сыра из козьего молока, обогащённого концентратом подсолнечного белка, является важным вкладом в обеспечении населения полноценным и сбалансированным питанием. В то же время из-за отсутствия унифицированной современной системы контроля продовольственного сырья и пищевой продукции предприятиям сложно обеспечить высокий уровень качества и безопасности производимых продуктов питания.

Одним из основных факторов, обеспечивающих безопасность продукции в процессе производства, является разработка и реализация системы управления, соответствующей принципам международного стандарта ISO 22000:2007. Этот стандарт объединяет методы, изложенные в ISO 9001:2007 и HACCP, и определяет жесткие требования к безопасности пищевых продуктов, принимая во внимание соблюдение законодательства.

Основные этапы формирования системы управления безопасностью пищевой продукции включают в себя анализ опасностей для определения потенциальных рисков и разработку превентивных мер в соответствии с требованиями стандарта ISO 22000:2007. В результате проведенных исследований была создана и внедрена технология производства козьего сыра с использованием концентрата подсолнечного белка. Стандарт ISO 22000:2007 охватывает идентификацию и анализ опасностей, определение критических контрольных точек, установление критических параметров для каждой из таких точек, реализацию эффективных процедур мониторинга, выполнение корректирующих действий, регулярные проверки, управление документацией и регистрацию полученных результатов.

Таблица 3 – Перечень используемого сырья и материалов и их характеристики

Table 3 – List of raw materials used and their characteristics

Наименование / Name	Характеристика / Characteristic	
	Показатель / Index	в 100 г / per 100 g
Молоко козье / Goat milk	содержание жира, % / Fat content, %	6,02
	содержание белка, % / Protein content, %	3,27
	содержание углеводов, % / Carbohydrate content, %	4,51
	содержание золы, % / Ash content, %	0,82
	содержание влаги, % / Moisture content, %	87,41
Концентрат подсолнечного белка / Sunflower Protein Concentrate		в 100 г / per 100 g
	содержание жира, % / Fat content, %	2,01
	содержание белка, % / Protein content, %	80,01
	содержание углеводов, % / Carbohydrate content, %	1,02
	содержание золы, % / Ash content, %	5,01
	содержание влаги, % / Moisture content, %	5,50
	пищевые волокна, % / Dietary fiber, %	0,60
Мезофильная закваска для сыра / Mesophilic sourdough starter for cheese	<i>Lactococcus lactis subsp. lactis, Lactococcus lactis subsp. cremoris, Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis, Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris</i>	
Свертывающие ингредиенты / Coagulating Ingredients	сычужный фермент 1,5 мл на 10 л молока / rennet 1.5 ml per 10 liters of milk	
	хлористый кальций, 2,0% / Calcium chloride, 2.0%	
Упаковочные материалы / Packaging Materials	герметичная полиэтиленовая упаковка или пластиковые коробочки вместимостью 250 г, герметически укупоренные / Hermetically sealed polyethylene packaging or plastic boxes with a capacity of 250 g, hermetically sealed	

Для оценки потенциальных рисков и разработки плана по внедрению стандарта ISO 22000:2007 в производстве козьего обогащенного сыра следует учесть ряд исходных данных: характеристики продукта, виды используемого сырья (таблица 3), соответствие требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 22000:2007, план производства (рисунок 1) и технологический процесс производства козьего сыра (рисунок 2). Кроме того, необходимо выполнять корректировки, проводить регулярные проверки, вести документацию и фиксировать результаты.

Анализ угроз включает изучение различных аспектов производства козьего сыра, таких как основное и дополнительное сырьё, обогащающие ингредиенты и упаковочные материалы.

В процессе анализа рисков принимаются во внимание различные типы потенциальных угроз, такие как органические, химические, физические и микробиологические. Для оценки вероятности возникновения опасных ситуаций разрабатывается и внедряется программа предварительных условий (ППУ), направленная на выполнение требований соответствующих нормативных документов (национальных стандартов, отраслевых стандартов, требований заказчика). Эта программа включает меры, направленные на обеспечение соответствия установленным стандартам и системам управления производством, включая официальные нормы. Решения по ППУ принимаются для каждого потенциального источника риска на всех этапах производства, а также определяются критические контрольные точки (ККТ).

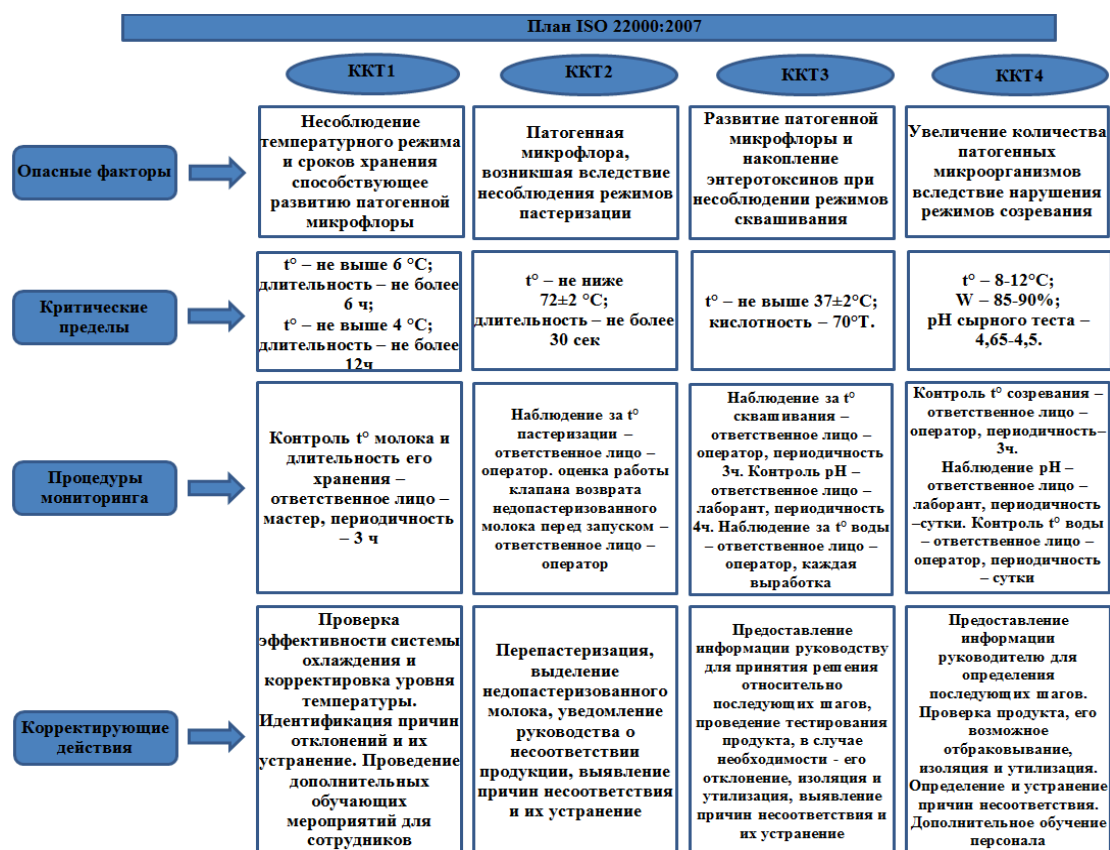


Рисунок 1 – План производства козьего сыра, обогащенного белковым концентратом по стандарту ГОСТ Р ISO 22000:2007

Figure 1 – Production plan for goat cheese enriched with protein concentrate according to GOST R ISO 22000:2007

Критические контрольные точки (ККТ) представляют собой этапы производственного процесса, на которых можно предотвратить или снизить угрозы безопасности пищевых продуктов до приемлемого уровня. В процессе производства обогащенного козьего сыра к числу ККТ относятся контроль качества сырья и добавок, тепловая обработка, время со-

зревания, охлаждение, концентрация компонентов добавок и отсутствие химикатов. Также осуществляется мониторинг состава и безопасности конечного продукта, включая контроль содержания тяжелых металлов, нитратов, нитритов, плесневых токсинов и радионуклидов. Идентификация ККТ выполняется в соответствии с принципами Кодекса Алиментариус и требует тщательного анализа и документирования. Определение критических точек и этапов процесса основывается на анализе сырья и потенциальных рисков, выявленных на различных стадиях – от получения сырья до отгрузки готовой продукции. К основным контрольным точкам можно отнести:

- хранение сырья;
- тепловую обработку молока;
- внесение заквасочных культур в пастеризованное и охлажденное молоко;
- созревание сыра.

Рисунок 1 представляет план использования стандарта ISO 22000:2007 для производства обогащенного козьего сыра, который предусматривает систематический анализ и управление опасными факторами, влияющими на безопасность продукции.

Опираясь на приведенные данные, разработана схема производства с учетом контрольных точек управления (КТУ) показателей качества: О – органолептические характеристики; Ф-Х – физико-химические показатели; М – микробиологические показатели; Б – показатели безопасности (рисунок 1).

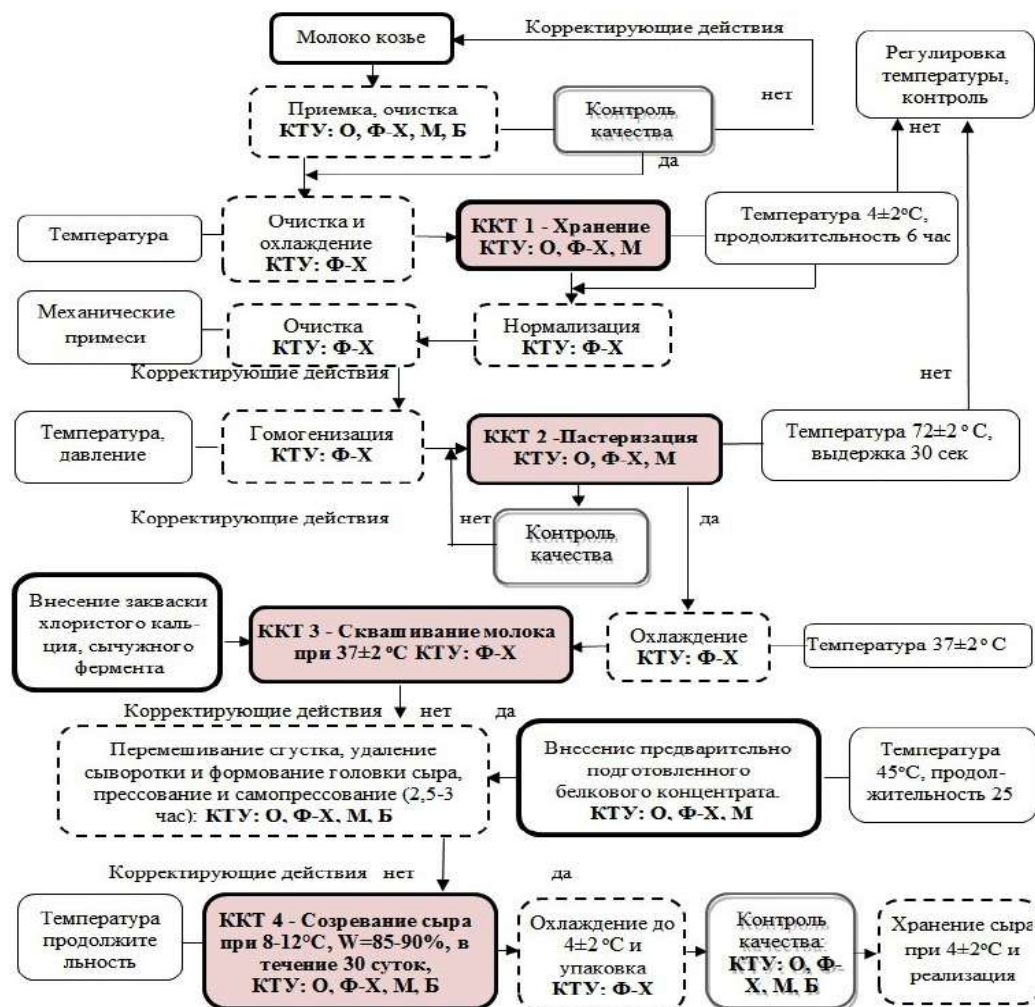


Рисунок 2 – Технологическая схема производства козьего сыра, обогащенного белковым концентратом, с элементами ISO 22000:2007

Figure 2 – Flow chart for the production of goat cheese enriched with protein concentrate, with elements of ISO 22000:2007

Выводы. В ходе исследования процесса производства обогащённого козьего сыра были точно определены критические контрольные точки (ККТ) и контрольные точки управления (КТУ), связанные с конкретными технологическими операциями. На схеме технологического процесса изготовления обогащённого козьего сыра чётко обозначены как ККТ, так и КТУ для каждого этапа производства.

Внедрение и постоянное обновление плана ISO22000:2007 обеспечивает производство высококачественного и безопасного козьего сыра, обогащенного белковым концентратом подсолнечника, при одновременном и эффективном выполнении программы подготовки к мероприятию.

Conclusions. During the study of the enriched goat cheese manufacturing process, the critical control points (CCPs) and control points (CCPs) related to specific technological operations were precisely defined. The diagram of the technological process of enriched goat cheese manufacturing clearly indicates the critical control points (CCPs) and control points (CCPs) for each process.

Implementation and continuous updating of the ISO22000:2007 plan ensures the production of high-quality and safe goat cheese enriched with sunflower protein concentrate, while simultaneously and effectively implementing the program of preparation for the event.

Библиографический список

1. Gavrilova N. B., Chernopolskaya N. F., Shchetinina E. M. Biotechnological aspects of innovative technology of enriched soft cheese based on goat's milk. *Modern Science and Innovations*. 2020. № 3 (31). Pp. 44-49.
2. Chaika D. Yu., Plyusnina Yu. A. Comparative sensorics of quality indicators of goat cheese, depending on the geographical region of production. *Natural and Technical Sciences*. 2022. № 6 (169). Pp. 348-349.
3. Bittante G., Amalfitano N., Bergamaschi M., Patel N., Tagliapietra F., Schiavon S., Haddi M.-L., Benabid H., Pazzola M., Vacca G. M. Composition and aptitude for cheese-making of milk from cows, buffaloes, goats, sheep, dromedary camels, and donkeys. *Journal of Dairy Science*. 2021.
4. Антонова Е. В., Андрухова В. Я. Сравнительная товароведная характеристика козьего сыра. *Товаровед продовольственных товаров*. 2020. № 10. С. 20-25.
5. Гаврилова Н. Б., Чернопольская Н. Л., Моисейкина Д. Н. Инновационные технологии продуктов специализированного питания. *Переработка молока*. 2022. № 6 (272). С. 22-24.
6. Щетинина Е. М., Гаврилова Н. Б., Чернопольская Н. Л., Щетинин М. П. Мягкий сыр на основе козьего молока для специализированного питания. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2022. № 3. С. 134-146.
7. Чайка Д. Ю. Характеристика химического состава сыров из козьего молока. *Актуальные проблемы формирования здорового образа жизни студенческой молодежи*. Смоленск, 2022. С. 208-211.
8. Мирошина Т. А. Продукция молочного козоводства и ее переработка. *Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития*. Красноярск, 2021. С. 312-314.
9. Кустова О. С., Безуглова Ю. Ю. Сыр из козьего молока: исследование пользы для организма. *Современная наука и молодые учёные*. Пенза, 2021. С. 77-79.
10. 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.
11. Гавшина Е. И. Кисломолочная продукция с продуктами переработки облепихи в специальном питании. *Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК*. Ижевск, 2021. С. 139-145.
12. Дугарова И. К., Жалсараева Б. Д., Шотхоноева Я. Л. К вопросу об эффективном использовании вторичных сырьевых ресурсов облепихи. *Вестник ВСГУТУ*. 2023. № 1 (88). С. 5-13.
13. Крючкова В. В., Корнейчук К. М., Скрипин П. В., Белик С. Н. Разработка технологии рассольного сыра, обогащенного растительными ингредиентами. *Сыроделие и маслоделие*. 2019. № 1.
14. Шамилов Р. Н., Неверова О. П. Система управления качеством и безопасностью пищевых продуктов на основе ХАССП. *Молодежь и наука*. 2020. № 2. С. 56.
15. Поздеева В. А. Важность применения ХАССП в сфере пищевой продукции. *Молодежь и наука*. 2022. № 8.

References

1. Gavrilova N. B., Chernopolskaya N. F., Shchetinina E. M. Biotechnological aspects of innovative technology of enriched soft cheese based on goat's milk. *Modern Science and Innovations*. 2020. No. 3 (31). Pp. 44-49.
2. Chaika D. Yu., Plyusnina Yu. A. Comparative sensorics of quality indicators of goat cheese, depending on the geographical region of production. *Natural and Technical Sciences*. 2022. No. 6 (169). Pp. 348-349.
3. Bittante G., Amalfitano N., Bergamaschi M., Patel N., Tagliapietra F., Schiavon S., Haddi M.-L., Benabid H., Pazzola M., Vacca G. M. Composition and aptitude for cheese-making of milk from cows, buffaloes, goats, sheep, dromedary camels, and donkeys. *Journal of Dairy Science*. 2021.
4. Antonova E. V., Andrukhova V. Ya. Comparative commodity characteristics of goat cheese. *Commodity specialist of food products*. 2020. No. 10. Pp. 20-25.
5. Gavrilova N. B., Chernopolskaya N. L., Moiseikina D. N. Innovative technologies for specialized food products. *Milk processing*. 2022. No. 6 (272). Pp. 22-24.
6. Shchetinina E. M., Gavrilova N. B., Chernopolskaya N. L., Shchetinin M. P. Soft cheese based on goat milk for specialized nutrition. *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2022. No. 3. Pp. 134-146.

7. Chaika D. Yu. Characteristics of the chemical composition of goat's milk cheeses. Current problems of developing a healthy lifestyle for students. Smolensk, 2022. Pp. 208-211.
8. Miroshina T. A. Dairy goat products and their processing. Science and education: experience, problems, development prospects. Krasnoyarsk, 2021. Pp. 312-314.
9. Kustova O. S., Bezuglova Yu. Yu. Goat's milk cheese: study of benefits for the body. Modern science and young scientists. Penza, 2021. Pp. 77-79.
10. Simonenko E. S., Simonenko S. V., Zolotin A. Yu., Kopytko M. S. Prospective directions for the use of plant ingredients in the dairy industry. Current issues in the dairy industry, cross-industry technologies and quality management systems. 2020. V. 1. No. 1 (1). Pp. 497-500.
11. Gavshina E. I. Fermented milk products with sea buckthorn processing products in special nutrition. Technological trends in the sustainable functioning and development of the agro-industrial complex. Izhevsk, 2021. Pp. 139-145.
12. Dugarova I. K., Zhalsaraeva B. D., Shothonoeva Ya. L. On the issue of the effective use of secondary raw materials of sea buckthorn. Bulletin of VSGUTU. 2023. No. 1 (88). Pp. 5-13.
13. Kryuchkova V. V., Korneychuk K. M., Skripin P. V., Belik S. N. Development of technology for brine cheese enriched with plant ingredients. Cheesemaking and buttermaking. 2019. No. 1.
14. Shamilov R. N., Neverova O. P. HACCP-based quality and food safety management system. Youth and Science. 2020. No. 2. P. 56.
15. Pozdeeva V. A. The importance of using HACCP in the field of food products. Youth and Science. 2022. No. 8.

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, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), зав. кафедрой «Технология пищевых производств» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28), ORCID: <https://orcid.org/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 «Технологии пищевых производств» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 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 Наталья 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

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), старший научный сотрудник ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: 0000-0002-0730-853X, 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, д. 28), e-mail: niimmp@mail.ru

Author's Information

Gorlov Ivan Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Supervisor Volga Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), Head of the Department of Food Production Technology, 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

Slozenkina Marina Ivanovna, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Director of the Volga Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), Professor of the Department of Food Production Technology, 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

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher Volga Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), Senior Researcher Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID: 0000-0002-0730-853X, e-mail: esvoronts@mail.ru

Mosolova Elizaveta Aleksandrovna, student, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), e-mail: niimmp@mail.ru

**PRODUCTIVE QUALITIES OF COWS OF DIFFERENT LACTATION PERIODS
IN THE CONDITIONS OF INDUSTRIAL TECHNOLOGIES****Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Kudryashova O. V., Antipova T. A., Vorontsova E. S.,
Puzankova V. A., Mosolova N. I., Brekhova S. A.***Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 29.10.2024

Submitted 06.12.2024

Research carried out within the framework of a state assignment GNU NIIMMP 2022-2024**Abstract**

Introduction. Study and comparative analysis of the quality indicators of milk obtained in different lactations of Holstein cows. **Materials and Methods.** The research was conducted in the Donskoye Agricultural Enterprise LLC, Kalachevsky District, Volgograd Region. Three groups of 10 Holstein cows of different lactation periods were formed for the research: the first group included animals in their first lactation; the second group included animals in their second lactation; and the third group included animals in their third lactation. Milk was collected from all groups of animals and tested in the laboratory of the State Scientific Institution Research Institute of Milk and Milk Processing Machines for physical and chemical parameters: fat, protein, lactose, dry matter; mineral composition, amino acid composition, fatty acid composition, density, acidity according to generally accepted methods in the current State Industry Standards. **Results.** It was found that cows of the second lactation have the highest milk yield, which is 7.4% higher than the same indicator for the first lactation. And cows of the third lactation have the lowest milk yield, which is 27.5% lower than the first. Milk of animals of the third lactation is characterized by an increase in the content of essential amino acids by 1.2% with an increase in the average content of phenylalanine, lysine and isoleucine by 1.7-4.1%. In different periods of lactation, the fatty acid composition of cows' milk has stable indicators, and the mineral composition is identical. **Conclusion.** The results of the studies confirm the variability of productivity indicators and the quality of milk obtained during different lactations. When assessing the quality indicators of cows' milk, no clear dynamics of changes in individual components were noted by lactation periods, but the values obtained in the third lactation are predominant.

Keywords: *lactation of cows, milk productivity of cows, quality indicators of cows' milk, cows' milk.*

Citation. Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Kudryashova O. V., Antipova T. A., Vorontsova E. S., Puzankova V. A., Mosolova N. I., Brekhova S. A. Productive qualities of cows of different lactation periods in the conditions of industrial technologies. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 214-222 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-22.

Author's contribution. All of the 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 final version presented.

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

УДК 636.2.034

**ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА КОРОВ РАЗНЫХ СРОКОВ ЛАКТАЦИИ В УСЛОВИЯХ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Сложенкина М. И., член-корреспондент РАН, доктор биологических наук
Горлов И. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН
Кудряшова О. В., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Антипова Т. А., доктор биологических наук, старший научный сотрудник
Воронцова Е. С., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Пузанкова В. А., соискатель
Мосолова Н. И., главный научный сотрудник
Брехова С. А., младший научный сотрудник

*Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции
г. Волгоград, Российская Федерация*

Исследования выполнены в рамках государственного задания ГНУ НИИММП 2022-2024 гг.

Введение. Цель. Изучение и сравнительный анализ качественных показателей молока, полученного в разные лактации коров голштинской породы. **Материалы и методы.** Исследования проводились в ООО СП «Донское» Калачевского района Волгоградской области. Для исследований

были сформированы три группы по 10 голов коров голштинской породы разных сроков лактации: в первую группу вошли животные, имеющие первую лактацию; во вторую группу – две лактации; в третью – три лактации. От всех групп животных отбиралось молоко и исследовалось в лаборатории ГНУ НИИММП по физико-химическим показателям: жир, белок, лактоза, сухие вещества; минеральный состав, аминокислотный состав, жирнокислотный состав, плотность, кислотность по общепринятым методикам в действующих ГОСТах. **Результаты.** Установлено, что коровы второй лактации отличаются наибольшим удоем, который на 7,4% превышает аналогичный показатель за первую лактацию. А у коров третьей лактации выявлен наименьший результат по удою, который на 27,5% ниже показателя первой. Молоко животных третьей лактации отличается увеличением содержания незаменимых аминокислот на 1,2% при повышении среднего содержания на 1,7-4,1% по фенилаланину, лизину и изолейцину. В разные периоды лактации жирнокислотный состав молока коров имеет стабильные показатели, а минеральный состав является идентичным. **Заключение.** Результаты проведенных исследований подтверждают изменчивость показателей продуктивности и качества получаемого молока при разных лактациях. При оценке качественных показателей молока коров не отмечено четкой динамики изменения отдельных компонентов по периодам лактации, однако преобладающими являются значения, полученные в третью лактацию.

Ключевые слова: лактация коров, молочная продуктивность коров, показатели качества молока коров, молоко коров.

Цитирование. Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Кудряшова О. В., Антипова Т. А., Воронцова Е. С., Пузанкова В. А., Мосолова Н. И., Брехова С. А. Продуктивные качества коров разных сроков лактации в условиях промышленных технологий. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 214-222. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Современные технологии получения молока непосредственно связаны с решением вопросов по совершенствованию продуктивных качеств крупного рогатого скота. Эффективное развитие и активизация молочного скотоводства, ориентированные на увеличение производства молока, требуют внедрения современных технологий ухода за животными и их кормления, достижения значительных результатов в племенной деятельности, а также организации процесса воспроизводства стада [1, 2, 3, 4].

Высокие показатели производства продукции скотоводства во многом обусловлены сроком использования коров, являющегося одним из наиболее важных хозяйственно-полезных признаков и факторов функционирования стада [5]. В среднем по сельхозпредприятиям Российской Федерации с промышленной технологией производства молока данный показатель составляет 2-2,5 отела. В данном контексте преимущественное значение в селекционной работе отдается продлению сроков продуктивного использования коров – одному из основных показателей валового производства молока-сырья [6, 7, 8].

В современных условиях при селекционной работе одним из основных признаков, присущих крупному рогатому скоту, является удой, что коренным образом влияет на экономику сельскохозяйственных предприятий, занимающихся разведением животных молочного направления. При оценке продуктивности особый акцент делается на способности животного в период всего времени лактации сохранять достаточно высокие удои. Это является определяющим фактором молочной продуктивности коров. Животным, имеющим выровненный тип лактационной кривой с наивысшими удоями за максимальный период времени лактации, отдается приоритет [9].

Присущая индивидуальная особенность животного к выработке молока непосредственно взаимосвязана с полноценностью кормления, условиями содержания, режимом и частотой доения, что в совокупности влияет на показатели лактационной деятельности коров [10, 11, 12].

Продуктивные и племенные качества животных определяют предельные сроки их биологического долголетия, которых животные практически никогда не достигают и выбраковываются из хозяйства раньше допустимого возраста. В этой связи эффективное производство молока определяется возрастом коров и их высокой продуктивностью – основными хозяйственно-полезными признаками динамично развивающегося стада [2, 13].

Одним из важных показателей продуктивности крупного рогатого скота является качество молока, получаемого за определенный период времени. Показатели молока подвержены большим колебаниям, на которые оказывают влияние различные причины, к числу которых относится число лактаций. Поэтому целью наших исследований явилось изучение продуктивных качеств коров и качества производимого молока в разные сроки лактации.

Материалы и методы. Исследования проводились в ООО СП «Донское» Калачевского района Волгоградской области. Для исследований сформированы три группы коров (по 10 голов в каждой группе) голштинской породы разных сроков лактации: в первую группу вошли животные, имеющие первую лактацию; во вторую группу – две лактации; в третью – три лактации. Время проведения исследований 2017-2019 год.

От всех групп животных отбиралось молоко и исследовалось в лаборатории ГНУ НИИММП по физико-химическим показателям: жир, белок, лактоза, сухие вещества; минеральный состав, аминокислотный состав, жирнокислотный состав, плотность, кислотность.

Определение массовой доли жира проводили по ГОСТ 5867-90, массовой доли белка – по ГОСТ 25179-2014, массовой доли лактозы – по ГОСТ 34304-2017; титруемую кислотность – по ГОСТ Р 54669-2011, плотность – по ГОСТ Р 52054-2003, сухие вещества – по ГОСТ 3626-73, минеральный состав – методом спектрометрии, жирнокислотный состав – методом газовой хроматографии в соответствии с ГОСТ 32915-2014 и ГОСТ 31665-2012, аминокислотный состав – согласно методике М 04-74-2012.

Обработку данных, полученных в исследованиях, проводили с использованием методов вариационной статистики с помощью программы «Excel» офисного пакета Microsoft Office («Microsoft», США).

Результаты и обсуждение. При выполнении исследований проведен сравнительный анализ молочной продуктивности коров разного возраста и качественных характеристик производимого молока, результаты которого представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Молочная продуктивность коров и показатели качества молока

Table 1 – Dairy productivity of cows and milk quality indicators

Показатель / Indicator	Группы животных / Animal groups		
	1	2	3
Удой за 305 дней лактации, кг / Milk yield for 305 days of lactation, kg	12213,30±280,64	13112,60±354,12	10278,20±486,54**
Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %	3,92	3,88	3,92
Выход молочного жира, кг / Milk fat yield, kg	478,76±10,49	508,77±14,11	402,91±19,11**
Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %	3,32	3,35	3,37
Выход молочного белка, кг / Milk protein yield, kg	405,48±9,15	439,27±12,07*	346,37±17,19**

Примечание: * – $P \geq 0,95$; ** – $P \geq 0,99$.

Note: * – $P \geq 0,95$; ** – $P \geq 0,99$.

По результатам проведенных исследований было установлено, что наибольший удой был получен от коров второй лактации, который превышал аналогичный показатель за первую лактацию на 7,4%. Увеличение продуктивности объясняется, в первую очередь, сформировавшейся после первых родов молочной системой животного и адаптацией к процессу лактации. Наименьший результат был зафиксирован в третьей лактации, где удой был ниже показателя второй лактации на 27,5% (при уровне значимости $P \geq 0,99$). Учитывая, что средний возраст коров на молочном комплексе составил всего 2,4 лактации, данный показатель, по-видимому, связан со снижением продуктивного долголетия коров за счёт интенсивного их использования в условиях промышленной технологии. Разница в показателях удоев в группе коров (между максимальным и минимальным значением) в зависимости от лактации составила: 2691,0 кг (1 лактация); 3775,0 кг (2 лактация) и 4640,0 кг (3 лактация), что объясняется значительным разнообразием коров в данном хозяйстве по этому признаку.

Интересно отметить, что, несмотря на увеличение удоя, динамика изменения отдельных компонентов молока не всегда линейна. Так, массовая доля жира и белка в молоке за исследуемый период в зависимости от возраста коров изменилась незначительно. Наиболее высокие показатели массовой доли жира отмечены в молоке коров первой и

третьей лактации, которые были выше значения второй группы на 0,04%. По содержанию белка наибольшее его количество отмечено в молоке третьей лактации, которое превышает значение в первой лактации на 0,05%; второй – на 0,02%.

Количество полученного молочного жира и белка взаимосвязано с удоем, поэтому значения данных величин коррелировали с изменением этого показателя в соответствии с возрастом коров. Наибольший выход молочного жира отмечен у коров второй лактации, показатель которого превышал аналогичный в первой лактации на 6,3% и на 26,3% ($P \geq 0,99$) – в третьей лактации. По количеству молочного белка максимальное его значение установлено в молоке коров второй лактации, которое было выше показателя первой лактации на 8,3% (33,79 кг) ($P \geq 0,95$) и на 26,8% (92,9 кг) ($P \geq 0,99$) – третьей лактации.

Молочная продуктивность коров оценивается как по количественным, так и качественным показателям. Физико-химические показатели и свойства молока являются следствием его натуральности и свежести. Результаты оценки физико-химических показателей и свойств приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические показатели и свойства молока
Table 2 – Physico-chemical parameters and properties of milk

Показатель / Indicator	Группы животных / Animal groups		
	1	2	3
Массовая доля сухих веществ, % / Mass fraction of dry matter, %	12,70	12,74	12,76
Массовая доля лактозы, % / Mass fraction of lactose, %	4,71	4,73	4,70
Массовая доля золы, % / Mass fraction of ash, %	0,75	0,78	0,77
Плотность, кг/м ³ / Density, kg/m ³	1028,0	1030,0	1031,0
Кислотность, °Т / Acidity, °Т	17,5	17,0	17,3

Согласно полученным результатам следует отметить, что молоко, полученное от коров разных лактаций, имеет высокие показатели пищевой ценности. Наивысшие величины показателей состава установлены в молоке коров третьей лактации. Значения физико-химических свойств молока, полученного от коров всех лактаций, свидетельствуют о его натуральности и свежести, что является важным моментом для его переработки на производство пищевых продуктов, в том числе для специализированного питания.

Для оценки полноты белкового и жирового компонентов молока, полученного от животных разных сроков лактаций целесообразно исследовать его аминокислотный и жирнокислотный состав. Результаты исследований приведены на рисунках 1-3.

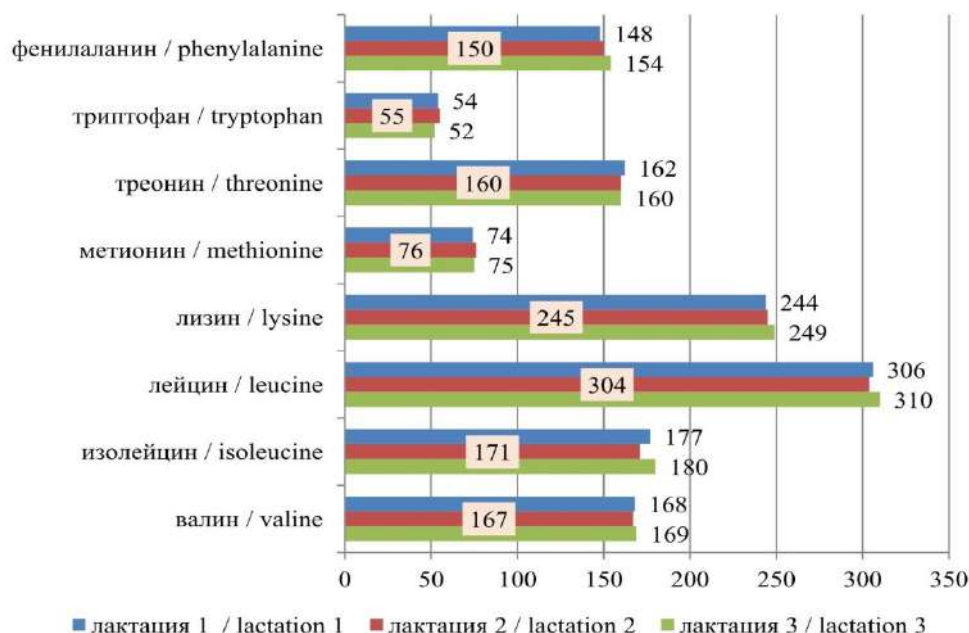


Рисунок 1 – Содержание незаменимых аминокислот в молоке коров разных лактаций (мг/100 г продукта)
Figure 1 – Content of essential amino acids in milk of cows of different lactations (mg/100 g of product)

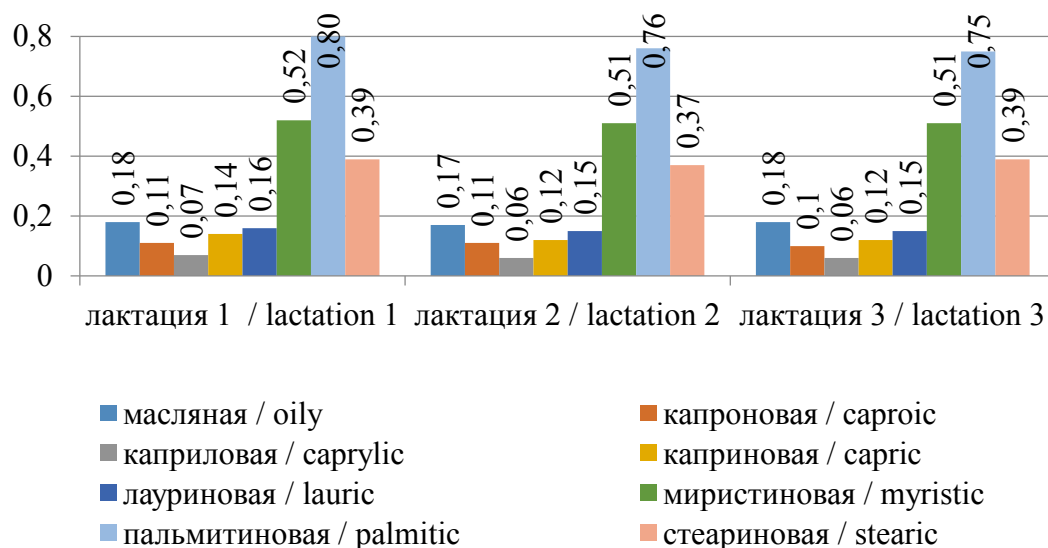


Рисунок 2 – Содержание насыщенных жирных кислот в молоке коров разных лактаций (г/100 г)

Figure 2 – Content of saturated fatty acids in milk of cows of different lactations (g/100 g)

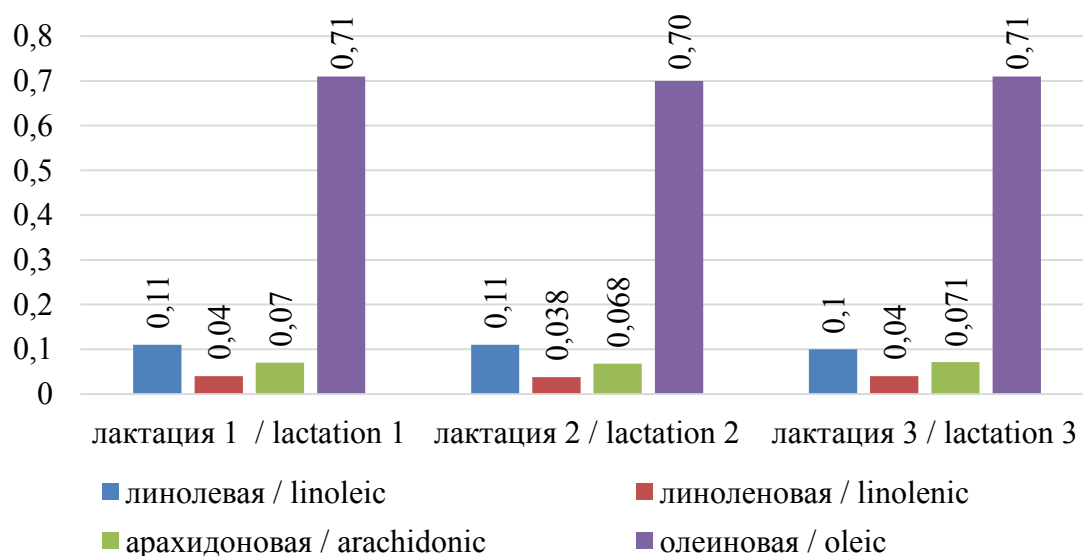


Рисунок 3 – Содержание ненасыщенных жирных кислот в молоке коров разных лактаций (г/100 г)

Figure 3 – Content of unsaturated fatty acids in milk of cows of different lactations (g/100 g)

Анализ полученных данных подтверждает тот факт, что содержание аминокислот зависит от общего содержания белка в молоке. При повышении общего содержания белка в молоке коров третьей лактации содержание незаменимых аминокислот возросло на 1,2% относительно данного показателя в молоке животных первой лактации. Аминокислотный состав молока коров первой и второй лактации имеет практически аналогичные значения. Наиболее подвержены лактационным изменениям такие аминокислоты, как фенилаланин, лизин, изолейцин. Их содержание в третью лактацию изменилось на 4,1%, 2,0% и 1,7% соответственно относительно первой. Стабильными аминокислотами в составе белкового компонента являлись метионин, триптофан и треонин, содержание которых практически не изменилось в разные лактации. Это может быть связано с оптимизацией метаболических процессов в организме коровы в этот возрастной период. Состав и свойства молочного жира определяется характеристиками входящих в него жирных кислот. Результаты исследований жирнокислотного состава молока приведены на следующих рисунках.

Согласно полученным результатам следует отметить, что жирнокислотный состав молока разных периодов лактации достаточно стабилен. Из числа насыщенных жирных кислот, составляющих от 68% до 73% (первая и третья лактация) от общего количества триглицеридов, преобладающими являются пальмитиновая (20,3%), миристиновая (13,2%) и стеариновая (9,9%), формирующие твердую консистенцию молочного жира и имеющие высокую температуру плавления.

Основную часть ненасыщенных жирных кислот составляет олеиновая кислота, на долю которой приходится 17,5%. Полиненасыщенные жирные кислоты в составе молочного жира занимают 5,6%, к числу преобладающих относится линолевая, составляющая 2,8%.

Подробный анализ жирнокислотного состава молока выявил, что различия в содержании отдельных жирных кислот статистически незначимы, что предполагает целесообразность проведения дальнейших исследований в этой области.

Стабильность показателей жирнокислотного состава молока связана с рационом кормления животных и их индивидуальными особенностями.

Важным показателем при оценке пищевой ценности молока имеет содержание минеральных веществ, являющихся не только критерием общего функционирования организма животного, но и влияющих на технологические процессы при производстве отдельных пищевых продуктов и на их показатели качества. Результаты исследований макро- и микроэлементного состава молока, полученного от коров разных сроков лактации, приведены на рисунке 4 и в таблице 3.

Таблица 3 – Микроэлементный состав молока, мкг/г
Table 3 – Microelement composition of milk, mcg/g

Наименование элемента / Element name	Группы животных / Animal groups		
	1	2	3
Медь / Copper	0,26±0,041	0,21±0,03	0,22±0,036
Железо / Iron	0,59±0,142	0,61±0,139	0,60±0,140
Йод / Iodine	0,41±0,079	0,42±0,081	0,42±0,075
Фтор / Fluorine	0,18±0,026	0,17±0,024	0,18±0,022
Цинк / Zinc	2,46±0,371	2,44±0,362	2,47±0,288

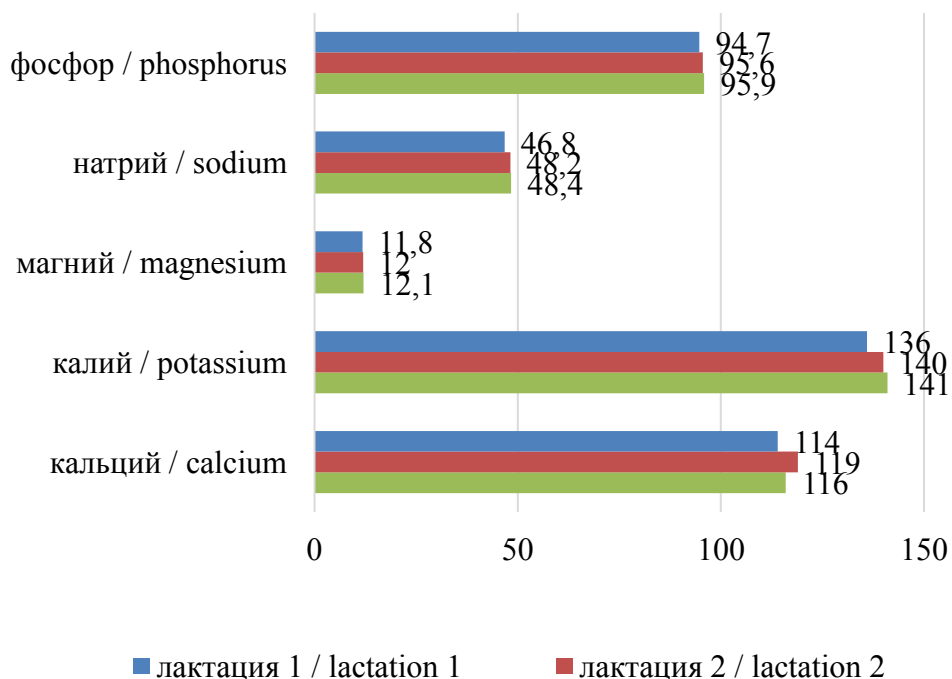


Рисунок 4 – Макроэлементный состав молока коров, мг/100 г продукта
Figure 4 – Macroelement composition of cow's milk, mg/100 g of product

Полученные данные свидетельствуют о стабильно высоком количестве минеральных веществ в молоке животных на разных стадиях лактации. Преобладающими в содержании макроэлементов являются калий и кальций, в микроэлементах – цинк, железо, йод, имеющие незначительную тенденцию к повышению на последующих сроках лактации. Данный факт, очевидно, связан с индивидуальными особенностями обмена веществ животных, сезонными колебаниями качества кормов, а также избирательностью перехода минеральных веществ из крови животного в молоко.

Важным показателем при оценке продуктивности коров является скорость молокоотдачи. В 1 группе животных данный показатель варьировал от 2,22 до 3,67 кг/мин., (среднее значение 2,95 кг/мин.); во второй группе – от 1,8 до 4,05 кг/мин. (среднее значение 2,93 кг/мин.) и в третьей – от 2,19 до 4,09 кг/мин. (среднее значение 3,14 кг/мин.). Наивысшее значение показателя «скорость молокоотдачи» установлено в 3 опытной группе, что свидетельствует о наибольшем количестве выдоенного молока в первые минуты доения и достаточной приспособленности животных к условиям машинного доения.

Заключение. Результаты проведенных исследований подтверждают изменчивость показателей продуктивности и качества получаемого молока при разных лактациях. Наибольший удой получен от коров второй лактации, на 7,4% превышающий аналогичный показатель за первую лактацию. Наименьший результат зафиксирован в третьей лактации, что на 27,5% ниже показателя второй. При оценке качественных показателей молока коров не отмечено четкой динамики изменения отдельных компонентов по периодам лактации, однако преобладающими являются значения, полученные в третью лактацию.

Показатели аминокислотного состава молока имели незначительные отклонения параметров в разные периоды лактации. Установлено повышение содержания незаменимых аминокислот на 1,2% в молоке животных третьей лактации. При сравнении аминокислотных составов молока отмечено, что наиболее подвержены лактационным изменениям такие аминокислоты, как фенилаланин, лизин, изолейцин, содержание которых увеличилось в среднем на 1,7-4,1%. Результаты исследований жирнокислотного состава молока разных периодов лактации свидетельствуют о его стабильности в разные периоды. Стабильность показателей аминокислотного состава молока связана с полноценностью рационов кормления животных, а также их индивидуальными особенностями.

По содержанию макро- и микроэлементов в молоке коров разных лактаций отмечены близкие значения. Незначительную тенденцию к повышению во вторую и третью лактацию имели такие минеральные вещества, как калий, кальций, цинк, железо и йод.

Conclusions. The results of the studies confirm the variability of the indicators of productivity and quality of the milk obtained at different lactations. The highest milk yield was obtained from cows of the second lactation, 7.4% higher than the same indicator for the first lactation. The lowest result was recorded in the third lactation, which is 27.5% lower than the first. When assessing the quality indicators of cows' milk, there was no clear dynamics of changes in individual components by lactation periods, but the values obtained in the third lactation are predominant.

The indicators of the amino acid composition of milk had slight deviations in the parameters in different periods of lactation. An increase in the content of essential amino acids by 1.2% in the milk of animals of the third lactation was established. When comparing the amino acid compositions of milk, it was noted that such amino acids as phenylalanine, lysine, isoleucine are most susceptible to lactational changes, the content of which increased by an average of 1.7-4.1%. The results of studies of the fatty acid composition of milk during different periods of lactation indicate its stability in different periods. The stability of the indicators of the amino and fatty acid composition of milk is associated with the completeness of animal feeding rations, as well as their individual characteristics.

In terms of the content of macro- and microelements in the milk of cows of different lactations, similar values were noted. Minerals such as potassium, calcium, zinc, iron and iodine had a slight tendency to increase in the second and third lactations.

Библиографический список

1. Назарченко О. В., Русанов А. Н. Реализация потенциала коров голштинской породы различных генераций по продуктивным качествам. Главный зоотехник. – 2021. – № 12(221). – С. 28-35. – DOI 10.33920/sel-03-2112-03.
2. Санганаева А. В., Склярская Т. В. Молочная продуктивность и воспроизводительные качества коров разного возраста. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 57. С. 71-79.
3. Горлов И. Ф. и др. Особенности производства молока коров красной степной породы при использовании лактулозосодержащих кормовых добавок. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 2(74). С. 164-170. DOI 10.32786/2071-9485-2024-02-19.

4. Gorlov I. F. et al. New synbiotic-mineral complex in lactating cows' diets to improve their productivity and milk composition. *Iranian Journal of Applied Animal Science*. 2020. Vol. 10, No. 1. P. 31-43.
5. Горлов И. Ф. и др. Эффективность использования новой кормовой добавки в поздний сухостойный период коров. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2023. No 1(69). С. 322-332. DOI 10.32786/2071-9485-2023-01-346.
6. Зернина С. Г., Склярская Т. В., Сафронов С. Л. Сравнительная характеристика молочной продуктивности коров разного возраста в хозяйствах Новгородской области. Сборник научных трудов международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов: «Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК». Санкт-Петербург, 2016. С. 128-130.
7. Зернина С. Г. Сравнительный анализ молочной продуктивности коров разного происхождения и долголетия. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции: «Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения». Санкт-Петербург, 2020. С. 192-196.
8. Балласов У. Ш., Аширов М. И., Фаттаева У. Продуктивные качества коров голштинской породы в зависимости от различных факторов в условиях Узбекистана. *Life Sciences and Agriculture*. 2021. No 1(5). С. 129-134. DOI 10.24411/2181-0761/2021-10026.
9. Филинская О. В., Ивачкина О. В. Характеристика показателей лактации коров ярославской породы. *Вестник АПК Верхневолжья*. 2017. No 4 (40). С.12-16.
10. Темирдашева К. А., Гукежев В. М. Лактационная деятельность. *Вестник ОрелГАУ*. 2016. No 3(60). С. 19-22.
11. Пристач Н. В., Пристач Л. Н. Современные проблемы нормированного питания высокопродуктивного молочного скота. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2018. No 4. С. 186-191.
12. Пузанкова В. А. и др. Влияние новой кормовой добавки «КД-Биш» в рационе высокопродуктивных коров на качество кисломолочных продуктов для детского питания. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2024. No 4(76). С. 287-295. DOI 10.32786/2071-9485-2024-04-31.
13. Иванова И. П. Селекционно-генетические параметры в селекции молочного скота. *Молочно-хозяйственный вестник*. 2021. No 3(43). С. 59-67.

References

1. Nazarchenko O. V., Rusanov A. N. Realization of the potential of Holstein cows of various generations in terms of productive qualities. *Chief Animal Technician*. 2021. No 12(221). Pp. 28-35. DOI 10.33920/sel-03-2112-03
2. Sanganaeva A. V., Sklyarskaya T. V. Milk productivity and reproductive qualities of cows of different ages. *Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University*. 2019. No. 57. Pp. 71-79.
3. Gorlov I. F. et al. Features of milk production of cows of the red steppe breed using lactose-containing feed additives. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education*. 2024. No. 2(74). Pp. 164-170. DOI 10.32786/2071-9485-2024-02-19.
4. Gorlov I. F. et al. New synbiotic-mineral complex in lactating cows' diets to improve their productivity and milk composition. *Iranian Journal of Applied Animal Science*. 2020. Vol. 10, No. 1. P. 31-43.
5. Gorlov I. F. et al. The efficiency of using a new feed additive in the late dry period of cows. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education*. 2023. No. 1(69). Pp. 322-332. DOI 10.32786/2071-9485-2023-01-34
6. Zernina S. G., Sklyarskaya T. V., Safronov S. L. Comparative characteristics of dairy productivity of cows of different ages in the farms of the Novgorod region. *Collection of scientific papers of the international scientific and practical conference of young scientists and students: "The role of young scientists in solving the actual tasks of the agroindustrial complex"*. St. Petersburg, 2016. Pp. 128-130.
7. Zernina S. G. Comparative analysis of dairy productivity of cows of different origin and longevity. *Collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference: "Scientific support for the development of agriculture in the context of import substitution"*. St. Petersburg, 2020. Pp. 192-196.
8. Ballasov U. S., Ashirov M. I., Fattayeva U. Productive qualities of Holstein cows depending on various factors in the conditions of Uzbekistan. *Life Sciences and Agriculture*. 2021. No. 1(5). Pp. 129-134. DOI 10.24411/2181-0761/2021-10026.
9. Filinskaya O. V., Ivachkina O. V. Characteristics of lactation indicators of Yaroslavl breed cows. *Bulletin of the agroindustrial complex of the Upper Volga region*. 2017. No. 4 (40). Pp.12-16.
10. Temirdasheva K. A., Gukezhnev V. M. Lactation activity. *Bulletin of the Orel SAU*. 2016. No. 3(60). Pp. 19-22.
11. Priestach N. V., Priestach L. N. Modern problems of normalized nutrition of highly productive dairy cattle. *Issues of Regulatory Regulation in Veterinary Medicine*. 2018. No. 4. Pp.186-191.
12. Puzankova V. A. et al. The effect of the new feed additive "KD-Bish" in the diet of highly productive cows on the quality of fermented dairy products for children's nutrition. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education*. 2024. No. 4(76). Pp. 287-295. DOI 10.32786/2071-9485-2024-04-31.
13. Ivanova I. P. Selection and genetic parameters in dairy cattle breeding. *Dairy and Economic Bulletin*. 2021. No. 3(43). Pp. 59-67.

Информация об авторах

Сложенкина Марина Ивановна, директор ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), профессор кафедры «Технологии пищевых производств» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, д. 28); член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, ORCID:0000-0001-9542-5893, e-mail: niimpr@mail.ru

Горлов Иван Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), заведующий кафедрой «Технология пищевых производств» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28) ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Кудряшова Ольга Владимировна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6).

Антипова Татьяна Алексеевна, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (Российская Федерация, 400066, Волгоградская обл., г. Волгоград, ул. имени Маршала Рокоссовского, 6).

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), e-mail: esvoronts@mail.ru

Пузанкова Вера Александровна, соискатель, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Мосолова Наталья Ивановна, главный научный сотрудник, комплексная аналитическая лаборатория, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (Российская Федерация, 400066, Россия, Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6559-6595>, e-mail: natali.niimmp@yandex.ru

Брехова Светлана Андреевна, младший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), e-mail: sveta511518@mail.ru

Author's Information

Slozhenkina Marina Ivanovna, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Director of the Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), Professor of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), ORCID: 0000-0001-9542-5893, e-mail: niimmp@mail.ru

Gorlov Ivan Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director of the Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), Head of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Kudryashova Olga Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6).

Antipova Tatiana Alekseevna, Doctor of Biological Sciences, Senior Research Fellow, Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6).

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Volga Region Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Puzankova Vera Aleksandrovna, Applicant, 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

Mosolova Natalia Ivanovna, Chief Researcher, Complex Analytical Laboratory, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6559-6595>, e-mail: natali.niimmp@yandex.ru;

Brekhova Svetlana Andreevna, Junior Researcher, Volga Region Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), e-mail: sveta511518@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-23

HEMATOLOGICAL INDICES OF LABORATORY ANIMALS USING REVINORM DRUG UNDER CONDITIONS OF ACUTE HYPERTHERMIA

Kuzminova E. V., Semenenko M. P., Dolgov E. P., Abramov A. A.

*Krasnodar Scientific Center for Animal Husbandry and Veterinary Medicine
Krasnodar, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: labfarm2017@mail.ru

Received 01.10.2024

Submitted 30.10.2024

Summary

The article presents the results of a model experiment. The results of the preclinical study showed that the revinorm has a pronounced pharmacological activity in experimental heat stroke in laboratory rats, which is manifested by an increase in the survival of rodents, a decrease in the clinical severity of acute hyperthermia and pathological changes in blood indicators. Experimental data confirm the appropriateness of the use of a revinorm with the development of a thermal blow in animals due to the inevitable hyperthermia, which will develop indications for the use of the drug in veterinary medicine.

Abstract

Introduction. The relevance of the conducted research is due to the need to develop effective veterinary drugs, the pharmacological action of which will increase the resistance of animals to the effects of high ambient temperatures. **The object of the research** is the drug revinorm, which includes active substances with antipyretic, antioxidant, antihypoxic, nootropic and hepatoprotective activity, as well as regulators of acid-base and water-salt balance. **The aim of the research** is to study the effect of the drug revinorm on hematological indices of laboratory animals under conditions of acute hyperthermia. **Materials and methods.** When modeling heat stroke, 4 groups of nonlinear rats were formed, 10 individuals in each. Groups 1 and 2 were experimental (for heat stroke, they received the drug revinorm in different doses), group 3 served as a control (during heat stroke, they did not receive treatment), and group 4 consisted of intact healthy rats kept in vivarium conditions without experimental effects. **Results and Conclusions.** The results of preclinical studies have shown that revinorm has pronounced pharmacological activity in experimental heat stroke in laboratory rats, which is manifested by an increase in the survival rate of rodents, a decrease in the clinical severity of acute hyperthermia and pathological changes in blood parameters (leukocytes, platelets, erythrocytes and hemoglobin). An effective dose of revinorm was determined to be 0.6 g/kg of body weight, which serves as a justification for the stage of clinical trials of the drug on productive animals under heat stress.

Keywords: laboratory rats, rat haematological parameters, experimental heat stroke, acute hyperthermia, animal hyperthermia.

Citation. Kuzminova E. V., Semenenko M. P., Dolgov E. P., Abramov A. A. Hematological indices of laboratory animals using revinorm drug under conditions of acute hyperthermia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 222-230 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-23.

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 619:615.4/615.076.9

**ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРЕПАРАТА РЕВИНОРМ
В УСЛОВИЯХ ОСТРОГО ГИПЕРТЕРМИРОВАНИЯ**

Кузьминова Е. В., доктор ветеринарных наук, доцент
Семенов М. П., доктор ветеринарных наук, доцент
Долгов Е. П., кандидат ветеринарных наук
Абрамов А. А., кандидат ветеринарных наук

ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии»
г. Краснодар, Российская Федерация

Актуальность проведенного исследования обусловлена необходимостью разработки эффективных ветеринарных препаратов, фармакологическое действие которых повысит устойчивость животных к действию высокой температуры окружающей среды. **Объект исследований** – препарат ревинорм, включающий действующие вещества с антипиретической, антиоксидантной, антигипоксантной, ноотропной и гепатопротекторной активностью, а также регуляторы кислотно-щелочного и водно-солевого баланса. **Цель работы** – изучение влияния препарата ревинорм на гематологические показатели лабораторных животных в условиях острого гипертермирания. **Материалы и методы.** При моделировании теплового удара сформировали 4 группы нелинейных крыс по 10 особей в каждой. Группы 1 и 2 были опытными (при тепловом ударе получали препарат ревинорм в разных дозах), группа 3 – служила контролем (при тепловом ударе лечение не получала), а группа 4 состояла из интактных здоровых крыс, находящихся в условиях вивария без экспериментальных воздействий. **Результаты и выводы.** Результатами доклинического исследования показано, что ревинорм обладает выраженной фармакологической активностью при экспериментальном тепловом ударе у лабораторных крыс, что проявляется повышением выживаемости грызунов, снижением клинической выраженности острой гипертермии и патологических изменений в показателях крови (лейкоцитах, тромбоцитах, эритроцитах и гемоглобине). Определена эффективная доза ревинорма, составившая 0,6 г/кг массы тела, что служит обоснованием для этапа клинических испытаний препарата на продуктивных животных при тепловом стрессе.

Ключевые слова: лабораторные крысы, гематологические показатели крыс, экспериментальный тепловой удар, острая гипертермия, гипертермия животных.

Цитирование. Кузьмина Е. В., Семененко М. П., Долгов Е. П., Абрамов А. А. Гематологические показатели лабораторных животных при использовании препарата ревинорм в условиях острого гипертермирования. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 222-230. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-23.

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. С середины XIX века деятельность человека привела к увеличению содержания парниковых газов в атмосфере Земли, что повлияло на повышение средней глобальной температуры. Особое значение для человечества имеет тот факт, что средняя температура приземного воздуха над сушей растёт примерно в два раза быстрее, чем над океанами. Изменение климата повлекло за собой развитие более интенсивных и продолжительных периодов экстремальной жары или волн тепла, определяемых как несколько последовательных аномально жарких дней. Экстремальная жара может привести к тепловому удару и даже к летальному исходу как у человека, так и у животных. Волны тепла являются существенным фактором риска для здоровья сельскохозяйственных животных, поскольку в такие периоды заболеваемость и смертность поголовья существенно возрастают, а показатели продуктивности и воспроизводства, наоборот, снижаются [1, 2, 3].

К нарушениям теплового баланса организма относят тепловой стресс, тепловой удар, гипертермию и другие патологические состояния. Тепловой стресс – это результат дисбаланса между притоком тепла из окружающей среды и его выделением организмом. Тепловой удар – состояние гипертермии, вызванное интенсивным тепловым воздействием и сопровождающееся нарушением деятельности различных органов и систем. Так, при тепловом ударе, связанном с нахождением животного в условиях сильной жары, патологические изменения в организме нарастают стремительно и во многих случаях необратимо. При неблагоприятном течении теплового удара и отсутствии своевременной квалифицированной помощи возможен летальный исход, который возникает вследствие сердечно-сосудистой и дыхательной недостаточности [4, 5, 6, 7].

В современном молочном скотоводстве данная проблема усугубляется тем, что высокое напряжение обменных процессов у дойных коров на фоне синтеза значительно большего, чем эволюционно заложенная физиологическая норма объема вырабатываемого молока, сопровождается снижением общей резистентности, нарушением физиологических функций и повышенной чувствительностью животных к воздействию негативных факторов окружающей среды [8, 9].

С учетом вышеизложенного, разработка эффективных ветеринарных препаратов, фармакологическое действие которых повысит устойчивость животных к действию высокой температуры окружающей среды, является актуальным направлением ветеринарной фармакологии.

В ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» осуществлена фармацевтическая разработка препарата ревинорм, предназначенного для купирования острого теплового стресса / теплового удара у животных. В комплексный препарат включены фармакологические средства из числа антипиретиков, антиоксидантов, антигипоксантов, регуляторов кислотно-щелочного и водно-солевого баланса, дезинтоксикантов, ноотропов и гепатопротекторов [10].

Целью настоящего исследования явилось изучение влияния препарата ревинорм на гематологические показатели лабораторных животных в условиях острого гипертермирования.

Объект исследования – препарат ревинорм, который в качестве действующих веществ содержит полигидроксифенилен, магния сульфат, калия хлорид, бетаин, аммония сукцинат, натрия салицилат, натрия хлорид, натрия бикарбонат и глюкозу. Ревинорм имеет лекарственную форму порошка для приготовления раствора для приема внутрь.

Материалы и методы. Исследования выполнены в Краснодарском научно-исследовательском ветеринарном институте – обособленном структурном подразделении ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии». Дизайн эксперимента на лабораторных животных соответствовал требованиям действующих международных и

российских законодательных актов (Директива 2010/63/EU от 22.09.2010; Европейской конвенции (ETS123), Strasbourg, 1986), а также был согласован и одобрен комиссией по вопросам биоэтики ФГБНУ КНЦЗВ.

Для моделирования острого теплового стресса сформировали 4 группы нелинейных крыс с массой тела в диапазоне 210-225 г по 10 особей в каждой. Группы 1 и 2 были опытными (при тепловом ударе получали препарат ревинорм в разных дозах), группа 3 – служила контролем (при тепловом ударе лечение не получала), а группа 4 состояла из интактных здоровых крыс, находящихся в условиях вивария без экспериментальных воздействий. В основное время грызуны содержались в виварии института, где температура воздуха в помещениях составляла 22-24 °С при относительной влажности 45-60 %.

Крысы из опытных и контрольной групп подвергались острому тепловому воздействию, для чего животных помещали в пластиковые прозрачные контейнеры, которые устанавливались под прямыми солнечными лучами при основных метеорологических параметрах – ясно, температура в тени 37,1 °С, на солнце 43-45 °С, относительная влажность 19%, атм. давление 759 мм рт. ст., УФ-индекс 8, магнитный шторм уровня G1. Временной диапазон острого термирования, составивший 35 минут, основывался на наблюдении за клиническим состоянием животных при контроле ректальной температуры – процедуру заканчивали при увеличении температуры тела, близкой к 42 °С.

При появлении первых клинических признаков острого теплового перегрева, проявившихся через 8-10 минут от начала экспозиции, крысам в 1 и 2 опытных группах применялся препарат ревинорм – в форме водного раствора при принудительном пероральном введении в дозах: в 1 опытной группе – 0,4 г/кг массы тела; во 2 опытной группе – 0,6 г/кг массы тела. Грызуны из 3 контрольной группы при тепловом ударе лечения не получали. За всеми животными вели клинические наблюдения, при этом у 5 крыс из каждой группы спустя 2 часа после завершения клинической части эксперимента отбиралась кровь для гематологических исследований, которые были проведены при помощи анализатора «Mythic 18 vet». Морфологические изменения клеток оценивали в окрашенных по Романовскому-Гимзе мазках крови.

Полученные лабораторные данные были подвергнуты статистической обработке с помощью программного пакета *Statistica 10.0* с определением: *M* – среднее арифметическое; *m* – ошибка среднего арифметического; уровень достоверности различий показателей по группам.

Результаты и обсуждение. В результате проведенных исследований установлено, что в контрольной группе через 15 минут от начала экспозиции у крыс наблюдались выраженные клинические признаки теплового удара – беспокойство, учащенное дыхание, выраженная саливация, животные стали передвигаться, прижавшись к подстилке животом с проявлением маятникообразной двигательной реакции. Спустя 18 минут 6 грызунов из 10 лежали на животе, проявилось выделение порфирина в области глазниц и носовых отверстий, а через 25 минут у некоторых появились судороги, с последующим отсутствием двигательной активности. Регистрировалось поверхностное учащенное дыхание, повышение температуры тела, выделение кровавого экссудата в области глазниц и носовых отверстий. В течение 35 минут гипертермирования и в последующий час зафиксирован летальный исход у 4 животных. В течение первых суток наблюдения пали еще 3 крысы. В целом за период опыта выживаемость крыс по контрольной группе составила 30%.

В 1 опытной группе при дозировке препарата ревинорм 0,4 г/кг массы тела у крыс выраженные клинические признаки теплового удара проявились через 18 минут от начала гипертермирования (беспокойство, учащенное дыхание и обильная саливация), через 20 минут регистрировалось передвижение грызунов ползком на животе с покачиваниями, а через 30 минут у 20% особей появились судороги и выделение порфирина в области глазниц и носовых отверстий. У остальных крыс из группы судорог не было, но наблюдались симптомы теплового удара – обильная саливация и повышение температуры тела. В течение 90 минут после завершения эксперимента зафиксирован летальный исход у 2 животных, а в течение следующих суток пала еще 1 крыса. В целом за период опыта выживаемость грызунов по 1 опытной группе составила 70%.

Во 2 опытной группе при дозировке препарата ревинорм 0,6 г/кг массы тела у крыс выраженные клинические признаки теплового удара проявились через 20 минут от начала гипертермизации (сильное беспокойство и учащенное дыхание), через 25 минут проявилась саливация и передвижение ползком на животе с покачиваниями, а у некоторых особей – судороги. В течение последующих 36 часов фиксировалось ослабление симптоматики теплового стресса. Спустя двое суток клиническое состояние грызунов не отличалось от интактных аналогов. В течение первых 6 часов после гипертермизации зафиксирована гибель 1 животного и в целом за период опыта выживаемость крыс по 2 опытной группе составила 90%.

Результаты изучения влияния препарата ревинорм на гематологические показатели лабораторных крыс условиях острого гипертермизации представлены на рисунке 1.

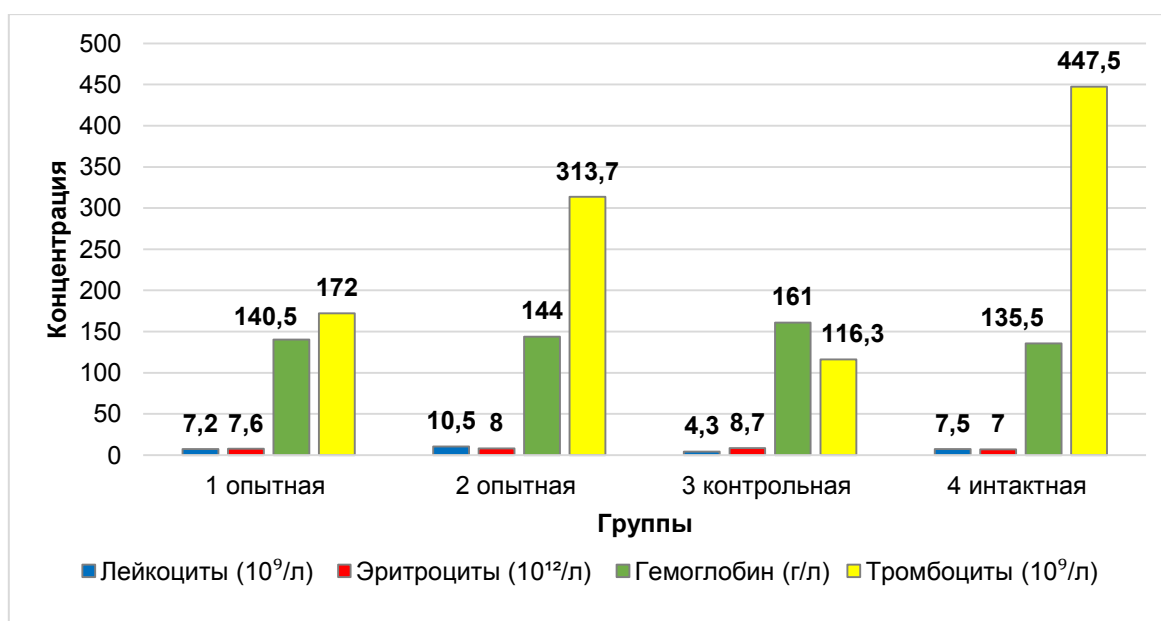


Рисунок 1 – Влияние препарата ревинорм на гематологические показатели лабораторных крыс условиях острого гипертермизации ($M \pm m$; $n=5$)

Figure 1 – Influence of the drug revinorm on the hematological indicators of laboratory rats of acute hyperthermia conditions ($M \pm m$; $n=5$)

Анализ этих данных показал, что при тепловом ударе в крови лабораторных животных наблюдались существенные изменения в уровне лейкоцитов. Так, у крыс контрольной группы зарегистрирована лейкопения и относительно интактных животных показатели клеток белой крови были достоверно ниже на 74,4% ($p \leq 0,01$). Это можно объяснить тем, что влияние экстремально высоких температур приводит к некрозу и фрагментации ядер и самих клеток в целом, кроме того, происходит нарушение работы красного костного мозга. Применение ревинорма с целью купирования теплового удара позволило увеличить количество лейкоцитов в крови грызунов при разнице с 3 контрольной группой: в 1 опытной группе – в 1,67 раз ($p \leq 0,05$); во 2 опытной группе – в 2,44 раза ($p \leq 0,01$).

У крыс 3 контрольной и 1 опытной групп выявлена тромбоцитопения, при этом концентрация тромбоцитов относительно интактных животных была ниже в контроле – в 3,9 раза ($p \leq 0,05$), и в 1 опытной группе – в 2,6 раз ($p \leq 0,05$). Во 2 опытной группе показатель тромбоцитов соответствовал референсным значениям и был ниже на 29,9% ($p \leq 0,01$) относительно интактных крыс и на 169,7% ($p \leq 0,05$) выше данных контроля. Значительное снижение уровня тромбоцитов обусловлено острым воздействием высоких температур на кроветворную систему животных, приведшее к нарушениям первичного гемостаза организма, что соответствует развившемуся у крыс синдрому диссеминированного внутрисосудистого свертывания, хорошо известному осложнению при тяжелом тепловом ударе. Микроскопически тромбоцитопения проявлялась за счет агрегации и разрушения кровяных пластинок. Так как агрегация тромбоцитов в норме – это естественная реакция организма на повре-

ждение сосудистой стенки, то в условиях острого гипертермизирования данные изменения являются не только показателем повреждения стенок сосудов, но и свидетельствуют о нарушениях в сосудисто-тромбоцитарной фазе гемостаза. Стоит отметить наличие в мазках экспериментальных крыс агрегации тромбоцитов с моноцитами, что также является характерным признаком острой гипертермии.

Уровень гемоглобина и эритроцитов в опытных и контрольной группах находился в пределах диапазона нормы, однако был выше значений интактных животных: разница по гемоглобину в 1 опытной группе составила 3,4%, во 2 опытной группе – 6,3% и в контрольной группе – 18,8 %; разница по эритроцитам составила в 1 опытной группе – 8,6%, во 2 опытной группе – 14,3% и в контрольной группе – 24,2% ($p \leq 0,05$). В лейкоформуле значительных сдвигов не наблюдалось, процентное соотношение лимфоцитов, моноцитов, базофилов и эозинофилов оставалось у всех крыс, участвующих в эксперименте, в пределах допустимых значений.

При оценке морфологических показателей нейтрофилов были установлены изменения в ядрах клеток в виде ботриодных сегментов гранулоцитов и зубчатость ядер у агранулоцитов (рисунок 2), нормальные ядра нейтрофилов у крысы представлены на рисунке 3.

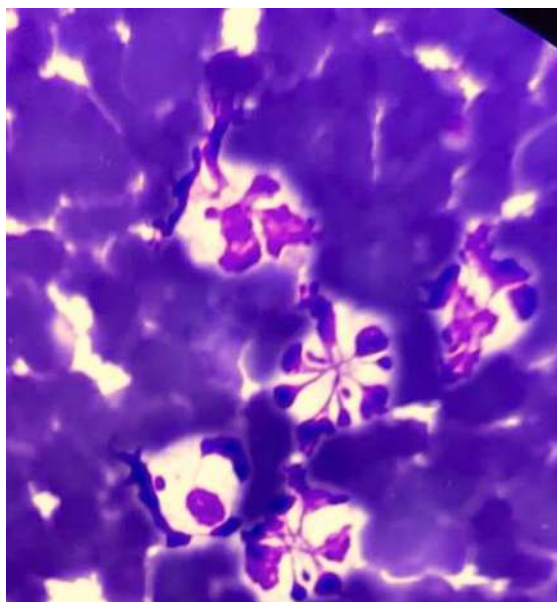


Рисунок 2 – Ботриодные ядра нейтрофилов у крысы (выраженная сегментация ядер в виде лепестков, идущих от центра к периферии)

Окраска по Романовскому-Гимзе, окуляр x 10, объектив x 100

Figure 2 – Botrioid nuclei of neutrophils in rat (severe segmentation of nuclei in the form of petals coming from the center to the periphery)

Coloring according to Romanovsky-Gimza, okular x 10, lens x 100

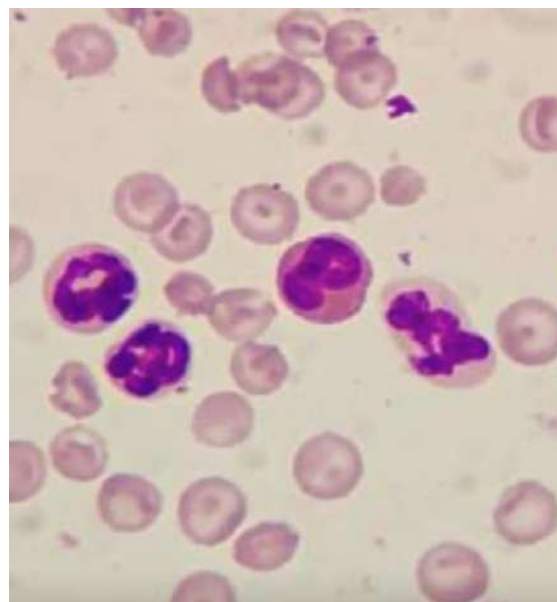


Рисунок 3 – Нормальные ядра нейтрофилов у крысы

Figure 3 – Normal neutrophil nuclei in rat

Данное состояние ядер клеток под влиянием высоких температур предшествует их кариорексису и некрозу. При подсчете нейтрофилов с деформированными ядрами в 1 опытной группе обнаружено 4-7 клеток не в каждом поле зрения, во 2 опытной группе – 6-8 клеток не в каждом поле зрения, а в контрольной группе – 8-9 клеток в каждом поле зрения.

Выявленные патологические сдвиги можно объяснить тем, что под действием высоких температур происходит естественная денатурация белка, входящего в состав всех клеток организма. Это способствует целому каскаду воспалительных реакций в организме крыс, так как эндотелиальное повреждение сосудов высокими температурами приводит к повышенной коагулопатии в виде массивных сгустков тромбоцитов и агрегации других кровяных клеток, что подтверждается полученными результатами анализа крови в виде тром-

боцитопении и лейкопении. Кроме того, высокие температуры вызывают повреждение и гибель клеток. Наркотизированные клетки выделяют алармины, которые приводят к системному воспалению и активируют нейтрофилы, моноциты и тромбоциты. Впоследствии активированные иммунные клетки и провоспалительные цитокины повреждают эндотелий сосудов и приводят к нарушениям микроциркуляции. Установленные в нашем исследовании изменения гематологических показателей лабораторных крыс в условиях острого гипертермического воздействия согласуются с научными работами, в которых показано, что воздействие высокой температуры играет важную роль в усилении адгезии и агрегации тромбоцитов, а также в формировании гиперкоагуляционного сдвига в системе гемостаза. Наличие бластных лимфоцитов и гиперсегментированных нейтрофилов относится к характеристикам мазка периферической крови при тяжелом тепловом ударе [11, 12, 13].

Заключение. Тепловой удар может являться причиной заболеваемости и смертности животных во время волн тепла. Экстремально высокие температуры приводят к повреждению большинства клеточных структур организма и их функций, что может провоцировать гибель клеток в результате некроза. Воздействие гипертермического стресс-фактора на организм запускает триаду экстренных адаптивных реакций: 1) поведенческая – «уход» от действия теплового фактора; 2) активизация теплоотдачи и снижение теплопродукции; 3) стресс-реакция. Как правило, данные реакции препятствуют перегреванию организма и нарушению его жизнедеятельности, но нередко выраженность компенсаторных механизмов оказывается недостаточной, что сопровождается перенапряжением и срывом системы терморегуляции организма и развитием теплового стресса [14, 15].

Возможность повышения устойчивости организма животных к внешней высокой температуре с помощью фармакологических средств относится к перспективным направлениям ветеринарной медицины. Разработанный препарат ревинорм предназначен для купирования острого теплового стресса / теплового удара у животных. Результаты проведенного доклинического исследования показано, что ревинорм обладает выраженной фармакологической активностью при экспериментальном тепловом ударе у лабораторных крыс, что проявляется повышением выживаемости грызунов, снижением клинической выраженности острой гипертермии и патологических изменений в показателях крови. Определена эффективная доза ревинорма, составившая 0,6 г/кг массы тела, что служит обоснованием для этапа клинических испытаний препарата на продуктивных животных при тепловом стрессе. Экспериментальные данные подтверждают целесообразность применения ревинорма при развитии теплового удара у животных вследствие неизбежной гипертермии, что позволит разработать показания к применению препарата в ветеринарии.

Conclusions. Thermal blow can cause the incidence and mortality of animals during heat wave. Extremely high temperatures lead to damage to most cellular structures of the body and their functions, which can provoke the death of cells as a result of necrosis. The effect of a hyperthermic stress factor on the body launches a triad of emergency adaptive reactions: 1) behavioral – “escape” from the action of the thermal factor; 2) the activation of heat transfer and a decrease in thermal products; 3) stress reaction. As a rule, these reactions are combated to overheating of the body and a violation of its vital activity, but it is not the severity of compensatory mechanisms that is insufficient, which is accompanied by overstrain and disruption of the thermoregulation system, and the development of thermal stress [15, 16].

The possibility of increasing the stability of the body of animals to external high temperatures using pharmacological agents belongs to promising areas of veterinary medicine. The developed drug revinorm is designed to stop acute thermal stress / thermal blow in animals. The results of the preclinical study showed that the revinorm has a pronounced pharmacological activity in experimental heat stroke in laboratory rats, which is manifested by an increase in the survival of rodents, a decrease in the clinical severity of acute hyperthermia and pathological changes in blood indicators. An effective dose of the revinorm was determined, which was 0.6 g/kg of body weight, which serves as a justification for the stage of clinical testing of the drug for productive animals with thermal stress. Experimental data confirm the appropriateness of the use of a revinorm with the development of a thermal blow in animals due to the inevitable hyperthermia, which will develop indications for the use of the drug in veterinary medicine.

Библиографический список

1. Rossati A. Global Warming and Its Health Impact. *Int J. Occup Environ Med.* 2017. № 1. Pp. 7-20.
2. Папцов А. Г., Шеламова Н. А. Глобальная продовольственная безопасность в условиях климатических изменений: монография. М.: РАН, 2018. 132 с.
3. Kiasi M., Amiresmaili M., Mahmoodi M. R. et al. Heat waves and adaptation: A global systematic review. *Therm Biol.* 2023. № 116. P. 103588.
4. Белоусов А. И., Шкуратова И. А., Красноперов А. С. и др. Влияние теплового стресса на коров в сухостойный и послеродовой период. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет).* 2022. № 3 (64). С. 93-101.
5. Агеев Ф. Т., Свирида О. Н., Смирнова М. Д. Влияние волн жары на здоровье населения. *Кардиологический вестник.* 2013. Т. 8. № 1 (20). Ч. 1. С. 61-67.
6. Бондарь М. В., Пилипенко М. Н., Овсиенко Т. В., Невмержицкий И. М. Гипертермические синдромы: этиология, патогенез, диагностика и интенсивная терапия. *Медицина неотложных состояний.* 2018. № 2 (89). С. 7-16.
7. Кузьмичев Д. Е., Скребов Р. В., Мисников П. В., Вильцев И. М. Тепловой удар. *Здравоохранение Югры: опыт и инновации.* 2022. № 4 (33). С. 26-28.
8. Романек Е. А. Тепловой удар у животных. *Ветеринарный Петербург.* 2022. № 3-4. <https://www.spbvet.info/zhurnaly/3-2022/teplovoy-udar-u-zhivotnykh>.
9. Хромова О. Л., Бургомистрова О. Н. Продолжительность лактации и хозяйственного использования высокопродуктивных коров черно-пестрой породы. *АгроЗооТехника.* 2023. Т. 6. № 2. С. 1-11.
10. Сысуюев В. А., Василенко Т. Ф., Русаков Р. В. Проблемы развития молочного животноводства в России и современные подходы их решения. *Достижения науки и техники АПК.* 2017. № 3. С. 20-23.
11. Кузьминова Е. В., Сампиев А. М., Семенов М. П. и др. Фармацевтическая разработка и доклинические исследования препарата ревинорм. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана.* 2024. Т. 259, № 3. С. 114-120.
12. Iba T., Sawada T., Kondo Y. et al. Morphological Changes in Blood Cells in a Rat Model of Heatstroke: A Pilot Study. *Clin. Med.* 2022. № 11 (16). P. 4821.
13. Ефремов А. В., Пахомова Ю. В., Масютенко А. Е. и др. Изменения эндокринно-метаболических профилей плазмы крови крыс в остром периоде после общей управляемой гипертермии, как проявления синдрома системного воспалительного ответа животного на экстремальное воздействие. *Медицина и образование в Сибири.* 2015. № 3. С. 96.
14. Roberts G. T., Ghebeh H., Chishti M. A. et al. Microvascular injury, thrombosis, inflammation, and apoptosis in the pathogenesis of heatstroke: a study in baboon model. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2008. № 28 (6). Pp. 1130-1136.
15. Николаев В. Ю., Шахматов И. И., Киселёв В. И., Москаленко С. В. Состояние системы гемостаза у крыс в раннем восстановительном периоде после острого однократного общего перегревания. *Фундаментальные исследования.* 2015. № 1 (Ч. 4). С. 805-809.
16. Чернущ В. Е., Зеленкова А. А., Заудинов И. И., Киселев С. А. Состояние системы гемостаза у крыс в остром эксперименте после воздействия водной гипертермии. *Scientist.* 2018. № 1 (1). С. 18.

References

1. Rossati A. Global Warming and Its Health Impact. *Int J. Occup Environ Med.* 2017. № 1. Pp. 7-20.
2. Paptsov A. G., Shelamova N. A. Global food security in conditions of climatic changes: Monograph. M.: RAS, 2018. 132 p.
3. Kiasi M., Amiresmaili M., Mahmoodi M. R. [et al.]. Heat waves and adaptation: A global systematic review. *Therm Biol.* 2023. № 116. P. 103588.
4. Belousov A. I., Shkuratov I. A., Krasnoperov A. S. [et al.]. The influence of heat stress on cows in the dry and postpartum period. *Bulletin of NGAU (Novosibirsk State Agrarian University).* 2022. № 3 (64). Pp. 93-101.
5. Ageev F. T., Svirida O. N., Smirnova M. D. The influence of heat waves on public health. *Cardiological Bulletin.* 2013. Vol. 8. № 1 (20). Part 1. Pp. 61-67.
6. Bondar M. V., Pilipenko M. N., Ovsienko T. V., Nevmerzhitsky I. M. Hyperthermic syndromes: etiology, pathogenesis, diagnostics and intensive therapy. *Emergency Medicine.* 2018. № 2 (89). Pp. 7-16.
7. Kuzmichev D. E., Skrebov R. V., Misnikov P. V., Viltsev I. M. Heat stroke. *Healthcare of Yugra: experience and innovations.* 2022. № 4 (33). Pp. 26-28.
8. Romanek E. A. Heat stroke in animals [Electronic resource] *Journal "Veterinary Petersburg".* 2022. № 3-4. <https://www.spbvet.info/zhurnaly/3-2022/teplovoy-udar-u-zhivotnykh>.
9. Khromova O. L., Burgomistrova O. N. Duration of lactation and economic use of highly productive cows of the black-and-white breed. *Agro-ZooTechnika.* 2023. Vol. 6. № 2. Pp. 1-11.
10. Sysuev V. A., Vasilenko T. F., Rusakov R. V. Problems of development of dairy farming in Russia and modern approaches to their solution. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex.* 2017. № 3. Pp. 20-23.
11. Kuzminova E. V., Sampiev A. M., Semenenko M. P. et al. Pharmaceutical development and preclinical studies of the drug revinorm. *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman.* 2024. Vol. 259, № 3. Pp. 114-120.
12. Iba T., Sawada T., Kondo Y. et al. Morphological Changes in Blood Cells in a Rat Model of Heatstroke: A Pilot Study. *J. Clin Med.* 2022. № 11 (16). P. 4821.
13. Efremov A. V., Pakhomova Yu. V., Masyutenko A. E. et al. Changes in endocrine-metabolic profiles of rat blood plasma in the acute period after general controlled hyperthermia, as manifestations of the syndrome of systemic inflammatory response of an animal to extreme exposure. *Medicine and education in Siberia.* 2015. № 3. P. 96.

14. Roberts G. T., Ghebeh H., Chishti M. A. [et al. Microvascular injury, thrombosis, inflammation, and apoptosis in the pathogenesis of heatstroke: a study in baboon model. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2008. № 28(6). Pp. 1130-1136.

15. Nikolaev V. Yu., Shakhmatov I. I., Kiselev V. I., Moskalenko S. V. State of the hemostasis system in rats in the early recovery period after acute single general overheating. *Fundamental research.* 2015. № 1 (P. 4). P. 805-809.

16. Chernus V. E., Zelenkova A. A., Zaudinov I. I., Kiselev S. A. State of the hemostasis system in rats in an acute experiment after exposure to water hyperthermia. *Scientist.* 2018. № 1 (1). P. 18.

Информация об авторах

Кузьмина Елена Васильевна, доктор ветеринарных наук, доцент, главный научный сотрудник отдела фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (Российская Федерация, 350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия, д. 1), ORCID: 0000-0003-4744-0823, e-mail: niva1430@mail.ru

Семененко Марина Петровна, доктор ветеринарных наук, доцент, заведующая отделом фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (Российская Федерация, 350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия, д. 1), ORCID: 0000-0001-8266-5900, e-mail: sever291@mail.ru

Долгов Евгений Петрович, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник отдела фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (Российская Федерация, 350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия, д. 1), ORCID: 0000-0003-2979-0782, e-mail: edolgov93@mail.ru

Абрамов Андрей Андреевич, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник отдела фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (Российская Федерация, 350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия, д. 1), ORCID: 0000-0002-5839-1281, e-mail: labfarm2017@mail.ru

Author's Information

Kuzminova Elena Vasilievna, Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of the Department of Pharmacology of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Krasnodar Scientific Center for Animal Husbandry and Veterinary Medicine" (Russian Federation, 350004, Krasnodar, 1st Line st., 1), ORCID: 0000-0003-4744-0823, e-mail: niva1430@mail.ru

Semenenko Marina Petrovna, Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Pharmacology of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Krasnodar Scientific Center for Animal Husbandry and Veterinary Medicine" (Russian Federation, 350004, Krasnodar, 1st Line st., 1), ORCID: 0000-0001-8266-5900, e-mail: sever291@mail.ru

Dolgov Evgeny Petrovich, Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher of the Department of Pharmacology of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Krasnodar Scientific Center for Animal Husbandry and Veterinary Medicine" (Russian Federation, 350004, Krasnodar, 1st Line st., 1), ORCID: 0000-0003-2979-0782, e-mail: edolgov93@mail.ru

Abramov Andrey Andreevich, Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher of the Department of Pharmacology of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Krasnodar Scientific Center for Animal Husbandry and Veterinary Medicine" (Russian Federation, 350004, Krasnodar, 1st Line st., 1), ORCID: 0000-0002-5839-1281, e-mail: labfarm2017@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-24

THE USE OF MILK ALBUMIN CONCENTRATE IN FEEDING JUVENILE STURGEON FISH

**Randelin D. A., Agapova V. N., Vorontsova E. S., Kravchenko Yu. V.,
Lipova E. A., Brykhno O. Yu., Agapov S. Yu., Chirskov M. A.**

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: 55avn5@mail.ru

Received 29.10.2024

Submitted 11.12.2024

**The research was carried out within the framework of Research No. 2 dated 03/07/2024 on the topic
"Research on the use of hydrated protein in feeding sturgeon species of fish" Altai-Milk LLC**

Summary

A study conducted on the territory of the Volgograd State Agrarian University in the Center for Breeding of Valuable Sturgeon Breeds on young sterlet studied the effect of milk albumin concentrate introduced into the feed in percentages of 10% and 20%. After analyzing the data obtained, the positive effect of the ingredient on the growth dynamics of juvenile sturgeon of experimental groups was established, namely on: live weight, average daily, absolute, relative gains. It was found that the highest ichthyomass indices were recorded in representatives of experimental 2 and 3 groups. Survival in all groups was 100%.

Abstract

Introduction. One of the ways to reduce the production costs of aquaculture enterprises is to reduce the cost of purchasing high-protein feed, the most expensive component of which is fishmeal. The purpose of the research work is to study the effect of milk albumin concentrate, introduced into feed for hydrobionts to partially replace fishmeal, on the growth and development of sterlet. **Object.** The object of research is a fish of the sturgeon family – sterlet. **Materials and methods.** Research on the effect of milk albumin concentrate on the dynamics of growth, development and preservation of aquatic organisms took place at the Center for Breeding of Valuable Sturgeon Breeds of the Volgograd State Agrarian University. The studied live-

stock was divided into three groups, one control and three experimental. The research was carried out using generally recognized as well as modern methods of ichthyological, zootechnical, physiological, biochemical and chemical research using modern instruments and equipment. **Results and conclusions.** The concentrate of milk albumin injected into feed fed to sterlets grown in installations with a closed water supply cycle contributed to positive results related to the growth, development and survival of sterlets. The results obtained demonstrate the superiority of the 3 and 2 experimental groups over the analogues of the 1 control group in terms of body weight, absolute gain (by 13 g ((13.54%) and 2.53 g (16.32%), respectively), average daily gain (by 0.35 g (83.33%) and 0.07 g (16.67%)) and a relative increase (by 16.38% and 3.16%), which indicates the positive effect of feeding sterlet with compound feeds containing milk albumin concentrate in concentrations of 10% and 20% instead of fish meal. The high safety of individuals in the experimental groups shows the safety of the introduction of the additive in these concentrations. In order to reduce the cost of purchasing high-protein feeds and ingredients for their manufacture, we recommend the introduction of milk albumin concentrate in the feed in proportions of 10% and 20% as a substitute for fishmeal.

Keywords: sturgeon fish, sturgeon feeding, sterlet, milk albumin concentrate, hydrated protein, ichthyomass.

Citation. Randelin D. A., Agapova V. N., Vorontsova E. S., Kravchenko Yu. V., Lipova E. A., Bryukhno O. Yu., Agapov S. Yu., Chirskov M. A. The use of milk albumin concentrate in feeding juvenile sturgeon fish. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 230-237 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-24.

Author's contribution. The team of authors working on this study made a direct contribution to the planning, execution and analytical processing of the results obtained. The co-authors of the submitted article reviewed and approved the proposed final version.

Conflict of interest. The authors claim that there is no conflict of interest.

УДК 639.3.043+636.085.13

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАТА МОЛОЧНОГО АЛЬБУМИНА В КОРМЛЕНИИ МОЛОДИ ОСЕТРОВЫХ РЫБ

Ранделин Д. А., доктор биологических наук, доцент
Агапова В. Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Воронцова Е. С., кандидат биологических наук
Кравченко Ю. В., кандидат сельскохозяйственных наук
Липова Е. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Брюхно О. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Агапов С. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Чирсков М. А., соискатель

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках НИР № 2 от 07.03.2024 г. по теме «Исследование применения гидратированного белка в кормлении осетровых видов рыб» ООО «Алтай-Милк»

Аннотация. Одним из путей сокращения производственных затрат предприятий аквакультуры является снижение стоимости закупки высокобелковых кормов, наиболее дорогим компонентом которых является рыбная мука. Цель проведенной научно-исследовательской работы – изучение влияния концентрата молочного альбумина, вводимого в корма для гидробионтов для частичной замены рыбной муки, на показатели роста и развития стерляди. **Объект.** Объектом исследований является рыба семейства осетровых – стерлядь. **Материалы и методы.** Исследования по изучению влияния концентрата молочного альбумина на динамику роста, развития и сохранность гидробионтов проходили в центре «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет». Исследуемое поголовье было разделено на три группы, одну контрольную и две опытных. Исследования проводились по общепризнанным, а также современным методам ихтиологических, зоотехнических, физиологических, биохимических и химических исследований с использованием современных приборов и оборудования. **Результаты и выводы.** Концентрат молочного альбумина, вводимого в корма, скармливаемые стерляди, выращиваемой в установках, с замкнутым циклом водоснабжения, способствовал положительным результатам, связанным с показателями роста, развития и выживаемости стерляди. Полученные результаты демонстрируют превосходство 3 и 2 опытных групп над аналогами 1 контрольной группы по показателю живой массы, абсолютного прироста (на 13 г ((13,54%) и 2,53 г (16,32%), соответственно), среднесуточного прироста (на 0,35 г (83,33%) и 0,07 г (16,67 %)) и относительного прироста (на 16,38% и 3,16%), что свидетельствует о положительном воздействии кормления стерляди комбикормами, содержащими концентрат молочного альбумина в концентрации 10% и 20% взамен рыбной муки. Высокая сохранность особей в опытных группах показывает безопасность

введения добавки в данных концентрациях. С целью снижения затрат на закупку высокобелковых кормов и ингредиентов для их изготовления рекомендуем ввод в корма концентрата молочного альбумина в пропорциях 10% и 20% в качестве замены рыбной муки.

Ключевые слова: осетровые рыбы, кормление осетровых рыб, стерлядь, концентрат молочного альбумина, гидратированный белок, иктиомасса.

Цитирование. Ранделин Д. А., Агапова В. Н., Воронцова Е. С., Кравченко Ю. В., Липова Е. А., Брюхно О. Ю., Агапов С. Ю., Чирсков М. А. Применение концентрата молочного альбумина в кормлении молоди осетровых рыб. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 230-237. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-24.

Авторский вклад. Коллектив авторов, работающих над данным исследованием, произвел непосредственный вклад в планирование, выполнение и аналитическую обработку полученных результатов. Соавторы представленной статьи ознакомились и утвердили предложенную итоговую версию.

Конфликт интересов. Авторы утверждают, что столкновение интересов отсутствует.

Введение. Для увеличения экономической эффективности предприятий аквакультуры необходимо снижать затраты, связанные с выращиванием рыбы в искусственных условиях. Одним из путей сокращения производственных затрат является снижение стоимости закупки высокобелковых кормов. Наиболее дорогой компонент в аквакормах – рыбная мука.

С целью её замещения специалистами разрабатывается множество идей по использованию нетрадиционных источников нутриентов, а также решений, среди которых, например, применение белковых концентратов на основе растительного сырья, ввод в аквакорма белков микробиального синтеза, белки, получаемые из насекомых и т.д. [3, 4, 5].

Цель работы – изучение влияния концентрата молочного альбумина, вводимого в корма для гидробионтов для частичной замены рыбной муки, на показатели роста и развития стерляди.

Материалы и методы. Научно-хозяйственный опыт был проведен в центре «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО ВолГАУ. Для проведения исследования были сформированы 3 группы стерляди по 100 особей в каждой: 1-я контрольная, а также 2- и 3-опытные группы [1]. Средняя живая масса на начало опыта составляла 80 г., продолжительность исследования 1 месяц.

Контрольной группе скармливался корм на основе рыбной муки, 2 и 3 опытным группам вводились рационы с замещением рыбной муки концентратом молочного альбумина в концентрациях 10 и 20% соответственно.

Все корма были произведены в соответствии с нормами производства кормов для индустриальной аквакультуры. Скармливание аквакормов производилось согласно рекомендациям по кормлению осетровых видов рыб.

Групповые взвешивания осетровых видов рыб позволили в динамике зафиксировать изменения живой массы подопытных гидробионтов, рассчитать абсолютный, относительный и среднесуточный приросты, а также получить данные морфометрических показателей тела.

Кормление подопытных групп стерляди осуществлялось согласно схеме опыта и данные исследования отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта

Table 1 – Scheme of test

Группа / Group	Количество рыб в группе, n / Number of fish in the group, n	Продолжительность опыта, дней / Duration of the experiment, days	Особенности кормления / Feeding features
1 контрольная / 1 control	100	30	основной рацион с рыбной мукой / basic diet with fishmeal
2 опытная / 2 test group	100	30	основной рацион с 10% заменой рыбной муки с концентратом молочного альбумина / basic ration with 10% fishmeal replacement with milk albumin concentrate
3 опытная / 3 test group	100	30	основной рацион с 20% заменой рыбной муки с концентратом молочного альбумина / basic ration with 20% replacement of fishmeal with milk albumin concentrate

Результаты и обсуждение. На протяжении всего опыта наибольшие результаты динамики живой массы наблюдались у подопытных 3-опытной группы, которые получали корма с частичной заменой рыбной муки концентратом молочного альбумина на 20% (рисунок 1). Прирост живой массы в 3-опытной группе на конец исследования достиг 108,5 г, что выше показателя прироста живой массы в 1-контрольной группе на 13,02% или 12,5 г., 2-опытной группы – на 10,15%, или 10,0 г соответственно (рисунок 1).

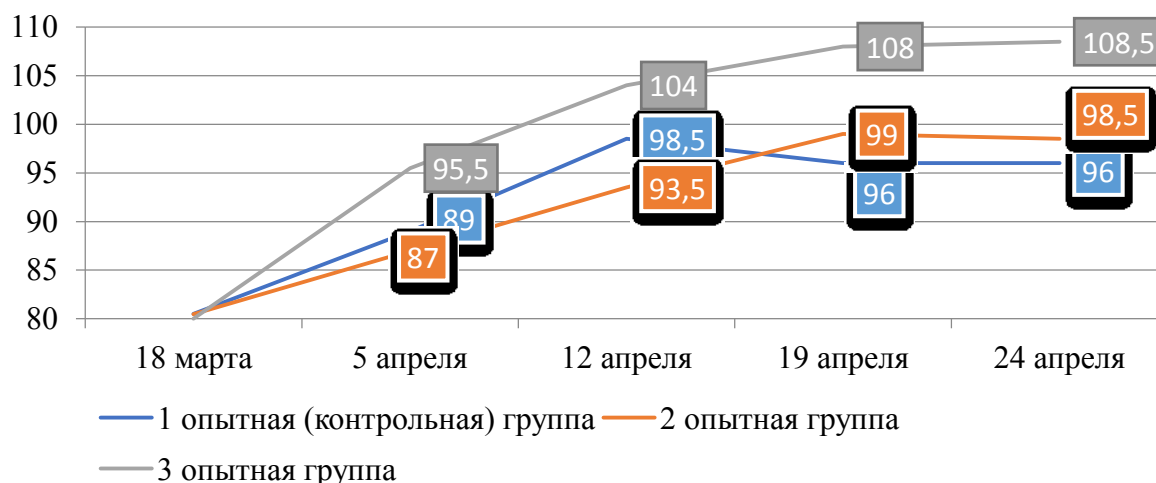


Рисунок 1 – Показатели живой массы при выращивании опытной стерляди, г
Figure 1 – Live weight indicators for growing experimental sterlet, g

Самые высокие значения среднесуточных приростов также зафиксированы в 3-опытной группе (рисунок 2), где превышение над контролем за время опыта составило 0,35 г или 83,33%, во 2-опытной группе превышение по этому показателю составило 0,07 г, или 16,67%.

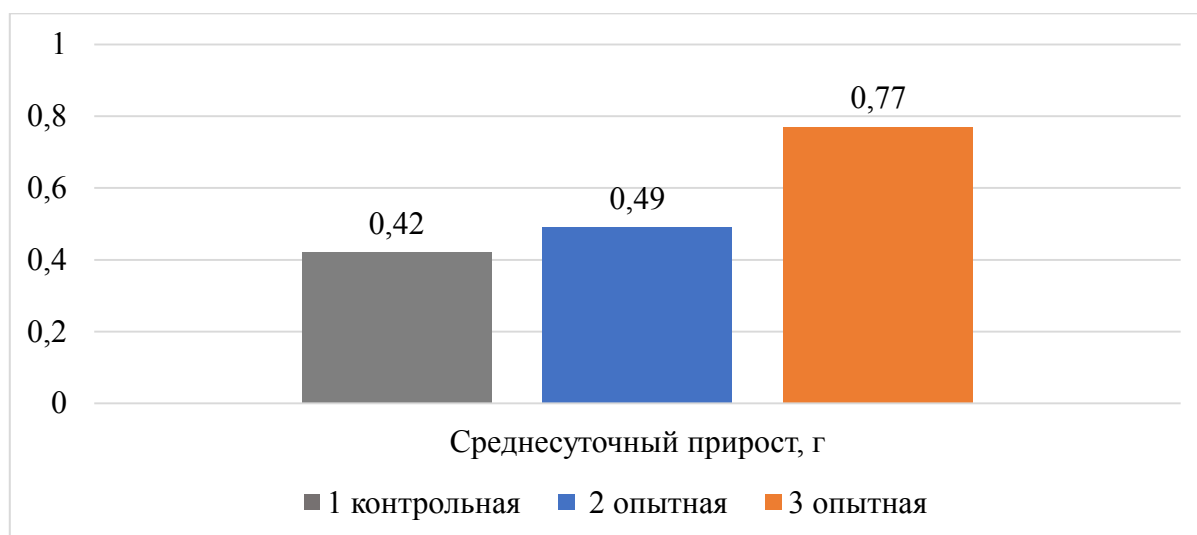


Рисунок 2 – Показатели среднесуточного прироста в опытных группах
Figure 2 – Indicators of average daily growth in the experimental groups

Наилучший абсолютный прирост живой массы также наблюдался в 3 опытной группе, за время опыта он составил 28,50 г (рисунок 3), что на 13 г (13,54%) больше по сравнению с контрольной группой и на 10,47 г – по сравнению со 2-опытной группой; относительный прирост живой массы 2-опытной группы был выше контрольного показателя на 2,53 г (16,32%).

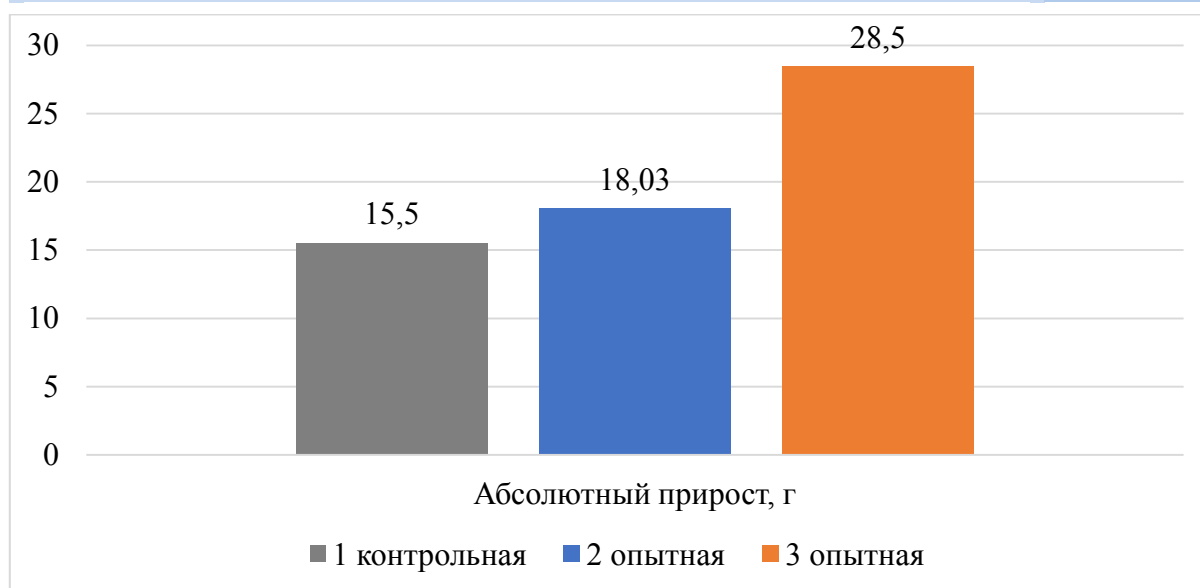


Рисунок 3 – Показатели абсолютного прироста в подопытных группах
Figure 3 – Absolute growth rates in the experimental groups

Зафиксированные значения относительного прироста подопытных особей свидетельствуют о том, что наибольшие показатели относительного прироста были установлены в опытных группах рыбы, которые с кормами получали концентрат молочного альбумина. Таким образом, 3 и 2-опытные группы превосходили по данному показателю контроль (на 16,38% и 3,16%), что отражено на рисунке 4.

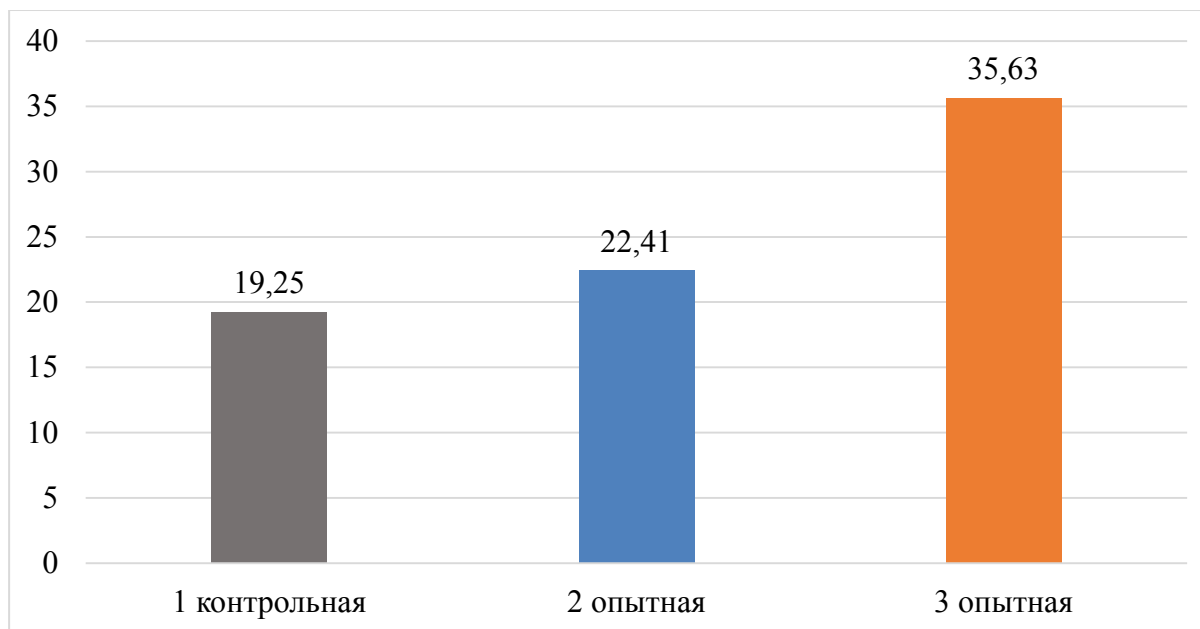


Рисунок 4 – Показатели относительного прироста в подопытных группах, %
Figure 4 – Relative growth rates in the experimental groups, %

Наивысший показатель суммарной ихтиомассы среди всех особей, принимавших участие в исследовании, также наблюдался у осетровых 3-опытной группы и составил 10,85 кг (рисунок 5), что больше, чем у гидробионтов 2-опытной группы, на 1,0 кг, а по отношению к значениям особей 1 контрольной группы – на 1,25 кг (рисунок 5).

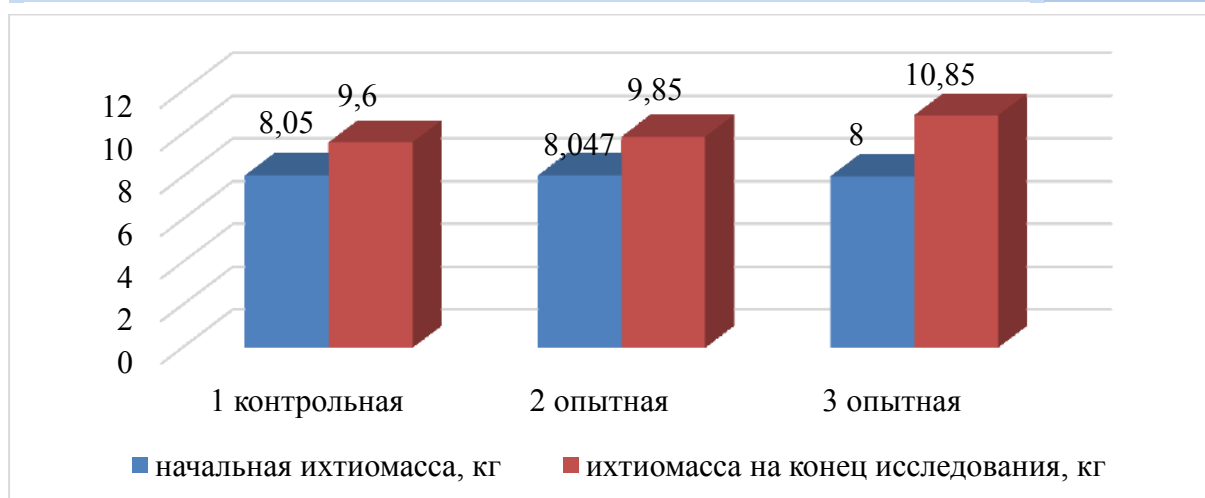


Рисунок 5 – Показатели ихтиомассы при выращивании опытной стерляди
Figure 5 – Ichthyomass indicators in the cultivation of experimental sterlet

Отмечена высокая сохранность поголовья осетровых во всех исследуемых группах – 100%. Это свидетельствует о безопасности подобного замещения.

Выводы. Полученные результаты демонстрируют превосходство 3 и 2 опытных групп над аналогами 1 контрольной группы по показателю живой массы, абсолютного прироста (на 13 г ((13,54%) и 2,53 г (16,32%) соответственно), среднесуточного прироста (на 0,35 г (83,33%) и 0,07 г (16,67 %)) и относительного прироста (на 16,38% и 3,16%), что свидетельствует о положительном воздействии кормления стерляди комбикормами, содержащими концентрат молочного альбумина в концентрации 10% и 20% взамен рыбной муки. Высокая сохранность особей в опытных группах показывает безопасность введения добавки в данных концентрациях.

С целью снижения затрат на закупку высокобелковых кормов и ингредиентов для их изготовления рекомендуем ввод в корма концентрата молочного альбумина в пропорциях 10% и 20% в качестве замены рыбной муки. Это позволит снизить цену конечного продукта и сделать более доступной дефицитную рыбную продукцию для жителей России.

Conclusions. The results obtained demonstrate the superiority of the 3rd and 2nd experimental groups over the analogues of the 1st control group in terms of live weight, absolute gain (by 13 g ((13.54%) and 2.53 g (16.32%), respectively), average daily gain (by 0.35 g (83.33%) and 0.07 g (16.67%) and relative increase (by 16.38% and 3.16%), which indicates a positive effect of feeding sterlet with mixed feeds containing milk albumin concentrate in a concentration of 10% and 20% instead of fish meal. The safety of individuals in the experimental groups shows the safety of administering the additive in these concentrations.

In order to reduce the cost of purchasing high-protein feeds and ingredients for their production, we recommend the introduction of milk albumin concentrate in the proportions of 10% and 20% into the feed as a substitute for fishmeal. This will reduce the price of the final product and make scarce fish products more affordable for residents of Russia.

Библиографический список

1. Агапова В. Н. и др. Эффективность применения белкового сырья микробного синтеза на показатели роста и развития стерляди. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 402-407.
2. Воронцова Е. С. и др. Влияние белкового сырья микробного синтеза (гаприн) на химический состав мышечной ткани стерляди. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 110. С. 204-210.
3. Гусева Ю. А. Оптимизация кормления – одно из условий получения безопасной рыбной продукции. Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2018. № 4 (147). С. 56-63.
4. Зотов А. В., Тронин А. В., Имайкин Д. Т. Обоснование целесообразности использования отечественных комбикормов при выращивании аквакультуры. Московский экономический журнал. 2023. Т. 8. № 1.
5. Крымов В. Г. и др. Использование комбикормов с разным содержанием протеина и жира в процессе индустриального товарного выращивания осетровых рыб в установках с замкнутым циклом водоиспользования. Вестник Камчатского государственного технического университета. 2019. № 47. С. 68-78.
6. Металлов Г. Ф. и др. Биологически активные добавки в продукционных кормах для осетровых рыб. Вестник АГТУ. Рыбное хозяйство. 2022. № 3. С. 146.
7. Николаев С. И. и др. Применение высокобелковых нетрадиционных кормовых источников в рецептурах комбикормов для радужной форели. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 339-345.

8. Рабазанов Н. И., Маммаев М. А. Технологические факторы при выращивании посадочного материала стерляди в установке с замкнутым циклом водоснабжения. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2022. № 2 (199). С. 63-75.

9. Ранделин Д. А. и др. Рыбоводно-биологическая характеристика сибирского осетра при выращивании на основе комбикормов с белковым концентратом из белого люпина. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 218-226.

10. Агапова В. Н., Ранделин Д. А., Кравченко Ю. В., Новокшенова А. И. Эффективность применения белкового сырья микробного синтеза на показатели роста и развитие стерляди. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 402-407.

11. Sánchez-Hernández J., et al. Drivers of diet patterns in a globally distributed freshwater fish species. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2019. № 8. Pp. 1263-1274.

References

1. Agapova V. N., et al. Efficacy of the use of protein raw materials of microbial synthesis on the indicators of sterlet growth and development. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 2 (70). Pp. 402-407.

2. Vorontsova E. S., et al. Effect of Protein Raw Materials of Microbial Synthesis (Gaprin) on the Chemical Composition of Sterlet Muscle Tissue. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2024. № 110. Pp. 204-210.

3. Guseva Y. A. Optimization of feeding is one of the conditions for obtaining safe fish products. Fish farming and fisheries. 2018. № 4 (147). Pp. 56-63.

4. Zotov A. V., Tronin A. V., Imaikin D. T. Substantiation of the Expediency of Using Domestic Compound Feeds in Aquaculture Cultivation. Moscow Economic Journal. 2023. V. 8. No 1.

5. Krymov V. G., et al. Use of Mixed Feeds with Different Protein and Fat Content in the Process of Industrial Commercial Sturgeon Fish Rearing in Installations with a Closed Water Use Cycle. Bulletin of Kamchatka State Technical University. 2019. № 47. Pp. 68-78.

6. Metallov G. F., et al. Biologically Active Additives in Production Feeds for Sturgeon Fish. Bulletin of ASTU. Fisheries. 2022. № 3. P. 146.

7. Nikolaev S. I., et al. Application of high-protein non-traditional feed sources in compound feed formulations for rainbow trout. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 1 (69). Pp. 339-345.

8. Rabazanov N. I., Mammaev M. A. Technological factors in the cultivation of sterlet planting material in an installation with a closed water supply cycle. Feeding of farm animals and fodder production. 2022. № 2 (199). Pp. 63-75.

9. Randelin D. A., et al. Fish-breeding and biological characteristics of Siberian sturgeon in rearing on the basis of mixed feeds with protein concentrate from white lupine. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. № 3 (63). Pp. 218-226.

10. Agapova V. N., Randelin D. A., Kravchenko Yu. The effectiveness of the use of protein raw materials of microbial synthesis on the growth and development of sterlet. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 2 (70). Pp. 402-407.

11. Sánchez-Hernández J., et al. Drivers of diet patterns in a globally distributed freshwater fish species. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2019. № 8. Pp. 1263-1274.

Информация об авторах

Ранделин Дмитрий Александрович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: randelin_dm@mail.ru

Агапова Василина Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: v.agapova@volgau.com

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Кравченко Юрий Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: uriy34rus@mail.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.brukhno@yandex.ru

Агапов Сергей Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: agapov_s_y@mail.ru

Чирсков Михаил Александрович, соискатель, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26).

Author's Information

Randelin Dmitriy Aleksandrovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: randelin_dm@mail.ru

Agapova Vasilina Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: v.agapova@volgau.com

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Kravchenko Yuriy Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: uriy34rus@mail.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.brukhno@yandex.ru

Agapov Sergey Yuryevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: agapov_s_y@mail.ru
Chirkov Mikhail Aleksandrovich, Applicant, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26).

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-25

THE POTENTIAL OF PREBIOTIC FEED ADDITIVES TO ENHANCE FEED METABOLISM IN THE BODY OF BREEDING CHICKENS

Abramov S. V., Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Komarova Z. B., Rudkovskaya A. V., Struk E. A.

*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 21.09.2024

Submitted 20.11.2024

The work was carried out within the framework of State Assignment No1021032420858-8

Abstract

Introduction. The use of organic acids and other prebiotic preparations is the most effective way to normalize the imbalance of intestinal microflora, which improves feed metabolism and poultry productivity. They are harmless to humans and animals, and the resulting products are environmentally friendly (organic). The biological properties of prebiotic additives are due to the active ingredients included in their composition, which create a highly effective combination with synergy aimed at enhancing the effect of each component. They reduce the pH level in the intestine, which affects the electrolyte balance of feed, increase the secretion of digestive enzymes, which results in the suppression of pathogenic microflora; increase the effectiveness of the additive due to the ability to penetrate into more distal parts of the gastrointestinal tract; contribute to increased motor-secretory activity of the gastrointestinal tract; stimulate the secretion of digestive enzymes; suppress the development of salmonella, E. coli, mold in feed; stimulate the development of lactic acid bacteria. However, the global scientific community continues to search for options for the ratio of organic acids and other prebiotic components that will ensure maximum digestibility of feed and productivity of birds, while having a minimal negative impact. **Object.** Parent stock chickens of the cross "Hysex brown" and feed additives LactuVet, LactuSuper and Acidopul F, related to the class of prebiotics. **Materials and methods.** The studies were carried out in the conditions of the joint venture "Svetly" of JSC "Agrofirma "Vostok" in the Volgograd region and LLC "International Research Center for Human, Animal and Environmental Health" (LLC MNITS "OZOS"). The birds were distributed into groups randomly. The chickens of the control group were fed standard compound feed that meets the nutritional requirements for egg-laying hens during the peak productivity period. As an experiment, the feed additive LactuVet was included in the compound feed of the hens of the first experimental group in the amount of 2.0 kg/t of feed, the feed additive LactuSuper in the amount of 2.0 kg/t of feed of the second experimental group, and the feed additive Acidopul F in the amount of 1.0 kg/t of feed of the third experimental group. The physiological experiment was carried out using the methodology developed by the Federal Scientific Center "VNITIP" of the Russian Academy of Sciences. **Results and conclusions.** It has been experimentally confirmed that the sorption of the main feed components studied by us in the body of breeding hens of the experimental groups was significantly higher than in the control groups. The transformation of feed nitrogen through the gastrointestinal tract into the body of experimental chickens was more intense than in the control group: into the egg by 6.36 (P<0.05), 9.09 (P<0.01) and 8.18% (P<0.01), into the body – by 5.56 (P<0.05), 7.78 (P<0.01) and 6.67% (P<0.01), predictably, the nitrogen sorption coefficients exceeded the control for egg formation in the 1st experimental group by 2.14% (P<0.01), in the 2nd experimental group – by 3.06% (P<0.01), in the 3rd experimental group – by 2.75% (P<0.01), and in total, taking into account the accumulated in the body – by 3.67 (P<0.01), 5.20% (P<0.01) and 4.59% (P<0.01). In the experimental groups, calcium consumption for shell formation and eggs as a whole exceeded the control by 1.34 (P<0.05), 2.45 (P<0.01) and 2.23% (P<0.01), and taking into account its concentration in the body – by 2.23 (P<0.05), 3.79 (P<0.01) and 3.12% (P<0.01). The use of assimilable phosphorus for egg formation by hens in the experimental groups exceeded the control by 3.18 (P<0.05), 6.37 (P<0.05) and 5.73% (P<0.05), and taking into account the amount deposited in the body – by 1.70 (P<0.05), 2.54 (P<0.05) and 2.30% (P<0.05). The superiority of the experimental groups in terms of gross egg yield by 125; 193 and 162 pieces and egg-laying intensity by 1.74; 2.50 and 2.25% was revealed compared to the control, while the number of eggs suitable for incubation increased by 186; 305 and 258 pieces. Feed consumption relative to the control for the formation of 10 eggs decreased by 0.03; 0.05 and 0.04 kg. Over 12 weeks of the study, the survivability of hens in all experimental groups was 98.57% (one head per group died), and in the control 97.14% (two heads per group). The obtained results gave grounds to conclude that prebiotic feed additives LactuVet, LactuSuper and Acidopul F have a positive effect on the sorption of nutritional components of compound feed, but it was noted that LactuSuper (II) and Acidopul F (III experimental groups), where the complex potential of active ingredients included in the additives was manifested, these pro-

cesses proceeded more actively, compared to LactuVet (I experimental group), where lactulose acted as a prebiotic preparation. The inclusion of experimental additives in the diet provided the best zootechnical indicators for the main parameters against the background of the control.

Keywords: *breeding chickens, prebiotic supplements, feeding of breeding chickens, egg-laying intensity of chickens.*

Citation. Abramov S. V., Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Komarova Z. B., Rudkovskaya A. V., Struk E. A. The potential of prebiotic feed additives to enhance feed metabolism in the body of breeding chickens. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 237-248 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-25.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the design, implementation, or scientific evaluation of this research work. All authors of this article reviewed and approved the final version shown.

Conflict of interest. The authors declare that they have no conflict of interest.

УДК 636.52/.58.084/087.7

ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕБИОТИЧЕСКИХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК ДЛЯ АКТИВИЗАЦИИ МЕТАБОЛИЗМА КОРМА В ОРГАНИЗМЕ ПЛЕМЕННЫХ КУР

Абрамов С. В., кандидат ветеринарных наук

Сложенкина М. И., член-корреспондент РАН, профессор, доктор биологических наук

Горлов И. Ф., академик РАН, профессор, доктор сельскохозяйственных наук

Комарова З. Б., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Рудковская А. В., кандидат биологических наук

Струк Е. А., кандидат биологических наук

ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции»
г. Волгоград, Российская Федерация

Работа выполнена в рамках Госзадания № 1021032420858-8

Актуальность. Применение подхода с использованием органических кислот и других пребиотических препаратов является наиболее эффективным путем нормализации дисбаланса кишечной микрофлоры, что способствует улучшению метаболизма корма и продуктивности птиц. Они безвредны для человека и животных, а получаемая продукция является экологически безопасной (органической). Биологические свойства пребиотических добавок обусловлены входящими в его состав действующими веществами, которые создают высокоэффективную комбинацию, обладающую синергизмом, направленным на усиление действия каждого компонента. Снижают уровень pH в кишечнике, что влияет на электролитный баланс кормов, усиливают выделение пищеварительных ферментов, итогом чего является угнетение патогенной микрофлоры; повышают эффективность действия добавки за счет способности проникать в более дистальные отделы желудочно-кишечного тракта; способствуют усилению моторно-секреторной деятельности желудочно-кишечного тракта; стимулируют секрецию пищеварительных ферментов; подавляют развитие в кормах сальмонеллы, кишечной палочки, плесеней; стимулируют развитие молочнокислых бактерий. Однако мировое сообщество ученых продолжает изыскивать варианты соотношения органических кислот и других пребиотических компонентов, которые будут обеспечивать максимальную переваримость корма и продуктивность птиц, оказывая минимальное негативное воздействие. **Объект.** Куры родительского поголовья кросса «Хайсекс коричневый» и кормовые добавки ЛактуВет, ЛактуСупер и Ацидопул F, относящиеся к классу пребиотиков. **Материалы и методы.** Исследования осуществлены в условиях СП «Светлый» АО «Агрофирма «Восток» Волгоградской области и ООО «Международный научно-исследовательский центр охраны здоровья человека, животных и окружающей среды» (ООО МНИЦ «ОЗОС»). Птица по группам была распределена по группам рандомизировано. Курам контрольной группы скармливали стандартный комбикорм, отвечающий требованиям питательности для яичных кур, в период пика продуктивности. В качестве эксперимента в комбикорм кур I опытной группы была включена кормовая добавка ЛактуВет в количестве 2,0 кг/т корма, II опытной группы – кормовая добавка ЛактуСупер в количестве 2,0 кг/т корма, III опытной группы – кормовая добавка Ацидопул F в количестве 1,0 кг/т корма. Физиологический опыт выполняли, руководствуясь методикой, разработанной ФНЦ «ВНИТИП» РАН. **Результаты и выводы.** Экспериментально подтверждено, что сорбция, изученных нами, основных компонентов корма в организме племенных кур опытных групп достоверно преобладала над контрольными. Трансформация азота корма через желудочно-кишечный тракт в организм опытных кур протекала интенсивнее, чем в контрольной группе: в яйцо на 6,36 ($P<0,05$), 9,09 ($P<0,01$) и 8,18% ($P<0,01$), в тело – на 5,56 ($P<0,05$), 7,78 ($P<0,01$) и 6,67% ($P<0,01$), предсказуемо, коэффициенты сорбции азота превысили контроль на образование яйца в I опытной

группе на 2,14% ($P<0,01$), во II опытной – на 3,06% ($P<0,01$), в III опытной – на 2,75% ($P<0,01$), а всего, с учетом аккумулированного в теле – на 3,67 ($P<0,01$), 5,20% ($P<0,01$) и 4,59% ($P<0,01$). В опытных группах потребление кальция на формирование скорлупы и яйца в целом превышало контроль на 1,34 ($P<0,05$), 2,45 ($P<0,01$) и 2,23% ($P<0,01$), а с учетом сосредоточения его в теле – на 2,23 ($P<0,05$), 3,79 ($P<0,01$) и 3,12% ($P<0,01$). Задействие усвояемого фосфора на образование яйца курами опытных групп превысило контроль на 3,18 ($P<0,05$), 6,37 ($P<0,05$) и 5,73% ($P<0,05$), а с учетом отложенного в теле – на 1,70 ($P<0,05$), 2,54 ($P<0,05$) и 2,30% ($P<0,05$). Было выявлено превосходство опытных групп по валовому сбору яиц на 125; 193 и 162 штук и интенсивности яйцекладки на 1,74; 2,50 и 2,25% по сравнению с контролем, при этом число яиц пригодных для инкубации увеличилось на 186; 305 и 258 штук. Расход корма относительно контроля на образование 10 яиц снизился на 0,03; 0,05 и 0,04 кг. За 12 недель исследования сохранность кур во всех опытных группах составила 98,57% (падеж одна голова в группе), а в контроле 97,14% (две головы в группе). Полученные результаты дали основание заключить, что пребиотические кормовые добавки ЛактуВет, ЛактуСупер и Ацидопул F оказывают позитивное воздействие на сорбцию питательных компонентов комбикорма, но отмечено, что ЛактуСупер (II) и Ацидопул F (III опытные группы), где проявился комплексный потенциал входящих в добавки активных ингредиентов, эти процессы протекали активнее, по сравнению с ЛактуВет (I опытная группа), где в качестве пребиотического препарата выступала лактулоза. Включение в рацион экспериментальных добавок обеспечило наилучшие зоотехнические показатели по основным параметрам на фоне контроля.

Ключевые слова: племенные куры, пребиотические добавки, кормление племенных кур, интенсивность яйцекладки кур.

Цитирование. Абрамов С. В., Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Комарова З. Б., Рудковская А. В., Струк Е. А. Потенциал применения пребиотических кормовых добавок для активизации метаболизма корма в организме племенных кур. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 237-248. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-25.

Авторский вклад. Все авторы данного исследования имели прямое отношение к разработке, реализации либо научной оценке настоящей исследовательской работы. Все авторы настоящей статьи изучили продемонстрированную окончательную редакцию и утвердили ее.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Рост выпуска животноводческой продукции представляет собой одну из ведущих целей сельскохозяйственной отрасли. Попытки получить большее количество продукции от животных зачастую ведут к снижению витальной активности, что влечет за собой не только нарушение функционирования жизненно важных органов, но и существенное ухудшение их продуктивности [4]. Известно, что качество и количество корма не могут гарантировать оптимальную производительность, если поставляемый таким образом корм не усваивается животным должным образом [1, 3]. Пищеварение играет важную роль в усвоении питательных веществ. Все питательные вещества, содержащиеся в корме, должны быть расщеплены на более простые формы, чтобы кишечник мог усвоить их для метаболических процессов.

Желудочно-кишечный тракт должен быть в хорошем состоянии, чтобы иметь возможность выполнять физиологические функции диссимиляции и ассимиляции элементов питания [2, 14]. Вспомогательные факторы благотворно влияют на процессы переваривания и усвоения кишечником поступающих в организм питательных веществ. В, частности, если значение pH железистого желудка имеет низкое значение, то усвоение питательных веществ организма происходит в разы лучше. Высокий уровень pH в кишечнике приводит к размножению патогенной микробиоты, что пагубно сказывается как на росте, так и на здоровье птиц [4, 5]. Следовательно, кишечник можно модулировать для достижения улучшенной производительности птиц. Стратегия кормления для достижения этого заключалась в использовании пребиотиков и, в последнее время, органических кислот.

Применение в рационах животных пребиотиков и органических кислот в терапевтических и профилактических целях гастроинтестинального тракта позволяет увеличить продуктивность животных за счет ингибирования патогенных микроорганизмов, понижения уровня pH и стимулирования обмена веществ в организме [6-8]. Включение в рацион животных и птиц комбинации органических кислот позволяет инактивировать более широкий спектр вредных микробов, учитывая, что по отдельности кормовые подкислители воздействуют на вредоносные бактерии не в равной степени [9].

Доказано, что комплексное использование фумаровой, муравьиной, уксусной и лимонной кислот позитивно влияет на усвояемость как энергии, так и питательных компонентов корма [10].

Применение пребиотических препаратов и органических кислот в правильном их сочетании дает возможность увидеть положительную динамику аккумуляирования минералов, в том числе органический фосфор, из корма [11-15].

Кормовые добавки – это непитательные натуральные продукты, добавляемые в базовый рацион в качестве второстепенных компонентов рациона для улучшения качества корма и продуктов животного происхождения, а также для улучшения производительности и здоровья животных. Сообщалось, что кормовые добавки могут использоваться в качестве альтернативы антибиотикам для птиц, снижая уровень смертности и повышая продуктивность без ущерба для окружающей среды и здоровья потребителей [16]. Распространенные кормовые добавки, испытанные на птице, представляют собой группы органических кислот и пребиотиков.

Органические кислоты использовались в кормах для животных в течение многих лет из-за запрета на использование антибиотиков [17, 18]. Наиболее часто используемыми органическими кислотами в рационе птиц являются уксусная, масляная, лимонная, муравьиная, пропионовая, яблочная, винная и молочная кислоты [19, 20].

Было показано, что включение органических кислот в рацион птиц улучшает усвояемость белков и углеводов, борется с патогенными бактериями и повышает скорость конверсии корма, использование питательных веществ и скорость роста [21].

Цель наших исследований – определить потенциал пребиотических кормовых добавок ЛактуВет, ЛактуСупер и Ацидопул F для метаболизма комбикорма в организме племенных кур.

Материалы и методы. Научный эксперимент проводили в условиях СП «Светлый» АО «Агрофирма «Восток» Волгоградской области – репродуктора II порядка по разведению птиц кросса «Хайсекс коричневый» и ООО «Международный научно-исследовательский центр охраны здоровья человека, животных и окружающей среды» (ООО МНИЦ «ОЗОС»).

Объект исследования:

- куры родительского поголовья кросса «Хайсекс коричневый» и кормовые добавки ЛактуВет, ЛактуСупер и Ацидопул F, относящиеся к классу пребиотиков.

- ЛактуВет, представляет из себя сложную комбинацию ингредиентов: лактулозы, лактозы, монозы и многих макро- и микроэлементов.

- ЛактуСупер, отображает композицию биологически активных веществ, полученную посредством контаминации лактулозы, глицина, янтарной и фолиевой кислот, витамина E, способной корректировать микробиологические процессы и сорбцию питательных веществ в пищеварительном тракте.

- Ацидопул F, предназначенная для нормализации микрофлоры желудочно-кишечного тракта, повышения продуктивности и сохранности моногастричных животных, включая птиц. В состав кормовой добавки входят: фумаровая кислота, лимонная кислота, молочная кислота, муравьиная кислота, пропионат натрия и вспомогательные вещества: бентонит и диоксид кремния.

Птица содержались в соответствии с санитарно-зоогигиеническими нормами, принятыми в хозяйстве, на базе которого проводили эксперимент, с учетом требований промышленной технологии выращивания. Плотность посадки, параметры микроклимата и режим освещения соответствовали требованиям кросса.

Корма и кормовое сырье, предназначенное для птицы опытных групп, готовили отдельно, в соответствии с проектом инструкций кормовых добавок ЛактуВет, ЛактуСупер и Ацидопул F. Кормовые добавки для опытных групп вводили в комбикорм в соответствии с существующими технологиями ступенчатого смешивания. Корм, содержащий кормовую добавку, может подвергаться нагреванию до 120 °С, что не влияет на ее активность.

Опыт проводили, руководствуясь схемой, представленной на рисунке 1.

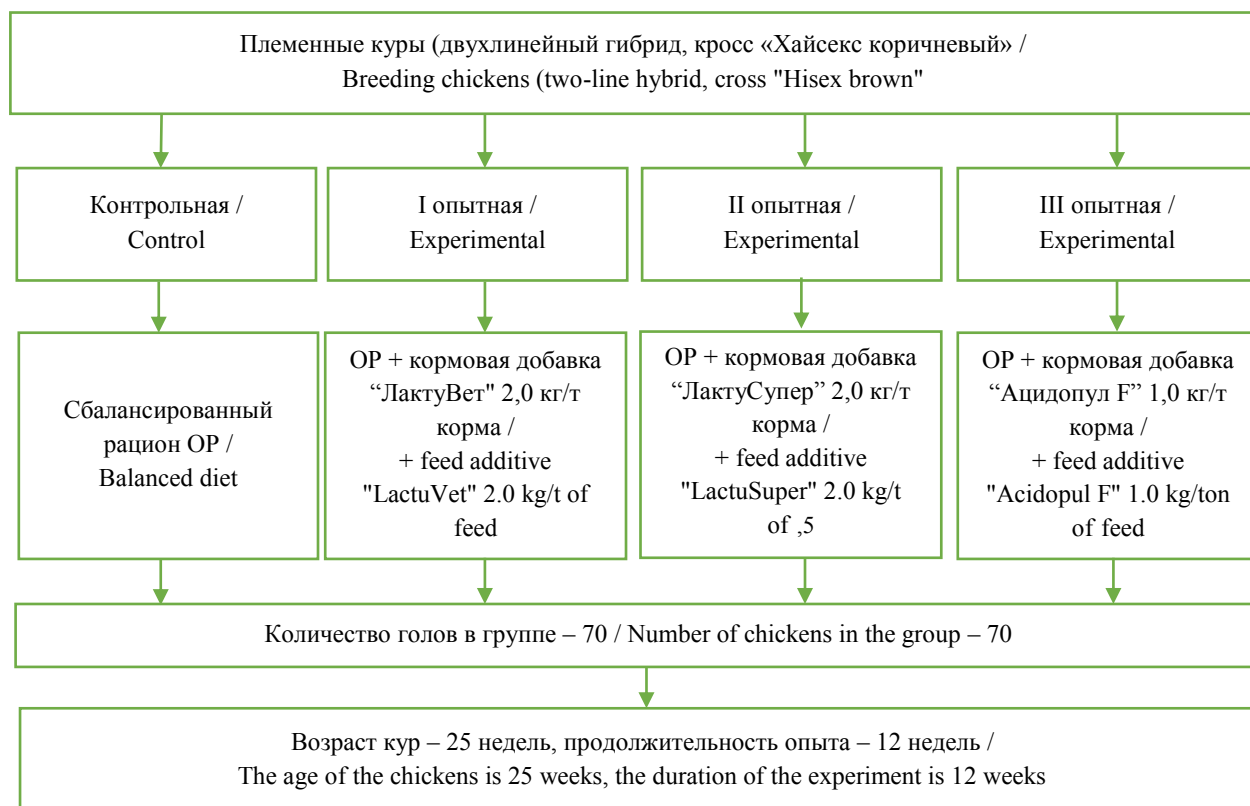


Рисунок 1 – Дизайн научно хозяйственного опыта
Figure 1 – Design of scientific and economic experiment

Птица была распределена по группам рандомизировано. Для формирования максимально однородных групп при распределении птицы учитывали кросс, массу тела, возраст, особенности экстерьера, продуктивные качества. Куры контрольной группы получали сбалансированный рацион по всем требуемым, в данном возрасте, питательным веществам. Курам контрольной группы скормливали стандартный комбикорм, отвечающий требованиям питательности для яичных кур в период пика продуктивности. В качестве эксперимента в комбикорм кур I опытной группы была включена кормовая добавка ЛактуВет в количестве 2,0 кг/т корма, II опытной группы – кормовая добавка ЛактуСупер в количестве 2,0 кг/т корма, III опытной группы – кормовая добавка Ацидопул F в количестве 1,0 кг/т корма.

Физиологический опыт выполняли, руководствуясь методикой, разработанной ФНЦ «ВНИТИП» РАН. Учет зоотехнических показателей проводили соизмеримо с методиками проведения научно-хозяйственных опытов на птице.

Для констатации достоверности полученных показателей весь цифровой материал обработан по формулам вариационной статистики с использованием универсальной программы «Excel».

Результаты и обсуждение. В связи с тем, что среди изучаемых экспериментальных добавок, кормовая добавка Ацидопул F ранее не использовалась в кормлении птиц, нами была изучена ее острая пероральная токсичность на лабораторных животных.

Было установлено, что опасная доза кормовой добавки Ацидопул F находится в диапазоне >2000-5000 мг/кг, что соответствует 5 классу токсичности, согласно СГС.

В основном опыте на птице мы изучили изменения переваривания и аккумулирования питательных компонентов корма в организме племенных кур, произошедшие под влиянием пребиотических добавок, посредством проведения физиологического опыта. По итогам опыта подтверждена роль пребиотических добавок на метаболизм корма (рисунок 2).

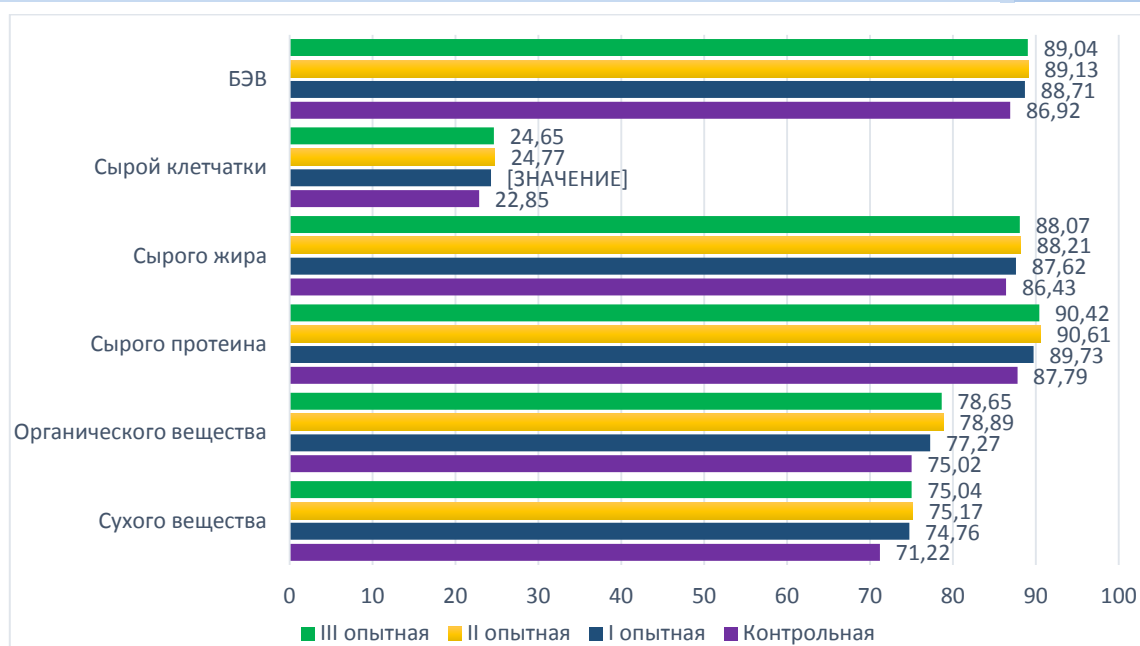


Figure 2 – Metabolism of feed nutrients, %

Экспериментально подтверждено, что сорбция изученных нами основных компонентов корма в организме племенных кур опытных групп преобладала над контрольными: сухого вещества – на 3,54 ($P<0,01$), 3,95 ($P<0,01$) и 3,82% ($P<0,01$); органического вещества – на 2,25 ($P<0,05$), 3,87 ($P<0,01$) и 3,63% ($P<0,01$); сырого протеина – на 1,94 ($P<0,01$), 2,82 ($P<0,01$) и 2,63% ($P<0,01$); сырого жира – на 1,19 ($P<0,05$), 1,78 ($P<0,05$) и 1,64% ($P<0,05$); сырой клетчатки – на 1,43 ($P<0,05$), 1,92 ($P<0,05$) и 1,80% ($P<0,05$); БЭВ – 1,79 ($P<0,05$), 2021 ($P<0,05$) и 2,12% ($P<0,05$).

Результатом продуктивной деятельности кур является яйцо, на формирование которого несушка тратит большую часть питательных веществ корма и которые выделяются при снесении яйца. В связи с этим для определения остатка переваренных веществ в организме кур надлежит учитывать их количество, выделенное с яйцом.

Нами было определено наличие питательных компонентов в яйцах подопытных кур, участвовавших в физиологическом опыте (рисунок 3).

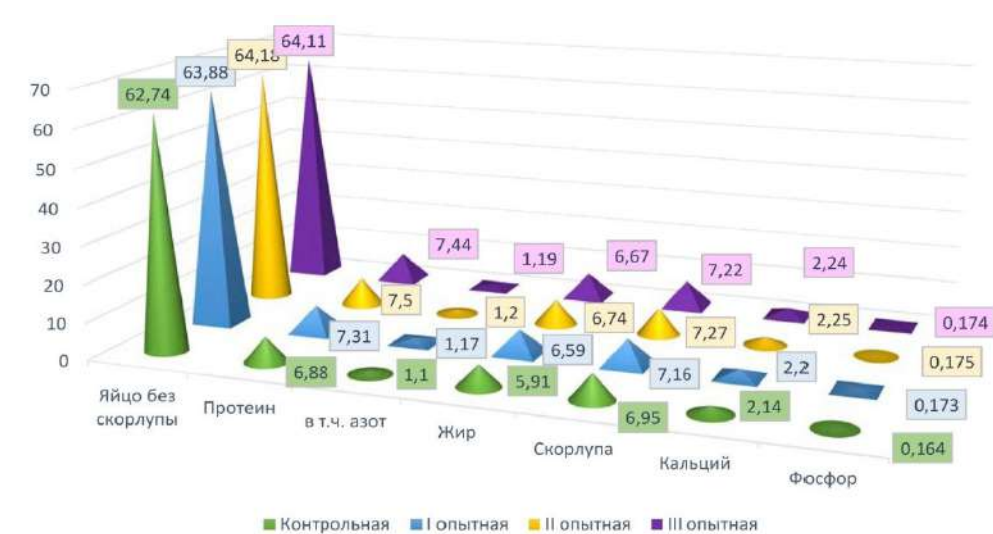


Рисунок 3 – Масса выделенных с яйцом ингредиентов, г
Figure 3 – Mass of ingredients separated with the egg, g

Отмечено, что масса выделенных с яйцом ингредиентов варьировала в разрезе подопытных групп, что впоследствии отразилось на балансе азота, кальция и фосфора в организме кур.

Для изучения баланса азота в организме кур необходимо учитывать факт специфичности мочеиспускания, конечным продуктом которого является мочевая кислота, оседающая в процессе выделения в виде кашицеобразного налета на кал, впоследствии называемый пометом. В связи с этим на одном из этапов проведения балансового опыта мы провели процедуру отделения мочевой кислоты от помета, а затем определили химический анализ кала и мочи отдельно.

В конечном итоге обнаружен положительный баланс азота в организме продуктивных кур всех подопытных групп, учитывается суммарное отложение его в теле и выделенное с яйцом (рисунок 4).

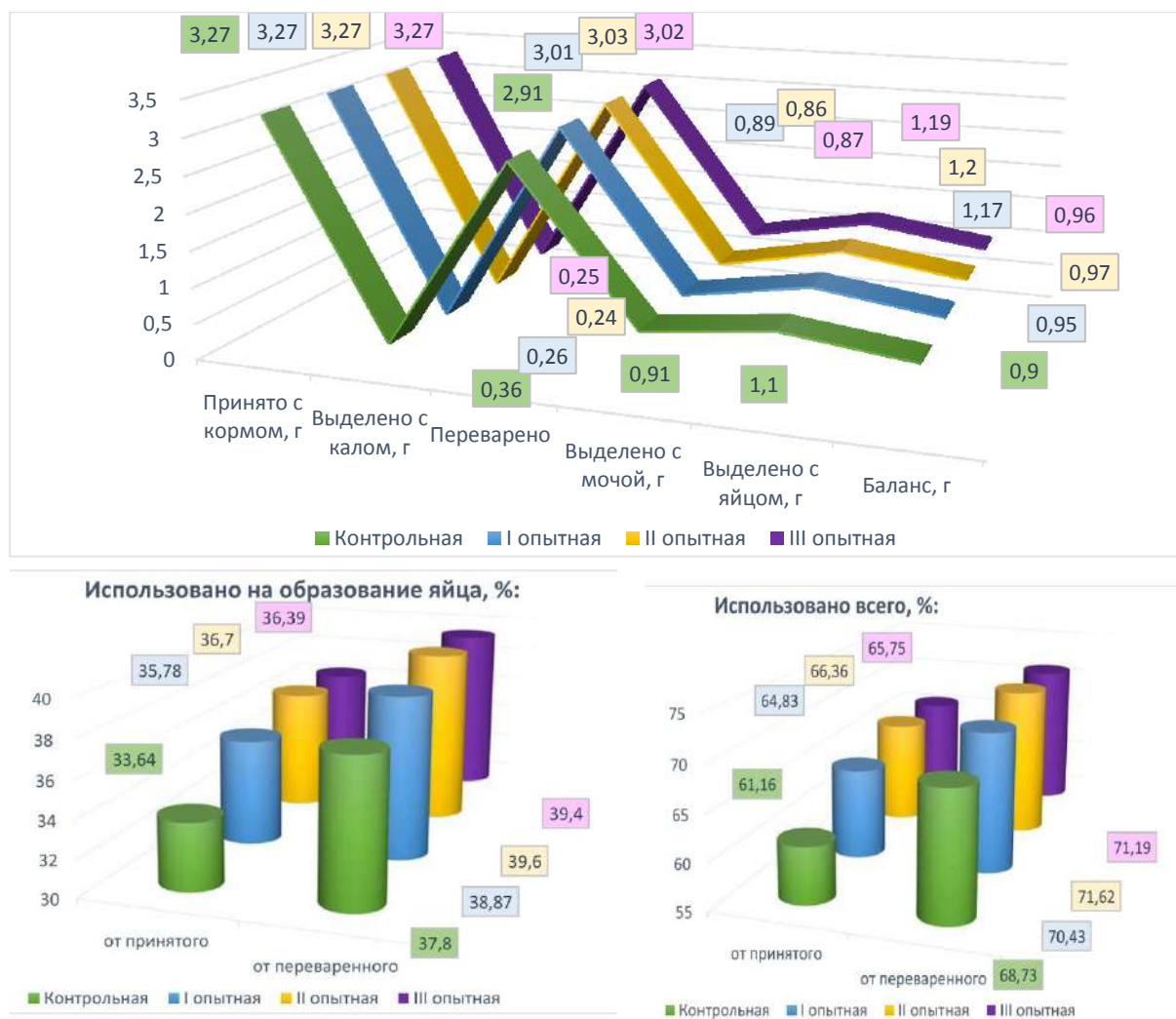


Рисунок 4 – Баланс и использование азота племенными курами

Figure 4 – Nitrogen balance and utilization by breeder hens

Трансформация азота корма через желудочно-кишечный тракт в организм опытных кур протекала интенсивнее, чем в контрольной группе: в яйцо – на 6,36 ($P < 0,05$), 9,09 ($P < 0,01$) и 8,18% ($P < 0,01$), в тело – на 5,56 ($P < 0,05$), 7,78 ($P < 0,01$) и 6,67% ($P < 0,01$), предсказуемо, коэффициенты сорбции азота превысили контроль на образование яйца в I опытной группе на 2,14% ($P < 0,01$), во II опытной – на 3,06% ($P < 0,01$), в III опытной – на 2,75% ($P < 0,01$), а всего, с учетом аккумулированного в теле – на 3,67 ($P < 0,01$), 5,20% ($P < 0,01$) и 4,59% ($P < 0,01$).

Результаты обмена кальция в организме племенных кур, полученного с кормом, представлены на рисунке 5.



Рисунок 5 – Обмен кальция в организме племенных кур
Figure 5 – Calcium metabolism in the body of breeding chickens

Основное количество кальция, поступившего в организм кур с кормом, тратится на формирование скорлупы яиц. Как показали наши исследования, на образование скорлупы и яйца в целом расходование кальция в опытных группах превышало контроль на 1,34 ($P < 0,05$), 2,45 ($P < 0,01$) и 2,23% ($P < 0,01$), а с учетом сосредоточения его в теле – на 2,23 ($P < 0,05$), 3,79 ($P < 0,01$) и 3,12% ($P < 0,01$).

Поступающий с кормом фосфор, ввиду значительной ассимиляции его в кишечнике, всегда обеспечивает организм доступным фосфором, зачастую превышая потребность. Результаты обмена фосфора, полученные в нашем опыте, представлены на рисунке 6.

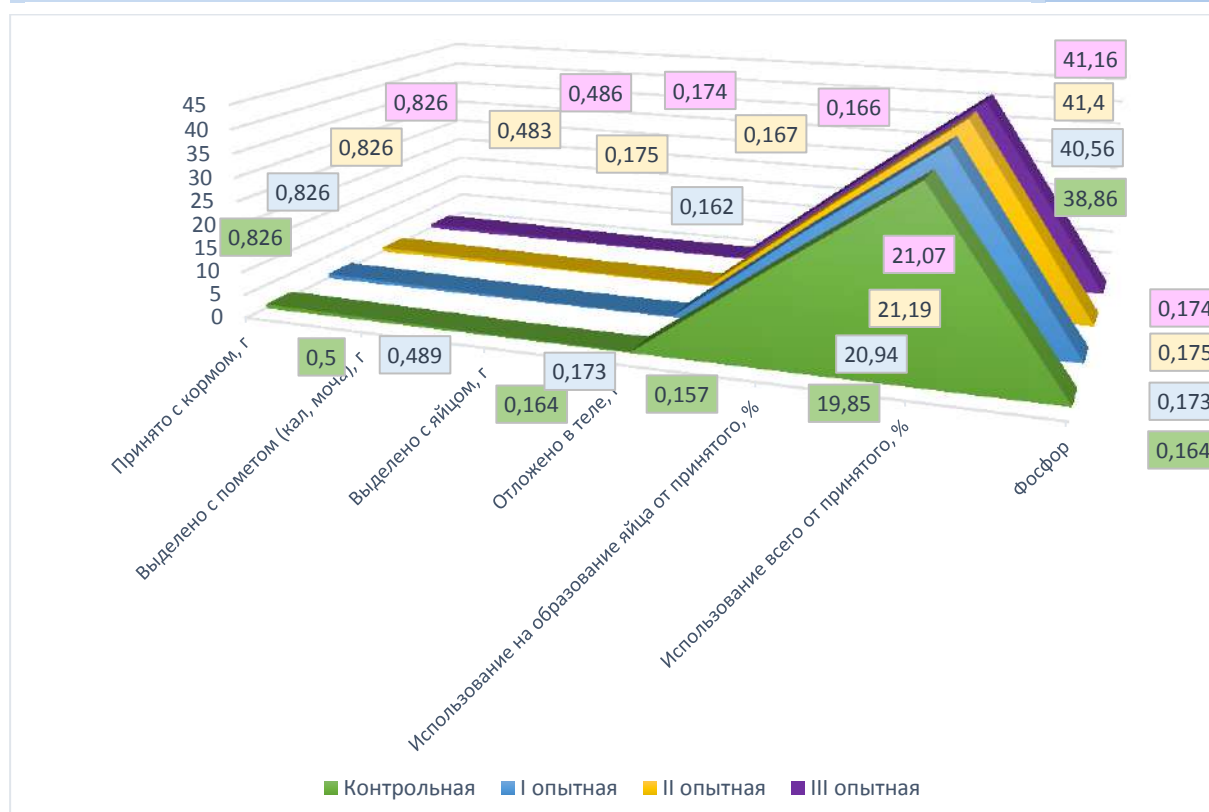


Рисунок 6 – Обмен фосфора в организме племенных кур
Figure 6 – Phosphorus metabolism in the body of breeding chickens

Как и предполагалось, количество фосфора, принятого с кормом, обеспечило организм кур усвояемым фосфором, включая затраты на образование яйца. Задействование усвояемого фосфора на образование яйца курами опытных групп превысило контроль на 3,18 ($P<0,05$), 6,37 ($P<0,05$) и 5,73% ($P<0,05$), а с учетом отложенного в теле – на 1,70 ($P<0,05$), 2,54 ($P<0,05$) и 2,30% ($P<0,05$).

Также было подтверждено лидерство опытных групп по валовому сбору яиц на 125; 193 и 162 штук и интенсивности яйцекладки на 1,74; 2,50 и 2,25% по сравнению с контролем. Расход корма на получение 10 яиц снизился на 0,03; 0,05 и 0,04 кг. Следует также отметить, что число яиц, пригодных для инкубации, увеличилось в опытных группах на 186; 305 и 258 штук. За 12 недель исследования сохранность кур во всех опытных группах составила 98,57% (падеж одна голова в группе), а в контроле 97,14% (две головы в группе).

Выводы. Анализ полученных данных дает основание заключить, что пребиотические кормовые добавки ЛактуВет, ЛактуСупер и Ацидопул F, оказывают позитивный эффект на сорбцию питательных компонентов комбикорма, но отмечено, что ЛактуСупер (II) и Ацидопул F (III опытные группы), где проявился комплексный потенциал входящих в добавки активных ингредиентов, эти процессы протекали активнее по сравнению с ЛактуВет (I опытная группа), где в качестве пребиотического препарата выступала лактулоза. Включение в рацион экспериментальных добавок обеспечило наилучшие зоотехнические показатели по основным параметрам на фоне контроля.

Conclusions. The analysis of the obtained data gives grounds to conclude that prebiotic feed additives LactuVet, LactuSuper and Acidopul F have a positive effect on the sorption of nutritional components of the compound feed, but it is noted that LactuSuper (II) and Acidopul F (III experimental groups), where the complex potential of the active ingredients included in the additives was manifested, these processes proceeded more actively, compared to LactuVet (I experimental group), where lactulose acted as a prebiotic preparation. The inclusion of experimental additives in the diet provided the best zootechnical indicators for the main parameters against the background of the control.

Библиографический список

1. Папуниди Э. К., Габдрахманова А. Р., Смоленцев С. Ю. Влияние препаратов на основе органических кислот и растительного сырья на прирост живой массы и качество мяса цыплят. Вестник Марийского государственного университета. 2019. Т. 5. № 1 (19). С. 28-35.
2. Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Храмцов А. Г., Комарова З. Б., Фролова М. В., Курмашева С. С., Рудковская А. В. Выращивание цыплят-бройлеров с использованием новых кормовых добавок на основе лактулозы. Птица и птицепродукты. 2021. № 1. С. 17-20.
3. Горлов И. Ф., Калинина Н. В., Комарова З. Б., Сложенкина М. И., Струк Е. А., Абрамов С. В. 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.
4. Кочиш И. И., Элькоми Х. С. Пребиотические добавки в кормлении сельскохозяйственной птицы. Материалы 2-й Международной научно-практической конференции. Москва, 2020. С. 181-194.
5. Овчинников А. А., Матросова Ю. В., Овчинникова Л. Ю. Влияние пребиотической кормовой добавки на рост и сохранность ремонтного молодняка кур. Пермский аграрный вестник. 2020. № 4 (32). С. 87-96.
6. Кощаев И. А., Лавриненко К. В., Рядинская А. А. Влияние органических кислот и их солей на рост пестушков-бройлеров кросса «ROSS-308». Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 4 (56). С. 173-180.
7. Денс П. Применение органических кислот в птицеводстве. Farm Animals. 2013. № 3-4. С. 76-79.
8. Комарова З. Б., Калинина Н. В., Сложенкина М. И., Струк Е. А. Эффективность влияния пребиотических кормовых добавок на продуктивность, антиоксидантную защиту и иммунный статус кур. Аграрно-пищевые инновации. 2023. № 1 (21). С. 53-70.
9. Новикова О., Сафонов А. Кормовые добавки для профилактики бактериальных болезней в птицеводстве. Эффективное животноводство. 2019. № 4. С. 57-60.
10. Ghazala A. A., Atta A. M., Elkloub Kout., Mustafa M. EL., Shata R. F. H. Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, nutrients digestibility and health of broiler chicks. International Journal of Poultry Science. 2011. V. 10 (3). Pp. 176-184.
11. Swiatkiewicz S., Koreleski J., Arczewska-Wlosek A. Laying performance and egg shell quality in laying hens fed diets supplemented with prebiotics and organic acid. Czech Journal of Animal Science. 2010. V. 55 (7). Pp. 294-306.
12. Swiatkiewicz S., Arczewska-Wlosek A. Prebiotic fructans and organic acids as feed additives improving mineral availability. World's Poult. Sci. J. 2012. V. 68. Pp. 269-279.
13. Vieira B. S., Caramori J. G., Oliveira C. F. S., Correa G. S. S. Combination of phytase and organic acid for broilers: Role in mineral digestibility and phytic acid degradation. World's Poult. Sci. J. 2018. V. 74. Pp. 711-726.
14. Горлов И. Ф., Калинина Н. В., Сложенкина М. И., Комарова З. Б., Рудковская А. В., Натиров А. К., Должанов П. Б., Березина О. А. Влияние новой фитопребиотической кормовой добавки на хозяйственно-биологические показатели цыплят-бройлеров. Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 4. С. 178-190.
15. Park K. W., Rhee A. R., Um J. S., Paik I. K. Effect of dietary available phosphorus and organic acids on the performance and egg quality of laying hens. The Journal of Applied Poultry Research. 2009. V. 18. Pp. 598-604.
16. Mehdi Y., Létourneau-Montminy M. P., Gaucher M., Chorfi Y., Suresh G., Rouissi T., Brar S. K., Côté C., Ramirez A. A., Godbout S. Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. Anim Nutr. 2018. V. 4. Pp. 170-178.
17. Polycarpo G. V., Andretta I., Kipper M., Cruz-Polycarpo V. C., Dadalt J. C., Rodrigues P. H. M., Albuquerque R. Meta-analytic study of organic acids as an alternative performance-enhancing feed additive to antibiotics for broiler chickens. Poult Sci. 2017. V. 96. Pp. 3645-53.
18. Yadav A. S., Kolluri G., Gopi M., Karthik K., Malik Y. S., Dhama K. Exploring alternatives to antibiotics as health promoting agents in poultry- a review. Exp. Boil Agric Sci. 2016. V. 4. Pp. 368-383.
19. Melaku M., Zhong R., Han H., Wan F., Yi B., Zhang H. Butyric and citric acids and their salts in poultry nutrition: effects on gut health and intestinal microbiota. Int J. Mol. Sci. 2021. V. 22. Pp. 1-17.
20. Hajati H. Application of organic acids in poultry nutrition. Int. J. Avian & Wildlife Biol. 2018. V. 3. Pp. 324-329.
21. Qaisrani S., Van Krimpen M., Kwakkel R., Verstegen M., Hendriks W. Diet structure, butyric acid, and fermentable carbohydrates influence growth performance, gut morphology, and cecal fermentation characteristics in broilers. Poult. Sci. 2015. V. 94. Pp. 2152-1264.

References

1. Papunidi E. K., Gabdrakhmanova A. R., Smolentsev S. Yu. Effect of preparations based on organic acids and plant materials on live weight gain and meat quality of chickens. Bulletin of the Mari State University. 2019. V. 5. No. 1 (19). Pp. 28-35.
2. Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Khramtsov A. G., Komarova Z. B., Frolova M. V., Kurmasheva S. S., Rudkovskaya A. V. Growing broiler chickens using new feed additives based on lactulose. Poultry and poultry products. 2021. No. 1. Pp. 17-20.
3. Gorlov I. F., Kalinina N. V., Komarova Z. B., Slozhenkina M. I., Struk E. A., Abramov S. V. Effect of prebiotic feed additive on physiological, productive parameters and composition of intestinal microbiome of laying hens of the Hisex Brown cross. News of the Lower Volga Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. No. 2 (74). Pp. 223-230.
4. Kochish I. I., Elkomi H. S. Prebiotic additives in feeding agricultural poultry. Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference. Moscow, 2020. Pp. 181-194.
5. Ovchinnikov A. A., Yu. V. Matrosova, L. Yu. The effect of prebiotic feed additive on the growth and survival of young chicken replacements. Perm Agrarian Bulletin. 2020. No. 4 (32). Pp. 87-96.

6. Koshchaev I. A., Lavrinenko K. V., Ryadinskaya A. A. The effect of organic acids and their salts on the growth of ROSS-308 broiler cockerels. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2021. No 4 (56). Pp. 173-180.
7. Dens P. The use of organic acids in poultry farming. *Farm Animals*. 2013. No. 3-4. Pp. 76-79.
8. Komarova Z. B., Kalinina N. V., Slozhenkina M. I., Struk E. A. The effectiveness of the influence of prebiotic feed additives on the productivity, antioxidant protection and immune status of chickens. *Agrarian and food innovations*. 2023. No. 1 (21). Pp. 53-70.
9. Novikova O., Safonov A. Feed additives for the prevention of bacterial diseases in poultry farming. *Effective Animal Husbandry*. 2019. No. 4. Pp. 57-60.
10. Ghazala A. A., Atta A. M., Elkloub., Mustafa M. EL., Shata R. F. H. Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, nutrients digestibility and health of broiler chicks. *International Journal of Poultry Science*. 2011. No. 10 (3). Pp. 176-184.
11. Swiatkiewicz S., Koreleski J., Arczewska-Wlosek A. Laying performance and egg shell quality in laying hens fed diets supplemented with prebiotics and organic acids. *Czech Journal of Animal Science*. 2010. No. 55 (7). Pp. 294-306.
12. Swiatkiewicz S., Arczewska-Wlosek A. Prebiotic fructans and organic acids as feed additives improving mineral availability. *World's Poult. Sci. J.* 2012. No. 68. Pp. 269-279.
13. Vieira B. S., Caramori J. G., Oliveira, C. F. S., Correa G. S. S. Combination of phytase and organic acid for broilers: Role in mineral digestibility and phytic acid degradation. *World's Poult. Sci. J.* 2018. No. 74. Pp. 711-726.
14. Gorlov I. F., Kalinina N. V., Slozhenkina M. I., Komarova Z. B., Rudkovskaya A. V., Natyrov A. K., Dolzhanov P. B., Berezina O. A. Effect of a new phytoprebiotic feed additive on the economic and biological indicators of broiler chickens. *Animal husbandry and forage production*. 2023. Vol. 106. No. 4. Pp. 178-190.
15. Park K. W., Rhee A. R., Um J. S., Paik I. K. Effect of dietary available phosphorus and organic acids on the performance and egg quality of laying hens. *The Journal of Applied Poultry Research*. 2009. No. 18. Pp. 598-604.
16. Mehdi Y., Létourneau-Montminy M. P., Gaucher M., Chorfi Y., Suresh G., Rouissi T., Brar S. K., Côté C., Ramirez A. A., Godbout S. Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Anim Nutr*. 2018. No 4. Pp. 170-178.
17. Polycarpo G. V., Andretta I., Kipper M., Cruz-Polycarpo V. C., Dadalt J. C., Rodrigues P. H. M., Albuquerque R. Meta-analytic study of organic acids as an alternative performance-enhancing feed additive to antibiotics for broiler chickens. *Poult Sci*. 2017. No 96. Pp. 3645-3653.
18. Yadav A. S., Kolluri G., Gopi M., Karthik K., Malik Y. S., Dhama K. Exploring alternatives to antibiotics as health promoting agents in poultry-a review. *Exp Boil Agric Sci*. 2016. No. 4. Pp. 368-383.
19. Melaku M., Zhong R., Han H., Wan F., Yi B., Zhang H. Butyric and citric acids and their salts in poultry nutrition: effects on gut health and intestinal microbiota. *Int. J. Mol. Sci.* 2021. No. 22. Pp. 1-17.
20. Hajati H. Application of organic acids in poultry nutrition. *Int. J. Avian & Wildlife Biol.* 2018. No. 3. Pp. 324-329.
21. Qaisrani S., Van Krimpen M., Kwakkel R., Verstegen M., Hendriks W. Diet structure, butyric acid, and fermentable carbohydrates influence growth performance, gut morphology, and cecal fermentation characteristics in broilers. *Poult. Sci.* 2015. No. 94. Pp. 2152-2164.

Информация об авторах

Абрамов Сергей Владиславович, кандидат ветеринарных наук, соискатель, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9445-4577>, e-mail: 120.net@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, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>, e-mail: niimmp@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, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>, e-mail: niimmp@mail.ru

Комарова Зоя Борисовна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Рудковская Алиса Валерьевна, кандидат биологических наук, лаборант-исследователь, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Струк Евгения Александровна, кандидат биологических наук, лаборант-исследователь, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6679-7847>, e-mail: jastruk@gmail.com

Author's Information

Abramov Sergey Vladislavovich, Candidate of Veterinary Sciences, applicant, Volga Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9445-4577>, e-mail: 120.net@mail.ru

Slozhenkina Marina Ivanovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, Volga Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>, e-mail: niimmp@mail.ru

Gorlov Ivan Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Supervisor, Volga Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>, e-mail: niimmp@mail.ru

Komarova Zoya Borisovna, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Volga Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Rudkovskaya Alisa Valerievna, Candidate of Biological Sciences, Research Laboratory Assistant, Volga Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Struk Evgeniya Aleksandrovna, Candidate of Biological Sciences, Research Laboratory Assistant, Volga Research Institute for Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6679-7847>, e-mail: jastruk@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-26

THE EFFECT OF PROTEIN RAW MATERIALS OF MICROBIAL SYNTHESIS (GAPRIN) ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF TILAPIA MUSCLE TISSUE

Agapova V. N.

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: 55avn5@mail.ru

Received 21.09.2024

Submitted 09.12.2024

Summary

Fish farming, as one of the promising branches of agriculture, which is faced with the task of uninterrupted supply of high-quality food products to the population. Only a professional approach using modern technologies, scientific fundamental research and research applied in the fish farming industry is able to cope with the task, as well as improve the economic condition of aquaculture enterprises by increasing the gross growth of fish.

Abstract

Introduction. Fish is one of the most important dietary products in the human diet, as it is a source of essential amino acids and fatty acids, mineral elements, and is perfectly absorbed by the body. In this regard, there is an important task for aquaculture enterprises, which consists in uninterrupted provision of safe, high-quality fish to the population. Considering this fact, fish farming enterprises are implementing modern and innovative approaches that contribute to financial stability and increase fish productivity. **Object.** The object of research is tilapia. **Materials and methods.** To study the chemical composition of tilapia muscle tissue, studies were conducted at the center "Breeding of Valuable Sturgeon Breeds" of the Volgograd State Agrarian University. Muscle tissue samples were taken from Cichlid test subjects. The determination of the chemical composition of feed and muscle tissue of fish was carried out on the basis of the Volga Federal State Budgetary Scientific Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products. The analysis included the study of the chemical composition of muscle fibers (protein, fat, moisture, calcium, phosphorus), as well as the determination of the amino acid composition (interchangeable and irreplaceable) in the muscle tissue of fish. The experimental material obtained was subjected to biometric processing using Microsoft Office software. As part of this process, an application was used to determine the criterion for the reliability of the difference according to the Student-Fisher. **Results and conclusion.** Introduction of gaprin into aquaculture instead of fishmeal in percentage ratio 25%/75%, 50%/50%, 75%/25% it had a positive effect on the chemical composition of tilapia muscle tissue. Thus, it was found that the highest protein and fat content was observed in tilapia 4 of the experimental group by (1.71% and 2.13%) compared with the control. The 2nd and 3rd experimental groups outperformed the 1st control group in terms of protein content (by 0.19% and 0.28%) and fat (by 0.02% and 0.03%), respectively. The experimental groups that received feed with haprin instead of fishmeal in percentages of 75/25, 50/50 and 25/75 in the composition of muscle tissue had a total index of essential amino acids higher than that of hydrobionts of the 1st control group by (2.07%, 3.42% and 4.59%). A similar result was recorded with respect to interchangeable amino acids, where the total content of interchangeable amino acids in the 1st control group was lower by (1.34%, 3.16% and 3.77%) than in hydrobionts of the 2nd, 3rd and 4th experimental groups, respectively.

Keywords: gaprin, products of microbial synthesis, tilapia, chemical composition of tilapia meat, amino acid composition of tilapia muscle fibers.

Citation. Agapova V. N. The effect of protein raw materials of microbial synthesis (gaprin) on the chemical composition of tilapia muscle tissue. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 248-255 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-26.

Author's contribution. The author made a direct contribution to the planning, execution and analytical processing of the results obtained.

Conflict of interest. The author claim that there is no conflict of interests.

УДК 639.37.084

ВЛИЯНИЕ БЕЛКОВОГО СЫРЬЯ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА (ГАПРИН) НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ТИЛАПИИ**Агапова В. Н.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцентФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Рыба – один из важнейших диетических продуктов в питании человека, так как является источником незаменимых аминокислот и жирных кислот, минеральных элементов, витаминов, прекрасно усваивается организмом. В связи с большой потребностью населения в данном продукте перед аквакультурными предприятиями стоит важная задача, заключающаяся в бесперебойном обеспечении населения безопасной, качественной рыбой. Учитывая данный факт, рыболовные предприятия внедряют современные и новейшие подходы, способствующие финансовой стабильности и увеличению рыбопродуктивности. **Объект.** Объектом исследований является тилапия. **Материалы и методы.** Для изучения химического состава мышечной ткани тилапии были проведены исследования в центре «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Были отобраны образцы мышечной ткани у подопытных цихлидовых. Определение химического состава корма, мышечной ткани рыб было проведено на базе ФГБНУ "Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции". Анализ включал в себя изучение химического состава мышечных волокон (белок, жир, влага, кальций, фосфор), а также определение аминокислотного состава (заменимых и незаменимых кислот) в мышечной ткани рыб. Полученный экспериментальный материал был подвергнут биометрической обработке с использованием программного обеспечения Microsoft Office. В рамках этого процесса использовалось приложение для определения критерия достоверности разности по Стьюденту-Фишеру. **Результаты и выводы.** Ввод в аквакорма гаприна взамен рыбной муки в процентном соотношении 25%/75%, 50%/50%, 75%/25% оказал положительное воздействие на химический состав мышечной ткани тилапии. Наибольшее содержание белка и жира по сравнению с контролем наблюдалось у тилапии 4 опытной группы (на 0,35% и 0,04%). 2 и 3 опытные группы превосходили 1 контрольную группу по содержанию белка (на 0,19 % и 0,28%) и жира (на 0,02% и 0,03%), соответственно. Опытные группы, получавшие корма с гаприном взамен рыбной муки, по итогам исследования имели в составе мышечной ткани наибольший суммарный показатель содержания незаменимых аминокислот, чем у гидробионтов 1 контрольной группы (на 0,23%, 0,38% и 0,51%). Подобный результат был зафиксирован в отношении заменимых аминокислот, где суммарное содержание заменимых аминокислот в 1 контрольной группе было ниже (на 0,11%, 0,26% и 0,31%), чем у гидробионтов 2, 3 и 4 опытных групп.

Ключевые слова: гапριν, продукты микробного синтеза, тилапия, химический состав мяса тилапии, аминокислотный состав мышечных волокон тилапии.

Цитирование. Агапова В. Н. Влияние белкового сырья микробного синтеза (гапριν) на химический состав мышечной ткани тилапии. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 248-255. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-26.

Авторский вклад. Автор произвел непосредственный вклад в планирование, выполнение и аналитическую обработку полученных результатов.

Конфликт интересов. Автор утверждает, что столкновение интересов отсутствует.

Введение. Рыбная мука является одним из важнейших ингредиентов, применяемых в процессе изготовления аквакормов. Объясняется это прежде всего тем, что белки рыбной муки близки белкам тела рыбы, а также содержат все незаменимые аминокислоты, минеральные элементы, жирные кислоты и витамины, необходимые для здорового и интенсивного роста представителей аквакультуры [1, 2, 3, 4, 5]. В связи с этим биодоступность рыбной муки находится в высоких пределах, показатели которой находятся на уровне 93-95%.

Помимо несомненных плюсов рыбная мука, используемая в изготовлении индустриальных кормов, имеет также существенные недостатки, ограничивающие использования этого ингредиента. К ним относится высокая стоимость, которая напрямую связана со снижением естественного прироста рыбы и ростом численности населения, дорогостоящая логистика и т.п. Высокий спрос на рыбную муку приводит некоторых производителей данного компонента корма к производству фальсифицированного ингредиента, путем ввода, например, небелкового азота в виде мочевины или сульфата аммония, опасного для всех многострочных живых организмов. Дабы увеличить содержание сырого протеина, недобросовестные производители могут вносить в рыбную муку гидролиз пера птицы, соевый шрот, кровяную муку, дрожжи, барду и другие дешёвые компоненты, тем самым снижая

качество и ухудшая аминокислотный состав муки. Безусловно, применение фальсификатов или миксов рыбной муки зачастую снижает уровень продуктивности, замедляет рост и развитие у представителей аквакультуры, является опасным для жизни гидробионтов.

Поиск высокобелковых компонентов, способных заменить рыбную муку в аквакормах, на сегодня стоит очень остро, в связи с этим применение нетрадиционных источников белка может стать решением и выходом из сложившейся ситуации [6, 7]. Применение растительных ингредиентов и продуктов их переработки, насекомых, микроорганизмов, способных синтезировать белок является актуальным в решении данного вопроса [8, 9, 10, 11, 12].

Биомасса инаktivированных клеток, полученная путем культивирования непатогенной метанотрофной бактерии *Mithylococcus capsulatus* в природном газе, называется гаприном. Бактерии *Mithylococcus capsulatus* быстро размножаются, производя большие объемы высококачественного белка, применимого в кормлении гидробионтов

Цель исследования – изучение влияния белкового сырья микробного синтеза (гаприна) на химический состав мышечной ткани тилапии.

Материалы и методы. Оценка влияния гаприна как высокобелкового ингредиента микробиального синтеза на химический состав мышечной ткани молоди тилапии проводилась в установках замкнутого водоснабжения на базе центра разведения ценных пород осетровых при ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ [13, 14]. Было сформировано 4 группы по 100 особей в каждой. Первоначальный вес гидробионтов подопытных групп был в пределах 64-65 г. Продолжительность опыта 60 дней. Тилапия 1 контрольной группы потребляла общехозяйственный рацион (ОР), 2 опытной группе вводился ОР, в котором была проведена замена рыбной муки на гаприн в объеме 25%, 3 опытной группе скармливался ОР с заменой рыбной муки гаприном на 50%, в 4 опытной группе в составе ОР рыбная мука была замещена на продукт микробиального синтеза в общем объеме на 75%.

Расчет и баланс питательных веществ кормов для всех четырех групп подопытной тилапии был произведен с помощью программы «КормОптим». Аквакорма были изготовлены исключительно из ингредиентов отечественного производства на Волгоградском кормовом предприятии ООО «Иновация». Раздача кормов тилапии осуществлялась 3 раза в сутки, ежедневно учитывалась суточная дача и объем съеденных кормов рыбой. Учет роста и развития у подопытных особей осуществлялся путем взвешивания и измерения линейных промеров тела 1 раз в месяц [15].

Результаты и выводы. Изучение влияния продукта микробиального синтеза гаприна на химический состав мышечной ткани тилапии является маркером, как питательности, так и качества корма (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав мяса молоди тилапии, (n = 3)

Table 1 – Chemical composition of tilapia juvenile meat, (n = 3)

Показатель / Index	Группы / Group			
	1 контрольная / 1 Control	2 опытная / 2 Experimental	3 опытная / 3 Experimental	4 опытная / 4 Experimental
Вода, % / Water, %	77,54±3,9	77,33±2,4	77,23±4,2	77,15±3,5
Белок, % / Protein, %	20,58±0,9	20,77±0,6	20,86±1,1	20,93±0,7
Жир, % / Fat, %	1,88±0,08	1,9±0,1	1,91±0,15	1,92±0,06
Кальций, мг/кг / Calcium, mg/kg	14,4±0,7	14,37±0,4	14,25±0,8	14,19±0,5
Фосфор, мг/кг / Phosphorus, mg/kg	206,15±9,3	205,39±6,2	205,14±11,1	204,08±8,9

Из данных, указанных в таблице 1, следует, что содержание влаги в мышечных волокнах у тилапии 1 контрольной группы было выше по сравнению со 2, 3 и 4 опытными группами на 0,27%, 0,40% и 0,51%, соответственно.

По содержанию жира и белка в мышечных волокнах имели преимущество представители опытных групп, которые получали гаприн взамен рыбной муки, в сравнении с 1 контрольной группой. Наибольшее содержание белка и жира наблюдалось у тилапии 4 опытной группы (на 0,35% и 0,04%) по сравнению с контролем. 2 и 3 опытные группы превосходили 1 контрольную группу по содержанию белка (на 0,19 % и 0,28%) и жира (на 0,02% и 0,03%), соответственно (рисунок 1).

Процент содержания таких макроэлементов, как кальций и фосфор в тканях опытной тилапии, которой в рацион вводился продукт микробиального синтеза гаприн, был ниже, чем у 1 контрольной группы. Соответственно, чем больше замещалось рыбной муки гаприном, тем меньшее количество данных минеральных элементов откладывалось в мышечных волокнах рыбы. Все опытные группы: 2, 3 и 4 – уступали 1 контрольной группе по показателю кальция (на 0,03%, 0,15% и 0,21%) и фосфора (на 0,76%; 1,01% и 2,07%).

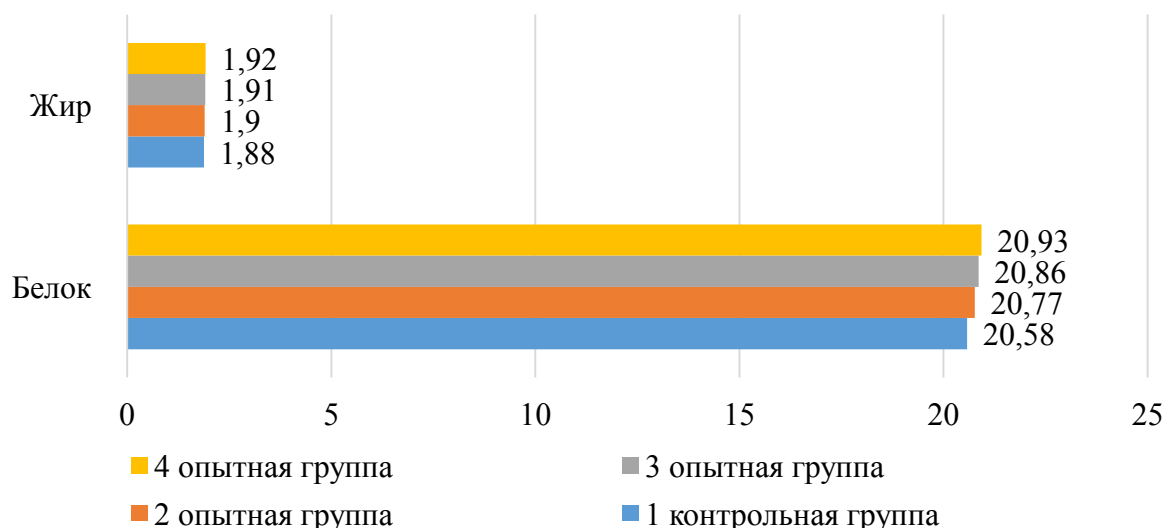


Рисунок 1 – Содержание белка и жира в мышечной ткани молодежи тилапии

Figure 1 – Protein and fat content in the muscle tissue of juvenile tilapia

Изучение аминокислотного состава мышечной ткани молодежи тилапии является важным в процессе проведения исследования, так как он характеризует качественные характеристики, а также пищевую ценность рыбы, как ценного диетического продукта питания человека (таблица 2).

Таблица 2 – Аминокислотный состав мышечной ткани подопытной молодежи нильской тилапии (n=3), %

Table 2 – Amino acid composition of the muscle tissue of the experimental juvenile Nile tilapia (n=3), %

Аминокислота / Amino acid	Группа / Group			
	1 контрольная / 1 Control	2 опытная / 2 Experimental	3 опытная / 3 Experimental	4 опытная / 4 Experimental
Аргинин / Arginine	1,18±0,07	1,2±0,04	1,21±0,08	1,23±0,07
Валин / Valine	1,02±0,05	1,05±0,03	1,06±0,06	1,07±0,04
Гистидин / Histidine	0,64±0,03	0,66±0,02	0,68±0,04	0,69±0,04
Изолейцин / Isoleucine	1,89±0,08	1,92±0,06	1,93±0,12	1,94±0,1
Лизин / Lysine	1,75±0,09	1,77±0,05	1,78±0,1	1,80±0,09
Лейцин / Leucine	0,73±0,04	0,75±0,02	0,77±0,04	0,78±0,03
Метионин / Methionine	0,97±0,04	0,99±0,03	1,02±0,06	1,02±0,03
Треонин / Threonine	1,55±0,09	1,57±0,05	1,58±0,1	1,60±0,08
Триптофан / Tryptophan	1,07±0,04	1,1±0,03	1,11±0,06	1,13±0,05
Фенилаланин / Phenylalanine	0,32±0,01	0,34±0,01	0,36±0,02	0,37±0,02
Всего незаменимых аминокислот / Total Essential Amino Acids	11,12	11,35	11,5	11,63
Глутаминовая кислота / Glutamic acid	3,14±0,09	3,16±0,09	3,19±0,19	3,20±0,16
Аланин / Alanine	1,25±0,07	1,26±0,04	1,29±0,08	1,30±0,08
Глицин / Glycine	0,91±0,04	0,93±0,03	0,95±0,06	0,96±0,06
Пролин / Proline	1,30±0,04	1,32±0,04	1,35±0,08	1,35±0,05
Серин / Serine	0,82±0,04	0,84±0,03	0,86±0,06	0,87±0,05
Тирозин / Tyrosine	0,81±0,04	0,83±0,02	0,85±0,05	0,86±0,05
Всего заменимых аминокислот / Total Nonessential Amino Acids	8,23	8,34	8,49	8,54

Суммарный уровень незаменимых аминокислот в тканях тилапии подопытных групп указывает прежде всего на количество данных аминокислот, поступивших с кормами, в частности с гаприном, так как незаменимые аминокислоты не могут синтезироваться в организме или синтезируются в малом количестве, недостаточном для жизнедеятельности рыб.

Таким образом, представители опытных групп, получавшие корма с гаприном взамен рыбной муки, в процентном соотношении 25/75, 50/50 и 75/25 в составе мышечной ткани имели незаменимых аминокислот больше, чем у гидробионтов 1 контрольной группы (на 0,23%, 0,38% и 0,51%) (рисунок 2).

Суммарное содержание заменимых аминокислот в 1 контрольной группе было ниже (на 0,11%, 0,26% и 0,31%), чем у гидробионтов 2, 3 и 4 опытных групп (рисунок 2).



Рисунок 2 – Суммарное содержание незаменимых и заменимых аминокислот в мышечной ткани молоди тилапии, %

Figure 2 – The total content of essential and non-essential amino acids in the muscle tissue of juvenile tilapia, %

Внимательно изучая показатели содержания незаменимых аминокислот, обнаруженных в тканях тилапии, отмечаем, что представители 1 контрольной группы, получавшие ОР, уступали по данному показателю всем опытным группам, рацион которых содержал продукт микробиального синтеза гаприн.

Процент содержания отдельных незаменимых аминокислот у гидробионтов 2, 3 и 4 опытных групп был выше, чем у молоди тилапии 1 контрольной группы: аргинина (на 0,02%, 0,03% и 0,05%), изолейцина (на 0,03%, 0,04% и 0,05%), лизина (на 0,02%, 0,03% и 0,05%), метионина (на 0,02%, 0,05% и 0,05%), триптофана (на 0,03%, 0,04% и 0,06%), фенилаланин (на 0,02%, 0,04% и 0,05%) (рисунок 3).

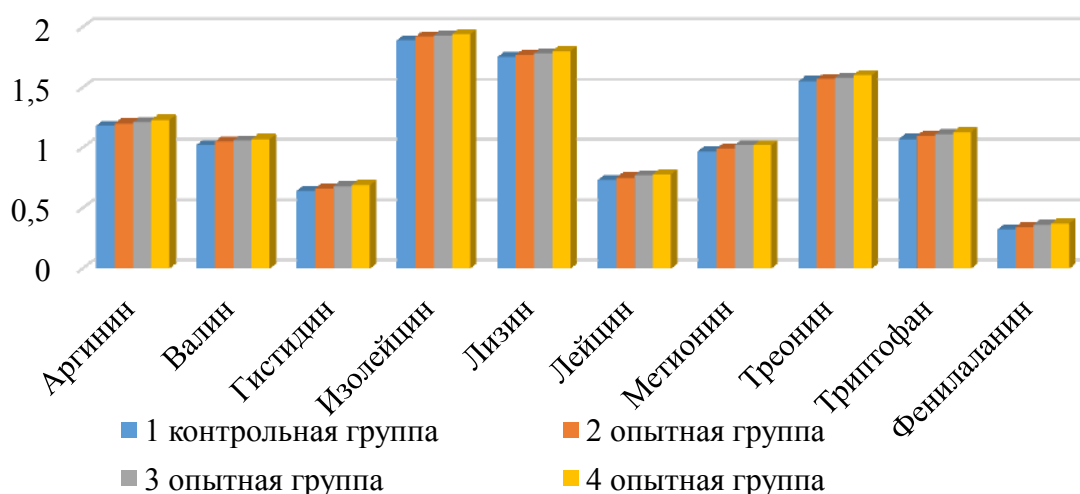


Рисунок 3 – Содержание незаменимых аминокислот в мышечной ткани молоди тилапии

Figure 3 – The content of essential amino acids in the muscle tissue of juvenile tilapia

Отмечено, что содержание в мышечной ткани представителей цихлидовых рыб заменимых аминокислот было выше у всех гидробионтов опытных групп по отношению к 1 контрольной группе (рисунок 4). По показателю содержания аланина контрольная группа уступала 2, 3 и 4 опытным группам на 0,01%, 0,04% и 0,05%, глицина – 0,02%, 0,04% и 0,05%, глютаминовая кислота – на 0,02%, 0,05% и 0,06%, пролина – 0,02%, 0,05% и 0,05%, серина – 0,02%, 0,04% и 0,05%, тирозина – 0,02%, 0,04% и 0,05%.

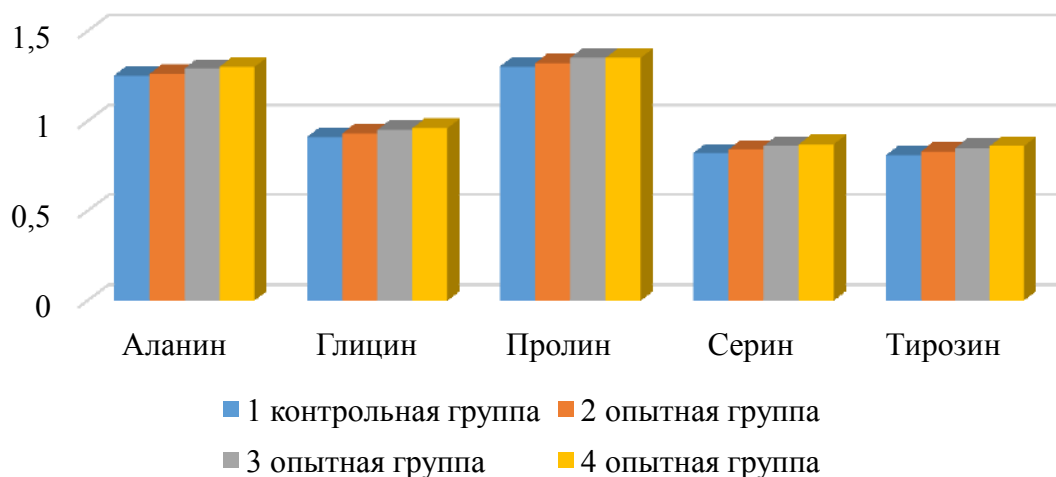


Рисунок 4 – Содержание заменимых аминокислот в мышечной ткани молоди тилапии
Figure 4 – The content of interchangeable amino acids in the muscle tissue of juvenile tilapia

Выводы. Отмечено положительное воздействие продукта микробиального синтеза гаприна на химический состав мяса тилапии, выраженный в увеличении содержания белка, жира, заменимых и незаменимых аминокислот в мышечной ткани рыбы.

Наибольшие показатели содержания белка и жира были отмечены у представителей 2, 3 и 4 опытных групп, которым в рационы вводился гаприн взамен рыбной муки на 25%, 50% и 75%, соответственно. В 4 опытной группе процент содержания белка и жира был выше по сравнению с опытными группами и 1 контрольной группой.

Также более высокое суммарное содержание незаменимых и заменимых аминокислот было отмечено во всех опытных группах, но превалировала по данному показателю 4 опытная группа.

Ввод гаприна в аквакорма взамен рыбной муки является одним из способов решения проблем, связанных с потребностью в высокобелковых источниках питания в кормлении рыб, способен снизить экономические издержки и тем самым увеличить рентабельность и производительность рыбоводных предприятий.

Conclusions. The positive effect of the product of microbial synthesis of gaprin on the chemical composition of tilapia meat was noted, expressed in an increase in the content of protein, fat, interchangeable and essential amino acids in the muscle tissue of fish.

The highest levels of protein and fat content were observed in representatives of the 2nd, 3rd and 4th experimental groups, who received gaprin in their diets as a substitute for fishmeal by 25%, 50% and 75%, respectively. In 4 experimental groups, the percentage of protein and fat content was higher compared to the experimental groups and 1 control group.

Also, a higher total content of essential and non-essential amino acids was noted in all experimental groups, but the 4 experimental group prevailed according to this indicator.

The introduction of gaprin into aquaculture feed instead of fishmeal is one of the ways to solve the problems associated with the need for high-protein food sources in fish feeding, it can reduce economic costs and thereby increase the profitability and productivity of fish farming enterprises.

Библиографический список

1. Крымов В. Г. и др. Использование комбикормов с разным содержанием протеина и жира в процессе индустриального товарного выращивания осетровых рыб в установках с замкнутым циклом водоиспользования. Вестник Камчатского государственного технического университета. 2019. № 47. С. 68-78.
2. Шумак В. В. Программа расчета разовых норм кормления с учетом роста рыбы. Аграрная Россия. 2016. № 11. С. 8-10.

3. Kovaleva A. V., et al. High-Protein Food Processing Product as Part of Protein-Vitamin-Mineral Concentrates for Growing Broiler Chickens. Sustainable Development: Agriculture, Veterinary Medicine and Ecology: II International Conference (VMAEE-II-2023). New York: AIP PUBLISHING, 2023. V. 3011. P. 20001.

4. Сидорова В. И. и др. Разработка новых технологий и техники производства кормов для рыб. Новости науки Казахстана. 2017. № 4 (134). С. 164-182.

5. Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Драган И. В., Михайлова Н. А. Разработка продукционных экструдированных кормов для индустриального производства тилапии. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. Т. 81. № 1 (79). С. 132-137.

6. Урсу Р. В. и др. Количественный и качественный аминокислотный анализ альтернативных источников протеина в комбикормах. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 362-369.

7. Поддубная И. В. и др. Технология приготовления вермимуки из компостного червя для кормления объектов аквакультуры. Аграрная Россия. 2023. № 11. С. 45-48.

8. Ранделин Д. А. и др. Влияние кормовой добавки "БЕТА-ФЛОРА" в составе продукционных лососевых кормов на хозяйственно-биологические показатели радужной форели. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 225-232.

9. Зенкович П. А., Корентович М. А., Литвиненко А. И., Томилова Е. В. Влияние кормления стартовыми искусственными кормами, обогащенными гаперином, на содержание микроэлементов в ранней молоди сибирского осетра. Journal of Agriculture and Environment. 2023. № 11 (39).

10. Ранделин Д. А., Агапова В. Н., Кравченко Ю. В., Агапов С. Ю. Показатели роста и развития радужной форели при скормливании кормовой добавки "Бета-Флора". Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 230-238.

11. Усенко В. В., Войтенко А. С. Кормовая добавка из виноградной улитки как альтернативный источник белка для объектов аквакультуры. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 102. С. 307-314.

12. Агапова В. Н., Ранделин Д. А., Кравченко Ю. В., Новокшенова А. И. Эффективность применения белкового сырья микробного синтеза на показатели роста и развития стерляди. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 402-407.

13. Ранделин Д. А. и др. Влияние альтернативного белкового сырья «Гаприн» - продукта микробного синтеза на продуктивные качества радужной форели. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 1(73). С. 163-172.

14. Воронцова Е. С. и др. Влияние белкового сырья микробного синтеза (гаприн) на химический состав мышечной ткани стерляди. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 110. С. 204-210.

15. Бабо Ж. Ж., Кадиев А. К. Перспективы искусственного выращивания тилапии (*Oreochromis niloticus*). Проблемы развития АПК региона. 2021. № 1 (45). С. 140-144.

References

1. Krymov V. G., et al. The use of compound feeds with different protein and fat content in the process of industrial commercial cultivation of sturgeon fish in installations with a closed water use cycle. Bulletin of the Kamchatka State Technical University. 2019. No. 47. Pp. 68-78.

2. Shumak V. V. Program for calculating one-time feeding rates taking into account fish growth. Agrarian Russia. 2016. No 11. Pp. 8-10.

3. Kovaleva A. V., et al. High-Protein Food Processing Product as Part of Protein-Vitamin-Mineral Concentrates for Growing Broiler Chickens. Sustainable Development: Agriculture, Veterinary Medicine and Ecology: II International Conference (VMAEE-II-2023). New York: AIP PUBLISHING, 2023. V. 3011. P. 20001.

4. Sidorova V. I., et al. Development of new technologies and techniques for the production of fish feed. Science news of Kazakhstan. 2017. No. 4 (134). Pp. 164-182.

5. Vasilenko V. N., Frolova L. N., Dragan I. V., Mikhailova N. A. Development of production extruded feeds for industrial tilapia production. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2019. V. 81. No 1 (79). Pp. 132-137.

6. Ursu R. V., et al. Quantitative and qualitative amino acid analysis of alternative protein sources in compound feeds. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. No 4 (68). Pp. 362-369.

7. Poddubnaya I. V., et al. The technology of making vermicompost worm vermicompost for feeding aquaculture facilities. Agrarian Russia. 2023. No 11. Pp. 45-48.

8. Randelin D. A., et al. The effect of the feed additive "BETA-FLORA" in the composition of production salmon feeds on the economic and biological indicators of rainbow trout. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. No. 4 (68). Pp. 225-232.

9. Zenkovich P. A., Korentovich M. A., Litvinenko A. I., Tomilova E. V. The effect of feeding with starter artificial feeds enriched with gaprin on the content of trace elements in early Siberian sturgeon juveniles. Journal of Agriculture and Environment. 2023. № 11 (39).

10. Randelin D. A., Agapova V. N., Kravchenko Yu. V., Agapov S. Yu. Growth and development indicators of rainbow trout when feeding the feed additive "Beta-Flora". Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. No 2 (66). Pp. 230-238.

11. Usenko V. V., Voitenko A. S. Feed additive from grape snail as an alternative source of protein for aquaculture facilities. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2022. No 102. Pp. 307-314.

12. Agapova V. N., Randelin D. A., Kravchenko Yu. V., Novokshchenova A. I. The effectiveness of using protein raw materials of microbial synthesis on the growth and development of sterlet. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. No 2 (70). Pp. 402-407.

13. Randelin D. A., et al. The effect of the alternative protein raw material "Gaprin", a product of microbial synthesis, on the productive qualities of rainbow trout. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. No 1 (73). Pp. 163-172.

14. Vorontsova E. S., et al. The effect of protein raw materials of microbial synthesis (haprin) on the chemical composition of sterlet muscle tissue. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2024. No 110. Pp. 204-210.

15. Babo Zh. Zh., Kadiev A. K. Prospects for artificial cultivation of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Problems of the Development of the Agro-Industrial Complex of the Region*. 2021. No 1 (45). Pp. 140-144.

Информация об авторах

Агапова Василина Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский просп., д. 26), e-mail: 55avn5@mail.ru

Author's information

Agapova Vasilina Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Biore-sources and Aquaculture, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: 55avn5@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-27

THE USE OF MAGNESIUM IN FEEDING FARM ANIMALS AND POULTRY (REVIEW)

Arinzhanova M. S., Miroshnikov I. S., Ryazanov V. A., Soboleva N. V.

*Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences
Orenburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail niimmp@mail.ru

Received 15.08.2024

Submitted 17.10.2024

**The research was carried out as part of the implementation of the thematic research plan for 2024-2026.
FNWZ-2024-0002 of the Federal State Budgetary Scientific Research Center of the BST RAS**

Abstract

Introduction. Magnesium (Mg) is a macronutrient, which is an important cation for regulating the electrolyte balance in the animal body, involved in many cellular functions and acting as a cofactor. Magnesium is necessary for the synthesis of ATP and the functioning of the immune system. This element softens the state of excitability and increases resistance to stress. Magnesium is a vital chemical element for farm animals. The deficiency of this macronutrient causes changes in biochemical processes, which can provoke an increase in the risk of various diseases. It has been experimentally proven that the use of magnesium in livestock feeding, in dosages exceeding the estimated minimum requirements, is a promising way to increase productivity and improve product quality. Thus, the additional introduction of magnesium into the diet helps to avoid diseases associated with hypomagnesemia and promotes the growth of cattle; improves the quality of meat and fertility of sows; It allows you to improve the quality of meat of broiler chickens and egg laying hens. The use of magnesium-containing mineral additives in animal and bird feeding helps to avoid magnesium deficiency, increase productivity and maintain an optimal level of this macronutrient in animal products. The purpose of this review is to study the effect of magnesium on productivity and to evaluate the effect of organic and inorganic forms of this element on the body of animals and poultry for the possibility of developing new feed additives and premixes.

Keywords: feeding of farm animals, diets of poultry, livestock productivity, egg production of poultry.

Citation. Arinzhanova M. S., Miroshnikov I. S., Ryazanov V. A., Soboleva N. V. The use of magnesium in feeding farm animals and poultry (review). *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 255-265 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-27.

The 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 final version presented.

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

УДК 636.5:636.22/28:636.32/28:577.17

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИЯ В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦ (ОБЗОР)

Аринжанова М. С., кандидат биологических наук
Мирошников И. С., кандидат сельскохозяйственных наук
Рязанов В. А., кандидат сельскохозяйственных наук
Соболева Н. В., кандидат сельскохозяйственных наук

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

**Исследования проведены в рамках выполнения тематического плана НИР на 2024-2026 гг.
ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН № FNWZ-2024-0002.**

Актуальность. Магний (Mg) – макроэлемент, являющийся важным катионом для регулирования электролитного баланса в организме животных, участвующий во многих клеточных функциях и выступающий в качестве кофактора. Магний необходим для синтеза АТФ и функционирования иммунной системы. Этот элемент смягчает состояние возбудимости и повышает устойчивость к стрессу.

су. Магний является жизненно необходимым химическим элементом для сельскохозяйственных животных. Дефицит этого макроэлемента вызывает изменения в биохимических процессах, что может спровоцировать увеличение риска возникновения различных заболеваний. Экспериментально доказано, что применение в кормлении домашнего скота магния в дозировках, превышающих расчетные минимальные потребности, является перспективным способом повышения продуктивности и улучшения качества продукции. Так, дополнительное введение в рацион магния помогает избежать заболеваний, связанных с гипомagneмией, и способствует росту крупного рогатого скота; способствует улучшению качества мяса и плодовитости свиноматок; позволяет повысить качество мяса цыплят-бройлеров и яйценоскость кур-несушек. Использование магнийсодержащих минеральных добавок в кормлении животных и птиц позволяет избежать недостатка магния, повысить продуктивность и поддерживать оптимальный уровень этого макроэлемента в продуктах животного происхождения. Цель данного обзора заключается в изучении влияния магния на продуктивность и оценки действия органических и неорганических форм этого элемента на организм животных и птицы для возможности разработки новых кормовых добавок и премиксов.

Ключевые слова: кормление сельскохозяйственных животных, рационы сельскохозяйственной птицы, продуктивность скота, яйценоскость птицы.

Цитирование. Аринжанова М. С., Мирошников И. С., Рязанов В. А., Соболева Н. В. Применение магния в кормлении сельскохозяйственных животных и птиц (обзор). *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 255-265. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-27.

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. Минеральные вещества требуются для нормального роста, продуктивности и здоровья всех объектов животноводства и птицеводства. Существует множество факторов, влияющих на потребность сельскохозяйственных животных в минералах, таких как вид, возраст, физиологическое состояние и уровень продуктивности (среднесуточный прирост массы, удои, яйценоскость и т. д.). В последние десятилетия производительность и эффективность высокопродуктивных сельскохозяйственных животных и птиц значительно увеличились, что выражается в повышении коэффициента конверсии корма (количество корма в килограммах, необходимого для получения одного килограмма животноводческой продукции). В связи с этим возникает необходимость корректировать их рацион кормления.

Магний (Mg), относится к числу семи основных макроэлементов, являющихся ключевыми элементами кормления и необходим для роста и жизнедеятельности животных и птиц. Данный элемент принимает участие в регуляции обмена веществ, активации аминокислот, синтезе и деградации ДНК и играет ключевую роль в нейротрансмиссии и иммунной функции [1]. Основным источником энергии в клетках (аденозинтрифосфат) должен быть связан с Mg для превращения аденозинтрифосфата в циклический аденозинмонофосфат ферментом аденилатциклазой. Кроме того, Mg участвует в сокращении мышц и стабильности полифосфатных соединений в клетках, в том числе связанных с синтезом белка и нуклеиновых кислот [2].

Среднее содержание Mg в организме большинства животных составляет ~0,4 г/кг массы тела [3]. Распределение магния в организме составляет от 60 до 70% в скелете, 25% в мягких тканях и 1% во внеклеточной жидкости. Следовательно, поскольку большая часть магния связана с костной тканью, молокопитающие зависят от постоянного поступления магния в организм [4].

Хотя животные получают необходимый магний из обычного корма, исследования и опыт показывают, что добавление магния в рацион некоторых животных, например, жвачных и свиней, может существенно повысить их продуктивность и качество продукции. Это связано с тем, что магний играет ключевую роль в различных метаболических процессах, влияющих на здоровье и развитие. Включение дополнительных источников магния сверх минимальной потребности помогает предотвратить дефицит этого элемента, что приводит к улучшению пищеварения, увеличению прироста массы тела, повышению удоя у коров и улучшению качества мяса и молока [5, 6, 7].

Магнийсодержащие кормовые добавки могут быть классифицированы по разным критериям, включая химическую форму, источник происхождения и способ производства. Некоторые основные классы кормовых добавок магния включают оксиды, гидроксиды, сульфаты, хелаты и органические соединения магния. Каждый класс добавок имеет свои особенности и применяется в зависимости от конкретных потребностей животных [8]. Оксиды, карбонаты и сульфаты являются источниками высокодоступного магния для сельскохозяйственных животных и птиц [9]. Однако химические и физические характеристики источника минерала могут повлиять на его биодоступность [10]. Например, химическая структура источников оксида магния (MgO) и карбонатов может иметь разную растворимость и буферную способность [11], что может влиять на минеральный баланс и продуктивность животных и птиц [12]. Также на реакционную способность минерального вещества и его состояние в организме влияют физические характеристики, такие как размер частиц [10, 13].

Добавление магния в рационы является важной практикой для повышения продуктивности животных и птиц. Учеными ведется разработка новых кормовых добавок и премиксов, содержащих различные высокодоступные формы магния.

Клеточный гомеостаз магния в организме.

Магний – это незаменимый элемент, жизненно важный для всех живых организмов. Он является наиболее распространенным клеточным двухвалентным катионом, занимая второе место по распространенности среди внутриклеточных катионов (после калия) и четвертое место по распространенности среди всех минералов в организме (после кальция, натрия и калия). Магний играет ключевую роль в структурных функциях, метаболических процессах, работе нервной системы и иммунной системы, а также в каталитическом функционировании множества ферментативных реакций, воздействуя на их субстраты [14]. Он необходим для всех процессов окислительного фосфорилирования, производства энергии, синтеза белка, нуклеиновых кислот и гликолиза [15]. Магний также важен для активного переноса других ионов через клеточные мембраны, модуляции сокращения мышц, нормального сердечного ритма и возбудимости нейронов [16]. Магний участвует в митохондриальном синтезе аденозинтрифосфата (АТФ) с образованием $MgATP$, который необходим для ключевых клеточных реакций и передачи сигналов, включая все реакции фосфорилирования белков и активацию циклического аденозинмонофосфата (цАМФ), участвующего во многих биохимических процессах клетки, включая процессы рибонуклеиновых кислот (РНК) и синтез дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), метаболизм глюкозы, передача сигналов мышечных и нервных клеток и контроль артериального давления [17]. Магний играет важную роль в иммунной системе, влияя как на врожденный, так и на адаптивный иммунный ответ [18]. Он необходим для выработки иммуноглобулинов, являясь важным кофактором в этом процессе [19]. Кроме того, магний участвует в синтезе и распределении витамина D, который играет ключевую роль в защите от вирусных инфекций [20].

Роль магния в кормлении полигастричных и моногастричных животных, а также сельскохозяйственной птицы.

Полигастричные представляют собой группу жвачных животных (крупный рогатый скот, овцы, козы и т.д.), которые обладают специфической системой пищеварения, в связи с чем их рацион должен быть богат клетчаткой и включать достаточное количество питательных и минеральных веществ [21]. Магнийсодержащие кормовые добавки являются важным компонентом рациона полигастричных, обеспечивая необходимый уровень магния и способствуя оптимальному функционированию их пищеварительной системы [22]. Для мясного и молочного крупного рогатого скота рекомендуется потребление магния в диапазоне от 1,2 до 3 граммов на килограмм сухого вещества (СВ) [23]. Обеспечение скота достаточным количеством магния важно для поддержания его здоровья и предотвращения дефицита этого элемента.

Недостаток магния (субклиническая гипомагниемия) снижает способность коров мобилизовать кальций из костей в ответ на его недостаток. Магний играет важную роль в усвоении кальция из кишечника и мобилизации его из костей, что необходимо для поддержания уровня кальция в крови [24].

Уровень магния в плазме крови у коров обычно составляет от 0,9 до 1,2 ммоль/л при условии, что приток за счет всасывания из области преджелудка во внеклеточное пространство превышает отток в мягкие ткани и кости для роста плода во время беременности, выработки молока, эндогенной секреции кишечника и мочи [25]. Мобилизация магния из кости маловероятна, поскольку соотношение Ca:Mg составляет 42:1, что может нарушить гомеостаз кальция [26]. Следовательно, абсорбция из преджелудочной области, вероятно, является ключевым фактором, определяющим уровни магния в плазме, которые можно поддерживать постоянными только тогда, когда суточная потребность адекватно сбалансирована абсорбцией в рубце [25].

В связи с вышесказанным добавки магния имеют решающее значение для поддержания продуктивности жвачных животных. Типичные кормовые источники для жвачных животных не всегда обеспечивают достаточное количество магния. Например, молоко, используемое для выращивания телят, а также такие растения, как яровые травы, кукурузный силос и злаки, имеют низкое содержание магния. Бобовые корма и жмых из семян масличных культур содержат больше магния [27]. Однако из-за ограниченного использования в рационе растительных кормов богатых магнием этого вклада часто бывает недостаточно для удовлетворения потребностей в этом минерале у телят на молочном вскармливании, жвачных животных, находящихся на пастбище, или высокопродуктивных жвачных животных. Таким образом, прямое добавление магния в молоко и кормовой рацион является более оптимальной практикой для предотвращения дефицитов и заболеваний [25].

На процессы всасывания и выведения магния влияет поступление различных питательных и минеральных веществ [4]. Например, высокое содержание сырого белка в рационе может снизить всасывание магния, хотя существует адаптация к высоким концентрациям аммиака в рубце (т.е. в течение 3 дней), что, в свою очередь, способствует восстановлению всасывания этого элемента [25].

Профилактика дефицита магния необходима как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе, чтобы предотвратить развитие как острых, так и хронических заболеваний. В случае риска дефицита магния необходимо увеличить его содержание в рационе животных с помощью комбикормов, обеспечивая им достаточное количество этого элемента.

Свиньи, в отличие от крупного рогатого скота, моногастричные, т.е. в их пищеварительной системе имеется только один простой желудок, вследствие чего процессы переваривания и усвоения корма происходят несколько иначе и физиологически схожи с человеческими [28].

Дефицит магния у свиней проявляется беспокойством, повышенной чувствительностью, мышечными спазмами и снижением продуктивности из-за потери аппетита. Почки играют главную роль в регуляции уровня магния в организме. Они способны выделять избыток магния при высоком его содержании в рационе и более эффективно всасывать магний при его недостатке. Было показано, что пищевые добавки магния свиньям уменьшают последствия стресса за счет снижения концентрации кортизола и катехоламинов в плазме [29] и могут быть жизнеспособным вариантом улучшения качества мяса [30].

Магний в достаточном количестве содержится в зеленом корме, кормах животного происхождения и минеральных добавках. Хорошими источниками магния являются пшеничные отруби, сухие дрожжи, льняная и хлопковая мука. Содержание магния (г/кг сухого вещества) в крупах, шротах и рыбной муке составляет от 1,1 до 1,3 г, от 3,0 до 5,8 г и от 1,7 до 2,5 г соответственно [31]. Однако из-за того, что свиньи усваивают магний только на 20-30% [32], в их рацион обычно добавляют магнийсодержащие добавки. Усвоение магния у свиней происходит преимущественно в тонком кишечнике с эффективностью около 60% благодаря пассивному транспорту [31].

Кормление играет ключевую роль в определении результатов откорма, экономической эффективности производства и качества продукции. Согласно исследованиям, добавление магниевых кормовых добавок в рацион не повышает среднесуточный прирост свиней, но улучшает качество свинины, включая цвет и снижение потерь влаги [32, 33].

Мясо PSE (pale, soft, exudative – бледное, мягкое, водянистое) считается одним из ключевых недостатков качества в мясной индустрии [34], поскольку снижает потребительскую привлекательность, срок годности и выход мяса, что негативно сказывается на прибыли. Исследования показали, что для решения этой проблемы в корм свиней добавляют

магний, который подавляет стресс-индуцированный гликолиз и улучшает качество мяса [35]. Было обнаружено, что добавление магния в корма откормочных пород снижает уровень PSE с 50% до 15% у туш. Таким образом, использование этого элемента позволяет снизить потерю влаги и улучшить цвет мяса с 6,6% до 3,6% при краткосрочном использовании.

Применение магния в качестве добавки – это простой и эффективный способ улучшения качества свинины [32]. Одним из эффективных методов является добавление магния в питьевую воду. Исследование показало, что введение 600 миллиграммов магния на литр воды в течение двух дней перед убоем (кратковременный период) дает положительный результат [36].

В последние десятилетия репродуктивный потенциал высокопродуктивных свиноматок значительно увеличился, что повлекло за собой изменения в их потребностях в кормлении. Исследования показали, что добавление магния улучшает оплодотворяемость свиноматок на 11-15% [7]. Кроме того, использование магния сокращает время между отъёмом и наступлением охоты у свиней и увеличивает количество рождённых поросят, включая живых [37]. Эта тенденция наиболее заметна у свиноматок, получавших дополнительную дозу магния в размере 150-300 мг/кг (при базовом рационе в 210 мг/кг магния). Тем не менее, исследователи в целом считают, что нет необходимости добавлять магний в рационы свиноматок [38], поскольку обычные рационы из кукурузно-соевого шрота могут обеспечивать уровень магния от 0,14 до 0,18% [39], что, по крайней мере, в 3 раза больше, чем рекомендация [40]. Исследования также продемонстрировали, что добавление магния увеличивает уровень иммуноглобулина G (IgG) в плазме свиноматок [41]. Исследования [7] показывают, что увеличение содержания магния в рационе лактирующих свиноматок может повысить концентрацию этого макроэлемента не только в молозиве, но и в сыворотке крови поросят-сосунов.

Добавление магния в рацион домашней птицы способствует увеличению скорости роста и улучшению репродуктивных функций [42], усилению активности печеночной каталазы, что снижает перекисное окисление липидов и мышечной ткани и впоследствии улучшает качество мяса [43]. Однако высокие уровни Mg отрицательно влияют на кальцификацию костей [44] и вызывают диарею [45] у цыплят-бройлеров.

Чтобы предотвратить пороки развития костей ног, рекомендуют добавлять этот макроэлемент после третьей недели жизни, в последующем следует дополнительно вводить магний для предотвращения его недостатка. Недостаток магния в организме птицы может иметь серьезные последствия. У молодняка старше трех недель дефицит этого элемента приводит к замедлению роста, проблемам с оперением, снижению мышечного тонуса, нарушению координации, тремору, судорогам, коме и даже смерти [46]. У кур-несушек дефицит магния проявляется снижением яйценоскости, уменьшением потребления корма, нервным тремором и судорогами.

Правильное добавление магния в рацион птицы в птицеводстве положительно влияет на рост бройлеров, улучшает качество мяса и повышает яйценоскость кур. Более того, кормление родительского стада магнием (до 500 мг/кг в сутки) улучшает качество яиц и повышает успешность выведения потомства [47].

Несмотря на то, что большинство комбикормов содержит достаточное количество магния, в некоторых случаях может возникнуть дефицит этого элемента. Включение магния в состав комбикормов, особенно для кур-несушек и племенных птиц, может быть рекомендовано при определенных соотношениях кальция и фосфора, а также в присутствии фитатов. Это позволяет создать сбалансированный рацион, способствующий максимальной производительности птицы.

Взаимодействие магния с другими элементами.

У жвачных животных наблюдается антагонизм между потреблением калия и абсорбцией магния в рубце, который играет ключевую роль в усвоении магния у крупного рогатого скота [24]. При низком содержании калия в эпителиальных клетках рубца потенциал апикальной мембраны способствует поглощению магния. Однако при повышении уровня калия происходит деполяризация мембранного потенциала, что снижает абсорбцию магния клетками [48]. Это явление подтверждено исследованиями на овцах, где увеличение потребления калия на 1 г/кг сухого вещества снижало усвоение магния на 0,3% [49].

Магний также всасывается в тонком кишечнике, преимущественно в двенадцатиперстной кишке, хотя небольшая скорость всасывания наблюдается и в толстом кишечнике. Чтобы противостоять этому процессу, вызванному калием, можно использовать добавки магния с кормом для увеличения уровня этого макроэлемента в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

У свиней антагонистами магния являются калий и кальций [31].

Метаболизм магния у сельскохозяйственных птиц тесно связан с кальцием и фосфором, так как эти элементы влияют на продуктивность и качество скорлупы яиц у кур-несушек [50]. Соотношение кальция, фосфора и магния в рационе определяет их усвоение птицей.

Некоторые компоненты кормов могут влиять на биодоступность, удержание магния и, в конечном счете, на уровень Mg у домашней птицы. К таким компонентам относится фитат, который снижает абсорбцию магния, образуя нерастворимые комплексы Са-Mg-фитат в кислой среде тонкого кишечника. Применение фитазы (фермента, обычно используемого в рационах птицы) позволяет преодолеть этот негативный эффект [51].

Биодоступность различных форм магния, применяемых в кормлении животных и птиц.

В кормах для жвачных животных применяют три основные формы магния: сульфат магния ($MgSO_4$), хлорид магния ($MgCl_2$) и оксид магния (MgO). Сульфат магния и оксид магния являются хорошими источниками биодоступного магния, причем оксид магния наиболее распространен [52] и используется для профилактики молочной лихорадки.

И $MgSO_4$, и $MgCl_2$ снижают катионно-анионный баланс. Добавление сульфата магния или хлорида магния в качестве дополнительного источника магния может привести к снижению этого баланса из-за присутствия анионов в их составе. Однако, с точки зрения биодоступности, $MgCl_2$ предпочтительнее для регулирования катионно-анионного баланса и профилактики молочной лихорадки у молочных коров [48, 53].

Таблица 1 – Содержание магния в минеральных добавках [31]

Table 1 – Magnesium content in mineral supplements [31]

Источник / A source	Содержание магния / Magnesium content, %
Оксид магния / Magnesia (MgO)	50,5-52,0
Гидроксид магния / Magnesium hydroxide ($Mg(OH)_2$)	36,0-38,0
Фосфат магния / Magnesium phosphate ($Mg_3(PO_4)_2$)	24,0-33,0
Хлорид магния / Magnesium chloride ($MgCl_2$)	12,0
Сульфат магния / Magnesium sulfate ($MgSO_2$)	10,0

В рационы таких моногастричных животных, как свиньи, можно добавлять органические (протеинат, аспартат) или неорганические (оксид, сульфат, хлорид, фосфат) формы магния [54]. Однако доказано, что органические хелатные формы магния обладают более высокой биодоступностью [55].

Биодоступность Mg у сельскохозяйственной птицы зависит от его источника, как было показано для органических и неорганических источников магния [56], а также от диссоциации ионов в кишечнике. У кур-несушек около 72% магния, поступающего с кормом в составе $MgSO_4$, всасывается при прохождении через кишечник. Однако фактическая биодоступность этого элемента значительно ниже из-за того, что большая часть магния выводится через почки [57]. Сульфат магния считается «плохим» источником магния для животных [58]. Поэтому, возможно, стоит рассмотреть другие источники магния для включения в рацион птиц, например, оксид магния [59], не оказывающий сильно выраженного слабительного действия [60].

Согласно последним данным, добавление оксида магния (MgO) приводит к повышению эффективности использования корма и улучшению прочности скелета [6]. Также было замечено положительное воздействие на формирование скелета молодок, массу их тела и начало яйцекладки [61].

Заключение. Сравнительный анализ данных показал, что в течение многих лет нормы дозирования магния в кормах животных и птиц увеличивались. Для успешного усвоения магния в организме необходимо учитывать не только синергические и антагонистические взаимодействия элементов, но и биодоступность различных форм этого макроэлемента. Наиболее оптимальными и высокодоступными источниками магния в кормлении полигастрических животных является MgO и $MgCl_2$, моногастрических свиней – хелатные формы Mg, птиц – MgO. Дальнейшие исследования позволят выявить новые высокоусвояемые органические и неорганические формы магния, которые можно будет применять для разработки новых кормовых добавок и премиксов принимая во внимание рентабельность данных кормовых средств.

Conclusions. A comparative analysis of the data showed that over the years, the dosage rates of magnesium in animal and bird feed have increased. For the successful absorption of magnesium in the body, it is necessary to take into account not only the synergistic and antagonistic interactions of the elements, but also the bioavailability of various forms of this macronutrient. The most optimal and highly available sources of magnesium in feeding polygastric animals are MgO and $MgCl_2$, monogastric pigs – chelated forms of Mg, birds – MgO. Further research will reveal new highly digestible organic and inorganic forms of magnesium that can be used to develop new feed additives and premixes, taking into account the profitability of these feed products.

Библиографический список

1. Eremenko N. N., Shikh E. V., Ramenskaya G. V. Logistic Regression Model: The Effect of Endogenous Magnesium Level on the Concentration of Magnesium Drugs in a Bioequivalence Study. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2023. V. 57. Pp. 621-626.
2. Брыло И. В. и др. Эффективность использования эссенциальных минеральных элементов и витаминов в кормлении крупного рогатого скота и молочных коз: монография. Минск: БГАТУ, 2023. 272 с.
3. Maguire M. E., Cowan J. A. Magnesium chemistry and biochemistry. *Biometals*. 2002. V. 15. Pp. 203-210.
4. Phillips C. *The Encyclopedia of Animal Nutrition*. GB: CABI. 2023.
5. Martens H., Leonhard-Marek S., Röntgen M., Stumpf F. Magnesium homeostasis in cattle: Absorption and excretion. *Nutr. Res. Rev.* 2018. V. 31. Pp. 114-130.
6. Shastak Y., Rodehutcord M. A review of the role of magnesium in poultry nutrition. *Worlds Poult. Sci. J.* 2015 V. 71. Pp. 125-137.
7. Martens H., Stumpf F. Assessment of magnesium intake according to requirement in dairy cows. *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 2019. V. 103. Pp. 1023-1029.
8. Sampath V., Sureshkumar S., Seok W. J. Role and functions of micro and macro-minerals in swine nutrition: a short review. *Anim Sci Technol*. 2023. V. 65. Pp. 479-489.
9. European Commission Animal Feed. https://ec.europa.eu/food/safety/animal-feed_en.
10. Thomas J. W., Emery R. S., Breaux J. K., Liesman J. S. Response of milking cows fed a high concentrate, low roughage diet plus sodium bicarbonate, magnesium oxide, or magnesium hydroxide. *Dairy Sci*. 1984. V. 67. Pp. 2532-2545.
11. Arce-Cordero J. A., Ravelo A., Vinyard J. R., Monteiro H. F., Agostinho B. C., Sarmikasoglou E., Bennet S. L., Faciola A. P. Effects of supplemental source of magnesium and inclusion of buffer on ruminal microbial fermentation in continuous culture. *Dairy Sci*. 2021. V. 104. Pp. 7820-7829.
12. Bach A., Guasch I., Elcoso G., Duclos J., Khelil-Arfa H. Modulation of rumen pH by sodium bicarbonate and a blend of different sources of magnesium oxide in lactating dairy cows submitted to a concentrate challenge. *Dairy Sci*. 2018. V. 101. Pp. 9777-9788.
13. Levakhin V. I., Gorlov I. F., Azhmuldinov E. A., Levakhin Yu. I., Duskaev G. K., Zlobina E. Yu., Karpenko E. V. Change in physiological parameters of calves of various breeds under the transport and preslaughter stress. *Nusantara Bioscience*. 2017. V. 9. № 1. Pp. 1-5.
14. Caspi R., Altman T., Dreher K., Fulcher C. A., Subhraveti P., Keseler I. M., Kothari A., Krummenacker M., Latendresse M., Mueller L. A., et al. The MetaCyc database of metabolic pathways and enzymes and the BioCyc collection of pathway/genome databases. *Nucleic Acids Res*. 2012. V. 40. Pp. D742-D753.
15. Barbagallo M., Gupta R. K., Dominguez L. J., Resnick L. M. Cellular ionic alterations with age: Relation to hypertension and diabetes. *Am. Geriatr. Soc*. 2000. V. 48. Pp. 1111-1116.
16. Barbagallo M., Veronese N., Dominguez L. J. Magnesium in Type 2 Diabetes Mellitus, Obesity, and Metabolic Syndrome. *Nutrients*. 2022. V. 14. 714 p.
17. Caspi R., Altman T., Dreher K., Fulcher C. A., Subhraveti P., Keseler I. M., Kothari A., Krummenacker M., Latendresse M., Mueller L. A., et al. The MetaCyc database of metabolic pathways and enzymes and the BioCyc collection of pathway/genome databases. *Nucleic Acids Res*. 2012. V. 40. Pp. D742-D753.
18. Maier J. A., Castiglioni S., Locatelli L., Zocchi M., Mazur A. Magnesium and inflammation: advances and perspectives. *Semin Cell Dev Biol*. 2021. V. 115. Pp. 37-44.
19. Lima Fd. S., Fock R. A. A review of the action of magnesium on several processes involved in the modulation of hematopoiesis. *Int J Mol Sci*. 2020. V. 21 (19). 7084.
20. Tam M., Gómez S., González-Gross M., Marcos A. Possible roles of magnesium on the immune system. *Eur J. Clin Nutr*. 2003. V. 57 (10). Pp. 1193-1197.
21. Hassan M. A. S., Karsli M. A. The effects of some feed additives in nutrition of ruminant animals. *International Journal of Veterinary and Animal Research (IJVAR)*. 2022. V. 5. Pp. 107-112.

22. Becker S. K. Influence of magnesium on endocrine regulation and energy metabolism in bovine adipocytes. Diss. 2022.
23. National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academy Press: Washington, DC, USA, 2001.
24. Suttle N. Mineral Nutrition of Livestock. CABI: Cambridge, 2010.
25. Martens H., Leonhard-Marek S., Röntgen M., Stumpff F. Magnesium homeostasis in cattle: Absorption and excretion. *Nutr. Res. Rev.* 2018. Vol. 31. Pp. 114-130.
26. Fontenot J., Allen V., Bunce G., Goff J. Factors influencing magnesium absorption and metabolism in ruminants. *Anim Sci.* 1989. V. 67 (12). Pp. 3445-3455.
27. Laporte-Uribe J. A. Studies of magnesium metabolism in ruminants: a comparison of sheep and cattle. CABI 2010.
28. Шубина Т. П., Скокова М. С. Особенности строения пищеварительной системы сельскохозяйственных животных. Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы. 2022. С. 257-260.
29. Kietzmann M., Jablonski H. Blocking of stress in swine with magnesium aspartate hydrochloride. *Prakt. Tierz.* 1985. V. 66. Pp. 328-335.
30. Otten W., Berrer A., Hartmann S., Bergerhoff T., Eichinger H.M. Effects of magnesium fumarate supplementation on meat quality in pigs. *Proceedings of the 38th International Congress of Meat Science Technology.* 1992. V. 2. Pp. 117-120.
31. Lipinski K., Stasiewicz M., Purwin C., Żuk-Golaszewska K. Effects of magnesium on pork quality. *Elem.* 2011. V. 16. Pp. 325-337.
32. van Heugten E. Magnesium in Pig Nutrition. https://www.pig333.com/articles/magnesium-in-pig-nutrition_580.
33. Apple J. K., Maxwell C. V., de Rodas B., Watson H. B., Johnson Z. B. Effect of magnesium mica on performance and carcass quality of growing-finishing swine. *Anim. Sci.* 2000. Vol. 78. Pp. 2135-2143.
34. Feiner G. Definitions of terms used in meat science and technology. *Practical Science and Technology; Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology.* Woodhead. Publishing: Cambridge, UK, 2006. Pp. 46-71.
35. Rey A. I., Puig P., Cardozo P. W., Hechavarría T. Supplementation effect of oleuropein extract combined with betaine, magnesium, and vitamin E on pigs' performance and meat quality characteristics. *Animals.* 2021. Vol. 11. 443 p.
36. Frederick B. R., van Heugten E., See M. T. Timing of magnesium supplementation administered through drinking water to improve fresh and stored pork quality. *Anim. Sci.* 2004. Vol. 82. Pp. 1454-1460.
37. Upadhaya S. D., Seok W. J., Kumar S. S., van der Veen R. H., Kim I. H. Marine derived Ca-Mg complex supplementation basal diet during four subsequent parities improved longevity and performance of sows and their litters. *Journal of Animal Science and Technology.* 2023. Vol. 65. 562 p.
38. Harmon B. G., Liu C. T., Jensen A. H., Baker D. H. Dietary magnesium levels for sows during gestation and lactation. *Anim Sci.* 1976. V. 42. Pp. 860-865.
39. Svajgr A. J., Peo E. R., Viperman P. E. Effects of dietary levels of manganese and magnesium on performance of growing-finishing swine raised in confinement and on pasture. *Anim Sci.* 1969. V. 29. Pp. 439-443.
40. National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Swine. National Academy Press: Washington, DC, USA, 1998.
41. Hou W. X., Cheng S. Y., Liu S. T., Shi B. M., Shan A. S. Dietary supplementation of magnesium sulfate during late gestation and lactation affects the milk composition and immunoglobulin levels in sows. *Asian Australas. Anim. Sci.* 2014. Vol. 27. Pp. 1469-1477.
42. Gaál K. K., Sáfár O., Gulyás L., Stadler P. Magnesium in animal nutrition. *Am. Coll. Nutr.* 2004. Vol. 23. Pp. 754S-757S.
43. Guo Y. M., Zhang G. M., Yuan H. M., Nie W. Effects of source and level of magnesium and vitamin E on prevention of hepatic peroxidation and oxidative deterioration of broiler meat. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2003. Vol. 107. Pp. 143-150.
44. Atteh J. O., Leeson S. Effects of excess dietary calcium, magnesium and phosphorus on performance and mineral metabolism of broiler chicks. *Nutr. Rep. Int.* 1983. Vol. 28. Pp. 671-685.
45. Lee S.R., Britton W.M. Magnesium induced catharsis in broiler males proceeds via neural mechanisms. *Poult. Sci.* 1983. V. 62. P. 1456.
46. Shastak Y., Rodehutcord M. A review of the role of magnesium in poultry nutrition. *Worlds Poult. Sci. J.* 2015 Vol. 71. Pp. 125-137.
47. Oetzel G. R. Rational treatments for mineral disorders in fresh cows. *American Association of Bovine Practitioners Conference Proceedings.* 2020. Vol. 53. Pp. 92-101.
48. Schonewille J. T. Magnesium in dairy cow nutrition. *Plant Soil.* 2013. V. 368. Pp. 167-178.
49. Jittakhot S., Schonewille J. T., Wouterse H. S., Yuangklang C., Beynen A. C. The relationships between potassium intakes, transmural potential difference of the rumen epithelium and magnesium absorption in withers. *Br. J. Nutr.* 2004. Vol. 91. Pp. 183-189.
50. Манукян В. А., Байковская Е. Ю., Силаева А. В. Влияние баланса электролитов в рационе на некоторые показатели минерального обмена у кур-несушек. *Птицеводство.* 2020. № 10. С. 35.
51. Жилочкина Т. И., Таймусова Э. Н. Изменение минерального состава и морфометрических показателей костной ткани цыплят-бройлеров при добавлении в комбикорма фитазы. *Тенденции развития науки и образования.* 2021. № 76-1. С. 41-46.
52. Goff J. P. Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid-base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. *Dairy Sci.* 2018. V. 101. Pp. 2763-2813.

53. Гречишников В., Панин А., Михальчук Е., Синин М., Яковцев Г., Фектистова Л. Научный подход к выбору буферов в кормлении молочных коров. Эффективное животноводство. 2023. Т. 183. № 1. С. 39-41.
54. Frederick B. R., van Heugten E., See M. T. Timing of magnesium supplementation administered through drinking water to improve fresh and stored pork quality. Anim. Sci. 2004. Vol. 82. Pp. 1454-1460.
55. Alonso V., Provincial L., Gil M., Guillén E., Roncalés P., Beltrán J. A. The impact of short-term feeding of magnesium supplements on the quality of pork packaged in modified atmosphere. Meat science. 2012. No 90 (1). Pp. 52-59.
56. Liu Y. X., Guo Y. M., Wang Z., Nie W. Effects of source and level of magnesium on catalase activity and its gene expression in livers of broiler chickens. Arch. Anim. Nutr. 2007. V. 61. Pp. 292-300.
57. Guenter W., Sell J. L. Magnesium absorption and secretion along the gastrointestinal tract of the chicken. Nutr. 1973. Vol. 103. Pp. 875-881.
58. Schiller L. R. Review article: The therapy of constipation. Aliment. Pharmacol. Ther. 2001. Vol. 15. Pp. 749-763.
59. Durlach J., Guiet-Bara A., Pages N., Bac P., Bara M. Magnesium chloride or magnesium sulfate: A genuine question. Magnes. Res. 2005. Vol. 18. Pp. 187-192.
60. NRC. Mineral Tolerance of Animals. Natl. Acad. Press, Washington, DC. 2005.
61. Lilburn M. S., Pierson E. E., Robison C. I., Karcher D. Supplemental Magnesium in Diets for Growing Pullets and Hens: Growth, Skeletal Development, and Egg Production. Appl. Poultry Res. 2019. Vol. 28. Pp. 1202-1209.

References

1. Eremenko N. N., Shikh E. V., Ramenskaya G. V. Logistic Regression Model: The Effect of Endogenous Magnesium Level on the Concentration of Magnesium Drugs in a Bioequivalence Study. Pharmaceutical Chemistry Journal. 2023. V. 57. Pp. 621-626.
2. Brylo I. V. et al. Efficacy of Using Essential Mineral Elements and Vitamins in Feeding Cattle and Dairy Goats: Monograph. Minsk: BGATU, 2023. 272 p.
3. Maguire M. E., Cowan J. A. Magnesium chemistry and biochemistry. Biometals. 2002. V. 15. Pp. 203-210.
4. Phillips C. The Encyclopedia of Animal Nutrition. GB: CABI. 2023.
5. Martens H., Leonhard-Marek S., Röntgen M., Stumpff F. Magnesium homeostasis in cattle: Absorption and excretion. Nutr. Res. Rev. 2018. V. 31. Pp. 114-130.
6. Shastak Y., Rodehutcord M. A review of the role of magnesium in poultry nutrition. Worlds Poult. Sci. J. 2015 V. 71. Pp. 125-137.
7. Martens H., Stumpff F. Assessment of magnesium intake according to requirement in dairy cows. Journal of animal physiology and animal nutrition. 2019. V. 103. Pp. 1023-1029.
8. Sampath V., Sureshkumar S., Seok W.J. Role and functions of micro and macro-minerals in swine nutrition: a short review. Anim Sci Technol. 2023. V. 65. Pp. 479-489.
9. European Commission Animal Feed. https://ec.europa.eu/food/safety/animal-feed_en.
10. Thomas J. W., Emery R. S., Breau J. K., Liesman J. S. Response of milking cows fed a high concentrate, low roughage diet plus sodium bicarbonate, magnesium oxide, or magnesium hydroxide. Dairy Sci. 1984. V. 67. Pp. 2532-2545.
11. Arce-Cordero J. A., Ravelo A., Vinyard J. R., Monteiro H. F., Agostinho B. C., Sarmikasoglou E., Bennet S. L., Faciola A. P. Effects of supplemental source of magnesium and inclusion of buffer on ruminal microbial fermentation in continuous culture. Dairy Sci. 2021. V. 104. Pp. 7820-7829.
12. Bach A., Guasch I., Elcoso G., Duclos J., Khelil-Arfa H. Modulation of rumen pH by sodium bicarbonate and a blend of different sources of magnesium oxide in lactating dairy cows submitted to a concentrate challenge. Dairy Sci. 2018. V. 101. Pp. 9777-9788.
13. Levakhin V. I., Gorlov I. F., Azhmuldinov E. A., Levakhin Yu. I., Duskaev G. K., Zlobina E. Yu., Karpenko E. V. Change in physiological parameters of calves of various breeds under the transport and preslaughter stress. Nusantara Bioscience. 2017. V. 9. № 1. Pp. 1-5.
14. Caspi R., Altman T., Dreher K., Fulcher C. A., Subhraveti P., Keseler I. M., Kothari A., Krummenacker M., Latendresse M., Mueller L.A., et al. The MetaCyc database of metabolic pathways and enzymes and the BioCyc collection of pathway/genome databases. Nucleic Acids Res. 2012. V. 40. Pp. D742-D753.
15. Barbagallo M., Gupta R. K., Dominguez L. J., Resnick L. M. Cellular ionic alterations with age: Relation to hypertension and diabetes. Am. Geriatr. Soc. 2000. V. 48. Pp. 1111-1116.
16. Barbagallo M., Veronese N., Dominguez L. J. Magnesium in Type 2 Diabetes Mellitus, Obesity, and Metabolic Syndrome. Nutrients. 2022. V. 14. 714 p.
17. Caspi R., Altman T., Dreher K., Fulcher C. A., Subhraveti P., Keseler I. M., Kothari A., Krummenacker M., Latendresse M., Mueller L.A., et al. The MetaCyc database of metabolic pathways and enzymes and the BioCyc collection of pathway/genome databases. Nucleic Acids Res. 2012. V. 40. Pp. D742-D753.
18. Maier J. A., Castiglioni S., Locatelli L., Zocchi M., Mazur A. Magnesium and inflammation: advances and perspectives. Semin Cell Dev Biol. 2021. V. 115. Pp. 37-44.
19. Lima Fd. S., Fock R. A. A review of the action of magnesium on several processes involved in the modulation of hematopoiesis. Int J Mol Sci. 2020. V. 21 (19). 7084.
20. Tam M., Gómez S., González-Gross M., Marcos A. Possible roles of magnesium on the immune system. Eur J. Clin Nutr. 2003. V. 57 (10). Pp. 1193-1197.
21. Hassan M. A. S., Karlı M. A. The effects of some feed additives in nutrition of ruminant animals. International Journal of Veterinary and Animal Research (IJVAR). 2022. V. 5. Pp. 107-112.
22. Becker S. K. Influence of magnesium on endocrine regulation and energy metabolism in bovine adipocytes. Diss. 2022.

23. National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academy Press: Washington, DC, USA, 2001.
24. Suttle N. Mineral Nutrition of Livestock. CABI: Cambridge, 2010.
25. Martens H., Leonhard-Marek S., Röntgen M., Stumpff F. Magnesium homeostasis in cattle: Absorption and excretion. *Nutr. Res. Rev.* 2018. Vol. 31. Pp. 114-130.
26. Fontenot J., Allen V., Bunce G., Goff J. Factors influencing magnesium absorption and metabolism in ruminants. *Anim Sci.* 1989. V. 67 (12). Pp. 3445-3455.
27. Laporte-Uribe J. A. Studies of magnesium metabolism in ruminants: a comparison of sheep and cattle. CABI 2010.
28. Shubina T. P., Skokova M. S. Features of the structure of the digestive system of agricultural animals. *Agro-industrial complex: state, problems, prospects.* 2022. Pp. 257-260.
29. Kietzmann M., Jablonski H. Blocking of stress in swine with magnesium aspartate hydrochloride. *Prakt. Tierz.* 1985. V. 66. Pp. 328-335.
30. Otten W., Berrer A., Hartmann S., Bergerhoff T., Eichinger H. M. Effects of magnesium fumarate supplementation on meat quality in pigs. *Proceedings of the 38th International Congress of Meat Science Technology.* 1992. V. 2. Pp. 117-120.
31. Lipinski K., Stasiewicz M., Purwin C., Żuk-Golaszewska K. Effects of magnesium on pork quality. *Elem.* 2011. V. 16. Pp. 325-337.
32. van Heugten E. Magnesium in Pig Nutrition. https://www.pig333.com/articles/magnesium-in-pig-nutrition_580.
33. Apple J. K., Maxwell C. V., de Rodas B., Watson H. B., Johnson Z. B. Effect of magnesium mica on performance and carcass quality of growing-finishing swine. *Anim. Sci.* 2000. Vol. 78. Pp. 2135-2143.
34. Feiner G. Definitions of terms used in meat science and technology. *Practical Science and Technology; Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology.* Woodhead. Publishing: Cambridge, UK, 2006. Pp. 46-71.
35. Rey A. I., Puig P., Cardozo P. W., Hechavarría T. Supplementation effect of oleuropein extract combined with betaine, magnesium, and vitamin E on pigs' performance and meat quality characteristics. *Animals.* 2021. Vol. 11. 443 p.
36. Frederick B. R., van Heugten E., See M. T. Timing of magnesium supplementation administered through drinking water to improve fresh and stored pork quality. *Anim. Sci.* 2004. Vol. 82. Pp. 1454-1460.
37. Upadhaya S. D., Seok W. J., Kumar S. S., van der Veen R. H., Kim I. H. Marine derived Ca-Mg complex supplementation basal diet during four subsequent parities improved longevity and performance of sows and their litters. *Journal of Animal Science and Technology.* 2023. Vol. 65. 562 p.
38. Harmon B. G., Liu C. T., Jensen A. H., Baker D. H. Dietary magnesium levels for sows during gestation and lactation. *Anim Sci.* 1976. V. 42. Pp. 860-865.
39. Svajgr A. J., Peo E. R., Vipperman P. E. Effects of dietary levels of manganese and magnesium on performance of growing-finishing swine raised in confinement and on pasture. *Anim Sci.* 1969. V. 29. Pp. 439-443.
40. National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Swine. National Academy Press: Washington, DC, USA, 1998.
41. Hou W. X., Cheng S. Y., Liu S. T., Shi B. M., Shan A. S. Dietary supplementation of magnesium sulfate during late gestation and lactation affects the milk composition and immunoglobulin levels in sows. *Asian Australas. Anim. Sci.* 2014. Vol. 27. Pp. 1469-1477.
42. Gaál K. K., Sáfár O., Gulyás L., Stadler P. Magnesium in animal nutrition. *Am. Coll. Nutr.* 2004. Vol. 23. Pp. 754S-757S.
43. Guo Y. M., Zhang G. M., Yuan H. M., Nie W. Effects of source and level of magnesium and vitamin E on prevention of hepatic peroxidation and oxidative deterioration of broiler meat. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2003. Vol. 107. Pp. 143-150.
44. Atteh J. O., Leeson S. Effects of excess dietary calcium, magnesium and phosphorus on performance and mineral metabolism of broiler chicks. *Nutr. Rep. Int.* 1983. Vol. 28. Pp. 671-685.
45. Lee S. R., Britton W. M. Magnesium induced catharsis in broiler males proceeds via neural mechanisms. *Poult. Sci.* 1983. V. 62. P. 1456.
46. Shastak Y., Rodehutcord M. A review of the role of magnesium in poultry nutrition. *Worlds Poult. Sci. J.* 2015 Vol. 71. Pp. 125-137.
47. Oetzel G. R. Rational treatments for mineral disorders in fresh cows. *American Association of Bovine Practitioners Conference Proceedings.* 2020. Vol. 53. Pp. 92-101.
48. Schonewille J. T. Magnesium in dairy cow nutrition. *Plant Soil.* 2013. V. 368. Pp. 167-178.
49. Jittakhot S., Schonewille J. T., Wouterse H. S., Yuangklang C., Beynen A. C. The relationships between potassium intakes, transmural potential difference of the rumen epithelium and magnesium absorption in withers. *Br. J. Nutr.* 2004. Vol. 91. Pp. 183-189.
50. Manukyan V. A., Baikovskaya E. Yu., Silaeva A. V. Effect of Electrolyte Balance in the Diet on Some Indicators of Mineral Metabolism in Laying Hens. *Poultry.* 2020. № 10. P. 35.
51. Zhilochkina T. I., Taymusova E. N. Changes in the mineral composition and morphometric parameters of bone tissue in broiler chickens when phytase is added to mixed feeds. *Trends in the development of science and education.* 2021. № 76-1. Pp. 41-46.
52. Goff J. P. Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid-base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status. *Dairy Sci.* 2018. V. 101. Pp. 2763-2813.
53. Grechishnikov V., Panin A., Mikhalechuk E., Sinin M., Yakovtsev G., Fektistova L. A scientific approach to the selection of buffers in feeding dairy cows. *Efficient animal husbandry.* 2023. T. 183. № 1. Pp. 39-41.

54. Frederick B. R., van Heugten E., See M. T. Timing of magnesium supplementation administered through drinking water to improve fresh and stored pork quality. *Anim. Sci.* 2004. Vol. 82. Pp. 1454-1460.
55. Alonso V., Provincial L., Gil M., Guillén E., Roncalés P., Beltrán J. A. The impact of short-term feeding of magnesium supplements on the quality of pork packaged in modified atmosphere. *Meat science.* 2012. No 90 (1). Pp. 52-59.
56. Liu Y. X., Guo Y. M., Wang Z., Nie W. Effects of source and level of magnesium on catalase activity and its gene expression in livers of broiler chickens. *Arch. Anim. Nutr.* 2007. V. 61. Pp. 292-300.
57. Guenter W., Sell J. L. Magnesium absorption and secretion along the gastrointestinal tract of the chicken. *Nutr.* 1973. Vol. 103. Pp. 875-881.
58. Schiller L. R. Review article: The therapy of constipation. *Aliment. Pharmacol. Ther.* 2001. Vol. 15. Pp. 749-763.
59. Durlach J., Guet-Bara A., Pages N., Bac P., Bara M. Magnesium chloride or magnesium sulfate: A genuine question. *Magnes. Res.* 2005. Vol. 18. Pp. 187-192.
60. NRC. Mineral Tolerance of Animals. *Natl. Acad. Press, Washington, DC.* 2005.
61. Lilburn M. S., Pierson E. E., Robison C. I., Karcher D. Supplemental Magnesium in Diets for Growing Pullets and Hens: Growth, Skeletal Development, and Egg Production. *Appl. Poultry Res.* 2019. Vol. 28. Pp. 1202-1209.

Информация об авторах

Аринжанова Мария Сергеевна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. проф. С. Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29), ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1898-9307>, e-mail: marymiroshnikova@mail.ru

Мирошников Иван Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. проф. С. Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0190-0612>, e-mail: sparco911@rambler.ru

Рязанов Виталий Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. проф. С. Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29), ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0903-9561>, e-mail: vita7456@yandex.ru

Соболева Наталья Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3688-2303>, e-mail: natalya.soboleva12@mail.ru

Author's Information

Arinzhanova Maria Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher at the Department of Nutrition of Farm Animals and Feed Technology named after Prof. S. G. Leushin, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, January 9, 29), ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1898-9307>, e-mail: marymiroshnikova@mail.ru

Miroshnikov Ivan Sergeevich, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher at the Department of Animal Feeding and Feed Technology named after Prof. S. G. Leushin, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, January 9, 29), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0190-0612>, e-mail: sparco911@rambler.ru

Ryazanov Vitaly Aleksandrovich, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher at the Department of Animal Feeding and Feed Technology named after Prof. S. G. Leushin, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, January 9, 29), ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0903-9561>, e-mail: vita7456@yandex.ru

Soboleva Natalia Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher at the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, January 9, 29), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3688-2303>, e-mail: natalya.soboleva12@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-28

THE EFFECT OF AN ENZYME-PROBIOTIC PREPARATION AND A MINERAL SUPPLEMENT ON THE HEMATOLOGICAL PARAMETERS OF SOWS**Zlepkina N. A., Salomatin V. V., Zlepkin V. A., Ryadnov A. A., Avojan I. A.***Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*Corresponding author E-mail: zlepkin@mail.ru

Received 30.09.2024

Submitted 04.12.2024

Summary

This article reflects the results of experimental studies on the effect of the enzyme-probiotic drug "Bacell" separately and in combination with natural bischofite on the hematological parameters of sows. The use of the Bacell preparation in the diets of sows, both separately and in combination with natural bischofite, contributes to an increase in redox and metabolic processes in their body, as evidenced by morphological and biochemical blood parameters.

Abstract

Introduction. The production of pig products provides for the organization of full-fledged feeding of animals, providing them with all necessary nutrients and biologically active substances. The imbalance or absence of certain nutrients and biologically active substances in the diet reduces the productivity of pigs, worsens the quality of products, increases feed costs and negatively affects reproduction rates. **Object.** The object of the study is pregnant sows of a large white breed. **Materials and methods.** Scientific and economic experience was conducted in the Volgograd region in the Surovikinsky district at the breeding plant named after him. Lenin. **Results and conclusions.** The main period, the sows of the control group were fed a basic diet, which consisted of SK-1 and SK-2. In addition to the main diet, the probiotic Bacell was administered to the sows of the 1st group of experience at a dose of 4,0 g per head per day, the 2nd group of experience was fed the same basic diet (as the 1st group of experience), but additionally natural bischofite was given at a dose of 4,0 g per head per day. The number of red blood cells in the 2nd group of the experiment was higher than in the control group – by $0,4 \cdot 10^{12}/l$; in the 1st group of the experiment – by $0,3 \cdot 10^{12}/l$. The increase in the concentration of leukocytes over the control group was, respectively, 0,1 in the 2nd group of the experiment; in the 1st group of the experiment- $0,3 \cdot 10^9/L$. An increase in the concentration of hemoglobin, compared with the control group, in the 2nd group of the experiment, respectively, by 2,0 ($P<0,01$); in the 1st group of the experiment – by 1,0 g/l. It should be emphasized that the total protein content in the blood serum of sows was higher in the experimental groups (1 and 2) than in the control (79,8) – by 1,1 g/l or 1,4 % ($P<0,001$), and 1,4 g/l or 1,8% ($P<0,001$), respectively. Thus, the use of the drug "Bacell", individually and in combination with natural bischofite, did not negatively affect the organisms of sows.

Keywords: sows, sow diets, Bacell, natural bischofite, probiotic preparations, hematological parameters of sows.

Citation. Zlepkina N. A., Salomatin V. V., Zlepkin V. A., Ryadnov A. A., Avojan I. A. The effect of an enzyme-probiotic preparation and a mineral supplement on the hematological parameters of sows. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 265-271 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-28.

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 636.4.087.7:612.11/12

ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТНО-ПРОБИОТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА И МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ НА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СВИНОМАТОК

Злепкина Н. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Саломатин В. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАЕН
Злепкин В. А., доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Ряднов А. А., доктор биологических наук, профессор
Авоян И. А., кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Производство продуктов свиноводства предусматривает организацию полноценного кормления животных, обеспечение их всеми необходимыми питательными и биологически активными веществами. Несбалансированность или отсутствие в рационе отдельных питательных и биологически активных веществ снижает продуктивность свиней ухудшает качество продукции, повышает затраты кормов и отрицательно сказывается на показателях воспроизводства. **Объект.** Объектом исследования являются супоросные свиноматки крупной белой породы. **Материалы и методы.** Научно-хозяйственные исследования на свиноматках провели в Волгоградской области в Суровикинском районе на племязаводе им. Ленина. **Результаты и выводы.** В главный период, свиноматкам группы контроля вкармливали основной рацион, который состоял из СК-1 и СК-2. Свиноматкам 1 группы опыта дополнительно к основному рациону ввели пробиотик «Бацелл» в дозе 4,0 г на одну голову в сутки, 2 группу опыта кормили, таким же, основным рационом (как 1 группу опыта), но дополнительно давали природный бишофит в дозе 4,0 г на одну голову в сутки. Количество эритроцитов во 2 группе опыта было больше, чем в группе контроля, – на $0,4 \cdot 10^{12}/л$; в 1 группе опыта – на $0,3 \cdot 10^{12}/л$. Возрастание концентрации лейкоцитов над группой контроля составило, соответственно во 2 группе опыта – 0,1; в 1 группе опыта- $0,30 \cdot 10^9/л$. Увеличение концентрации гемоглобина, по сравнению с группой контроля, во 2 группе опыта, соответственно, на 2,0 ($P<0,01$); в 1 группе опыта – на 1,0 г/л. Необходимо подчеркнуть, что в сыворотке крови свиноматок показатель содержания общего белка был больше у групп опыта (1 и 2) чем в контроле (79,8) – на 1,1 г/л или 1,4%

($P < 0,001$), и 1,4 г/л или 1,8 % ($P < 0,001$), соответственно. Таким образом, применение препарата «Бацелл», по отдельности и в комплексе, с природным бишофитом не отразилось на организмы свиноматок негативно.

Ключевые слова: свиноматки, рационы свиноматок, «Бацелл», природный бишофит, пробиотические препараты, гематологические показатели свиноматок.

Цитирование. Злепкина Н. А., Саломатин В. В., Злепкин В. А., Ряднов А. А., Авоян И. А. Влияние ферментно-пробиотического препарата и минеральной добавки на гематологические показатели свиноматок. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 265-271. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-28.

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. Дефицит макро- и микроэлементов в рационах животных снижает их продуктивные качества, приводит к различным заболеваниям и снижает пищевую ценность продукции, в связи с чем в свиноводстве следует применять различные добавки минеральных веществ для совершенствования состава рационов по минеральной питательности [1, 2, 3].

Наиболее важная физиологическая роль среди минеральных элементов отводится магнию, который активизирует многие ферменты в организме животных, участвует в углеводном, жировом обменах и биосинтезе белка.

Учитывая биологическую роль магния в жизнедеятельности организма, необходимо использовать эффективные источники магниевых подкормок в рационах животных.

Поэтому научное и практическое значение представляет бишофит как комплексная природная минеральная добавка, содержащая магний и ряд других минеральных элементов.

Так, использование волгоградского бишофита в кормлении молочных коров оказало положительное влияние на их продуктивность и физиологические показатели [4], введение в рационы бишофита положительно повлияло на воспроизводительные качества хряков-производителей, морфологический и биохимический статус их крови, а также продуктивность маточного поголовья, осеменённого спермой данных хряков [5].

Природный бишофит волгоградского месторождения представляет собой раствор солей хлорида магния, карбонатных и сульфатно-кальциевых соединений, а также микроэлементов (железа, меди, йода, молибдена, брома и др.).

Наличие большого комплекса минеральных элементов дало возможность использовать бишофит в качестве экологически чистой природной комплексной минеральной добавки в рационы сельскохозяйственных животных, в том числе птицы.

Остренко К. С. и др. [6] подчеркивают, что пробиотики, содержащие один или несколько живых микроорганизмов, могут оказывать полезный эффект на организм хозяина. Они способны подавлять активность патогенной микрофлоры, проникающей в кишечник, и уменьшать вредные болезнетворные бактерии. Пробиотики признаны как одни из наиболее эффективных альтернатив антибиотикам.

В основе механизма работы пробиотиков лежит подавление развития потенциально патогенной микрофлоры из состава кишечного микробиоценоза и сдерживание факторов патогенности.

При этом антимикробная активность бактерий-пробионтов и дрожжевых клеток обусловлена их способностью продуцировать вещества, угнетающие рост патогенной и условно-патогенной микрофлоры (спирта, перекись водорода, лизоцим, молочная, уксусная, муравьиная и другие органические кислоты, лантабиотики) [7].

Изучение биологически активных кормовых добавок и препаратов, оказывающих положительное воздействие на организм свиней, а также апробация эффективных схем их применения являются актуальным для практического свиноводства.

Целью данной работы являлось изучение влияния препарата «Бацелл» отдельно и в комплексе с природным бишофитом на морфологические и биохимические показатели крови свиноматок.

Материал и методы исследований. Для постановки научно-хозяйственного опыта сформировали по методу пар-аналогов 3 группы свиноматок крупной белой породы (одна контрольная и две опытные). В каждой группе было по 12 голов животных. Свиноматки всех сравниваемых групп на протяжении опыта находились в одном помещении в индивидуальных станках. Животные группы контроля в последние 30 дней супоросности и в подсосный период скормливали основной рацион, состоящий из полнорационных комбикормов СК-1 и СК-2. Свиноматкам 1 группы опыта в составе основного рациона дополнительно скормливали пробиотик «Бацелл» из расчета 4,0 г на голову в сутки, 2 группу опыта кормили, таким же, основным рационом (как 1 группу опыта), но дополнительно включали природный бишофит в количестве 4,0 г на голову в сутки. В конце подсосного периода у свиноматок сравниваемых групп отбирали кровь на гематологические исследования, которые провели по общепринятым методикам.

Полученные экспериментальные данные статистически обработаны, с определением уровня достоверности различий между группами. Различия между группами контроля и опыта считали статистически достоверным при $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$.

Результаты исследований и их обсуждение. Знание гематологических показателей крови и их изменений, происходящих в организме под влиянием препарата «Бацелл» и природного бишофита может служить теоретическим обоснованием их использования в рационах свиней.

Одним из интерьерных показателей, играющих важную роль в жизнедеятельности организма, служит кровь.

Сорокин А. Е., Руцкая В. И. [8] подчёркивают, что кровь представляет жидкую материю, создающую внутреннюю среду организма, необходимую для оптимальной жизнедеятельности cito- и гистологических систем. Находящиеся в ней компоненты представляют собой пластические вещества, обеспечивающие вязкость крови, транспортные и протекторные функции, создающие коллоидно-осмотическое давление и поддерживающие кислотно-щелочное равновесие.

Хакимова Г. А. и др. [9] указывают, что кроветворные органы чувствительно реагируют на различные физиологические и особенно патологические воздействия на организм изменением состава крови.

Поэтому при проведении экспериментальных исследований нами изучались гематологические показатели свиноматок при включении в их рационы ферментно-пробиотического препарата «Бацелл» отдельно и в сочетании с природным бишофитом.

В результате проведённых исследований было получено, что морфологические и биохимические показатели крови у подопытных свиноматок находились в пределах физиологической нормы.

Так, установлено, что в конце экспериментальных исследований количество эритроцитов в крови свиноматок 1 и 2 групп опыта было больше, чем в группе контроля, соответственно на $0,10$ и $0,4 \cdot 10^{12}/л$ (6,0%) (рисунок 1). Аналогичная тенденция выявлена у подопытных свиноматок и по концентрации гемоглобина (рисунок 2). Так, содержание гемоглобина в крови животных 1 и 2 групп опыта было выше, в сравнении со свиноматками группы контроля, соответственно на 1,0 (0,9 %) и 2,0 г/л (1,8 %; $P < 0,01$).

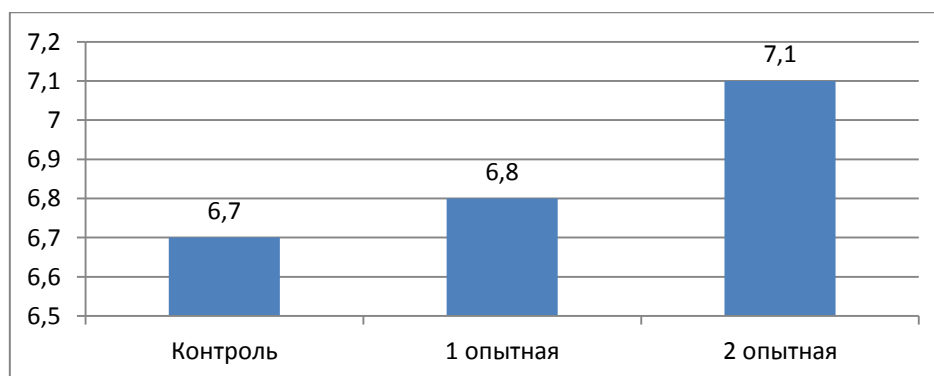


Рисунок 1 – Количество эритроцитов в крови подопытных животных, $10^{12}/л$
Figure 1 – Number of red blood cells in the blood of experimental animals, $10^{12}/л$

Однако по содержанию гемоглобина и количества эритроцитов в крови имели превосходство свиноматки 2 группы опыта над аналогами 1 группы опыта, соответственно на 1,0 г/л (0,9 %) и $0,3 \cdot 10^{12}/л$ (4,4 %).

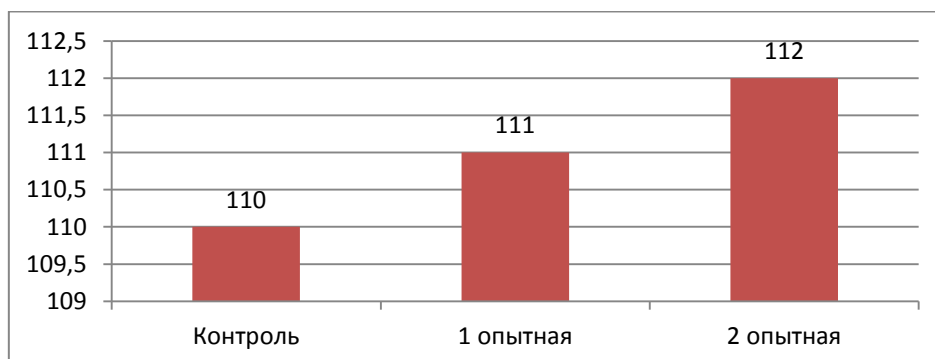


Рисунок 2 – Концентрация гемоглобина в крови подопытных свиноматок, г/л
Figure 2 – Hemoglobin concentration in the blood of experimental sows, g/l

Повышение количества эритроцитов и концентрации гемоглобина в крови свиноматок групп опыта свидетельствует об усилении у них работы кроветворных органов и интенсивности окислительно-восстановительных процессов в организме [10].

Показатели белой крови – лейкоциты, выполняющие транспортную, антитоксическую, защитную и другие функции, занимают одно из важных мест в оценке физиологического состояния организма животных, его резистентности и иммунологической реактивности.

В результате исследований установлено, что у подопытных свиноматок по количеству лейкоцитов в крови достоверных различий не было выявлено (рисунок 3).

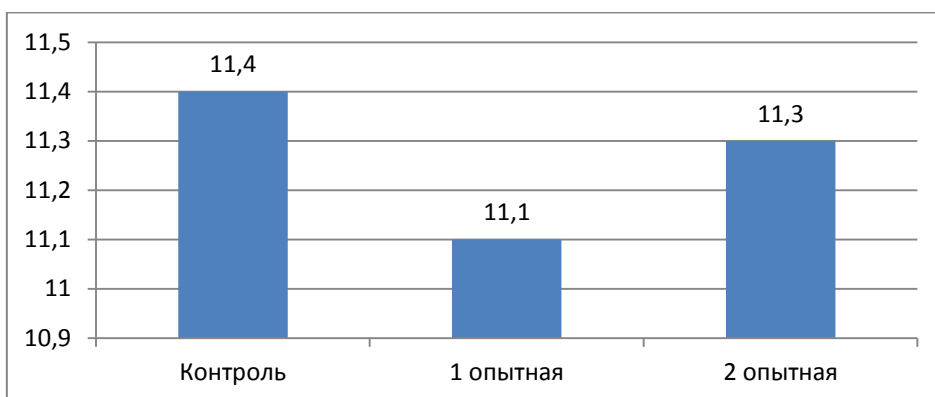


Рисунок 3 – Количество лейкоцитов в крови подопытных животных, 10⁹/л
Figure 3 – The number of leukocytes in the blood of experimental animals, 10⁹/l

Литературные источники свидетельствуют о том, что большинство биологических функций жизнедеятельности выполняются белками или при их непосредственном участии. Некоторые белки осуществляют функции гормонов, контролирующие метаболические процессы, некоторые из них действуют как катализаторы биохимических реакций, а другие служат строительным материалом. Ряд белков крови образуют антитела, определяющие устойчивость организма к различным заболеваниям. При этом сложные белки, как нуклеопротеиды, входят в состав генов, несущих генетическую информацию [11].

В процессе исследований установлено, что свиноматки 1 и 2 групп опыта в конце исследования превосходили аналогов группы контроля по содержанию общего белка в сыворотке крови, соответственно на 1,1 г/л или 1,4% ($P < 0,001$), и 1,4 г/л или 1,8% ($P < 0,001$). Между группами опыта по концентрации общего белка в сыворотке крови преимущество имели свиноматки 2 группы опыта, которые по изучаемому показателю превосходили животных 1 группы опыта на 0,3 г/л или 0,4 % ($P < 0,01$) (рисунок 4).

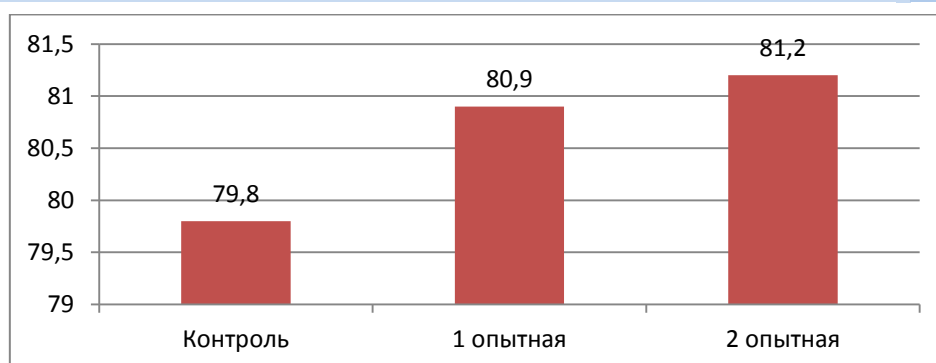


Рисунок 4 – Концентрация общего белка в сыворотке крови свиноматок в конце опыта, г/л
Figure 4 – Concentration of total protein in the blood serum of sows at the end of the experiment, g/l

При этом существенных различий по содержанию общего кальция, неорганического фосфора и магния у подопытных свиноматок выявлено не было.

Заключение. Следовательно, включение в рационы свиноматок препарата «Бацелл» отдельно и совместно с природным бишофитом способствует повышению окислительно-восстановительных и обменных процессов, протекающих в организме.

Conclusions. Therefore, the inclusion of the Bacell preparation in the diet separately and together with natural bischofite contributes to an increase in redox and metabolic processes occurring in the body of sows.

Библиографический список

1. Варакин А. Т., Саломатин В. В., Кулик Д. К., Юшкин Д. С. Природный бишофит в рационах хряков-производителей. Зоотехния. 2017. № 3. С. 22-25.
2. Варакин А. Т., Саломатин В. В., Кулик Д. К., Ряднов А. А., Злепкин Д. А., Ряднова Т. А. Повышение воспроизводительной функции у свиней при использовании биологически активных добавок. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 172-177.
3. Злепкина Н. А., Саломатин В. В., Ряднов А. А., Варакин А. Т., Злепкин В. А. Обмен веществ в организме откармливаемого молодняка свиней в связи с биологической ценностью рационов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 5 (77). С. 240-248.
4. Варакин А. Т., Ряднов А. А., Степурина М. А., Ицкович А. Ю., Корнилова В. А., Воронцова Е. С. Влияние новой кормовой добавки на продуктивность и физиологические показатели молочных коров. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 222-231.
5. Кулик Д. К., Варакин А. Т., Ряднов А. А., Головатюк О. В., Самойлова Т. С. Инновационный подход к совершенствованию состава рационов в промышленном свиноводстве на юге европейской части России. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 4 (72). С. 269-278.
6. Остренко К. С., Карташов М. И., Волченков Ю. В. Пробиотическая кормовая добавка «Цитроспорин» и её влияние на биохимический и иммунологический статус свиней на откорме. Свиноводство. 2024. № 3. С. 43-46.
7. Заболотная А. А., Стрельников Р. А. Пробиотики в корме для свиноматок - гарантия успешного старта поросят. Свиноводство. 2024. № 2. С. 17-20.
8. Сорокин А. Е., Руцкая В. И. Влияние люпина на биохимические показатели крови животных. Эффективное животноводство. 2021. № 1 (167). С. 100-102.
9. Хакимова Г. А. и др. Влияние антиоксиданта на показатели крови цыплят-бройлеров. Птицеводство. 2018. № 8. С. 42-46.
10. Саломатин В. В., Варакин А. Т., Злепкин Д. А. Влияние природного бишофита на морфологические и биохимические показатели крови откармливаемых свиней. Свиноводство. 2012. № 2. С. 68-70.
11. Контэ А. Ф. и др. Изменчивость биохимических показателей крови свиней породы дюрок на основе модели смешанного уравнения. Свиноводство. 2023. № 1. С. 25-29.

References

1. Varakin A. T., Salomatina V. V., Kulik D. K., Yushkin D. S. Natural bischofite in the diets of breeding boars. Zootechniya. 2017. No. 3. Pp. 22-25.
2. Varakin A. T., Salomatina V. V., Kulik D. K., Ryadnov A. A., Zlepkin D. A., Ryadnova T. A. Increasing reproductive function in pigs using biologically active additives. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2019. No 1 (53). Pp. 172-177.
3. Zlepikina N. A., Salomatina V. V., Ryadnov A. A., Varakin A. T., Zlepkin V. A. Metabolism in the body of fattened young pigs in relation to the biological value of diets. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2024. No 5 (77). Pp. 240-248.
4. Varakin A. T., Ryadnov A. A., Stepurina M. A., Itskovich A. Yu., Kornilova V. A., Vorontsova E. S. Influence of a new feed additive on productivity and physiological indicators of dairy cows. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2021. No 1 (61). Pp. 222-231.

5. Kulik D. K., Varakin A. T., Ryadnov A. A., Golovatyuk O. V., Samoylova T. S. Innovative approach to improvement composition of diets in industrial pig breeding in the South European part of Russia. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2023. No 4 (72). Pp. 269-278.
6. Ostrenko K. S., Kartashov M. I., Volchenkov Y. V. Probiotic feed additive "Citrosporin" and its effect on the biochemical and immunological status of pigs in fattening. Pig breeding. 2024. No 3. Pp. 43-46.
7. Zabolotnaya A. A., Strelnikov R. A. Probiotics in sow feed - a guarantee of a successful piglet start. Pig breeding. 2024. No 2. Pp. 17-20.
8. Sorokin A. E., Rutskeya V. I. The influence of lupin on the biochemical parameters of animal blood. Effective animal husbandry. 2021. № 1 (167). Pp. 100-102.
9. Khakimova G. A., et al. The effect of antioxidant hB on blood parameters of broiler chickens. Poultry farming. 2018. No 8. Pp. 42-46.
10. Salomatin V. V., Varakin A. T., Zlepkin D. A. The influence of natural bischofite on morphological and biochemical blood parameters of fattened pigs. Pig breeding. 2012. No 2. Pp. 68-70.
11. Conte A. F., et al. Variability of biochemical blood parameters of Duroc pigs based on a mixed equation model. Pig breeding. 2023. No 1. Pp. 25-29.

Информация об авторах

Злепкина Наталия Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технологии производства и экспертиза товаров», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), <https://orcid.org/0000-0003-0182-8435>, e-mail: zlepkin@mail.ru

Саломатин Виктор Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Частная зоотехния», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), <https://orcid.org/0000-0001-6663-1663>, e-mail: zootexnia@mail.ru

Злепкин Виктор Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Частная зоотехния», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), <https://orcid.org/0000-0002-0804-7634>, e-mail: vzlepkin@mail.ru

Ряднов Алексей Анатольевич, доктор биологических наук, профессор кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), <https://orcid.org/0000-0001-6381-9353>

Авоян Ирина Агасовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технологии производства и экспертиза товаров», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), <https://orcid.org/0009-0002-8727-5543>, e-mail: avojan07108485@mail.ru

Author's Information

Zlepkin Natalia Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, assistant professor of the Department of "Production technologies and product expertise", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), <https://orcid.org/0000-0003-0182-8435>, e-mail: zlepkin@mail.ru

Salomatin Viktor Vasilyevich, Doctor of Agricultural Sciences, professor of the Department "Private zootechnology", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), <https://orcid.org/0000-0001-6663-1663>, e-mail: zootexnia@mail.ru

Zlepkin Viktor Aleksandrovich, Doctor of Agricultural Sciences, associate Professor of the Department of "Private zootechnology", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), <https://orcid.org/0000-0002-0804-7634>, e-mail: vzlepkin@mail.ru

Ryadnov Aleksey Anatolevich, Doctor of Biological Sciences, professor of the Department "Veterinary and sanitary examination, infectious diseases and morphology", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), <https://orcid.org/0000-0001-6381-9353>

Avojan Irina Agasovna, Candidate of Agricultural Sciences, assistant professor of the Department of "Production technologies and product expertise", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), <https://orcid.org/0009-0002-8727-5543>, e-mail: avojan07108485@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-29

THE USE OF DRY PALM OIL IN THE DIETS OF FEMALE MINKS DURING LACTATION

Kulikov V. N., Loenko N. N., Krovina E. V., Kosovsky G. Yu.

*Research Institute of Fur Farming and Rabbit Breeding named after V. A. Afanasyev
Rodniki, Ramensky District, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: khl-2021@yandex.ru

Received 01.08.2024

Submitted 30.10.2024

**The studies were carried out of the Government task of Ministry of Education and Science
of Russian Federation FGGR-2024-0003**

Summary

The article presents the results of influence of fatty components of the diet, the ratio of unsaturated and saturated fatty acids in the feed mixture of lactating females on the growth rate of young mink at an early age. It was found that the introduction of palm fat "Palmifat" provided the energy needs of lactating females and young minks, improved the ratio of fatty acids in the diet compared to the control group, which ensured increased safety and better growth of puppies during the suckling period.

Abstract

Introduction. It is known that lactating female minks receiving diets with a high fat content retain their milk production longer, which ensures better growth of puppies before separating. Due to the fact that the composition of diets is changing, new forms and sources of fats are appearing that intensify the digestion of fat in farm animals and poultry, it is necessary, when improving diets for minks, to take into account the features of their digestive system. It is advisable to establish the prospects of using dry palm fat in the diets of female minks during lactation. To study the degree of influence of fatty components of the diet, the ratio of unsaturated and saturated fatty acids in the feed mixture of lactating females on the growth rate of young mink at an early age. **The object** of the study was yearling lactating females of short-haired black mink and suckling puppies. **Materials and methods.** In the Saltykovsky Tribal Fur Farm JSC (Moscow region), the experiment was carried out on two groups of young female minks, each of which had 50 heads, during the lactation period from late April to June. The control group of females received a general farm diet without additives. The feed additive of dry fat "Palmifat" was introduced into the feed mixture of the second experimental group daily from April 20 to May 19 in the amount of 1.0 g per head per day and 2.0 g from May 20 to June 5. **Results and conclusions.** The introduction of palm fat "Palmifat" provided the energy needs of lactating females and young minks, improved the ratio of fatty acids in the diet compared to the control group, which ensured increased safety and better growth of puppies during the suckling period.

Keywords: mink females, mink lactation, mink young, mink feeding rations, palm oil powder, mink live weight, fatty acids.

Citation. Kulikov V. N., Loenko N. N., Krovina E. V., Kosovsky G. Yu. The use of dry palm oil in the diets of female minks during lactation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 271-277 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-29.

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

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

УДК 636.934.57.085

**ПРИМЕНЕНИЕ СУХОГО ПАЛЬМОВОГО ЖИРА В РАЦИОНАХ САМОК НОРОК
В ПЕРИОД ЛАКТАЦИИ**

Куликов В. Н., кандидат сельскохозяйственных наук

Лоенко Н. Н., кандидат сельскохозяйственных наук,

Кровина Е. В., кандидат биологических наук,

Косовский Г. Ю., доктор биологических наук, член-корреспондент РАН

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт пушного звероводства и кролиководства имени В. А. Афанасьева» (ФГБНУ НИИПЗК)
пос. Родники, округ Раменский, Российская Федерация

**Исследования выполнены в рамках Государственного задания НИР Минобрнауки России
№ FGGR-2024-0003**

Актуальность. Известно, что лактирующие самки норок, получающие рационы с повышенным содержанием жира, дольше сохраняют свою молочность, что обеспечивает лучший рост щенков к отсадке. В связи с тем, что изменяется состав рационов, появляются новые формы и источники жиров, интенсифицирующие переваривание жира у сельскохозяйственных животных и птицы, необходимо при совершенствовании рационов для норок учитывать особенности их системы пищеварения. Целесообразно установить перспективность применения в рационах самок норок в период лактации сухого пальмового жира. Изучить степень влияния жировых компонентов рациона, соотношение ненасыщенных и насыщенных жирных кислот в кормосмеси лактирующих самок на интенсивность роста молодняка норок в раннем возрасте. **Объектом** исследования служили лактирующие самки черной коротковолосой норки в возрасте одного года и подсосные щенки. **Материалы и методы.** В ОА «Племенной зверосовхоз «Салтыковский» (Московская область) был проведен опыт на двух группах молодых самок норок, в каждой из которых было 50 голов, в период лактации с конца апреля по июнь. Контрольная группа самок получала общехозяйственный рацион без добавки. В кормосмесь второй опытной группы вводили кормовую добавку сухого жира «Пальмифат» ежедневно с 20 апреля по 19 мая в количестве 1,0 г на голову в сутки и по 2,0 г с 20 мая по 5 июня. **Результаты и выводы.** Введение пальмового жира «Пальмифат» обеспечило потребность лактирующих самок и молодняка норок в энергии, улучшило соотношение жирных кислот в рационе по сравнению с контрольной группой, что обеспечило повышение сохранности и лучший рост щенков в подсосный период.

Ключевые слова: самки норок, лактация норок, молодняк норок, рационы кормления норок, сухой пальмовый жир, живая масса норок, жирные кислоты.

Цитирование. Куликов В. Н., Лоечко Н. Н., Кровина Е. В., Косовский Г. Ю. Применение сухого пальмового жира в рационах самок норок в период лактации. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 271-277. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-29.

Авторский вклад. Все авторы проведенного исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении эксперимента и анализе полученных результатов. Авторы настоящей статьи ознакомлены с окончательным её вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Известно, что животные жиры и жидкие растительные масла – скоропортящиеся продукты. Альтернативой растительным маслам становятся сухие пальмовые жиры высокого качества. Формы защищенных (сухих) жиров различаются не только технологией производства, но и составом жирных кислот [1]. Жиры данной группы не только не уступают по энергетической ценности животным жирам и растительным маслам, но значительно упрощают технологический процесс промышленного производства комбикормов. Кормовые добавки сухих пальмовых жиров: «Профат», «Мегалак» эффективно используется в качестве источника энергии и незаменимых жирных кислот в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы [2-9].

Установлено, что использование сухого пальмового жира «Профат» как источника липидов в рационе молодняка норок положительно влияет на площадь и качество шкур [10].

Повышение репродуктивной способности пушных зверей и более полная реализация их генетического потенциала зависят от сбалансированности состава рациона по питательным и биологически активным веществам. Лактирующие самки норок, получающие рационы с повышенным содержанием жира, дольше сохраняют свою молочность, что обеспечивает лучший рост щенков к отсадке. По имеющимся в литературе данным, для лакирующих самок уровень линолевой кислоты должен быть около 5% от обменной энергии рациона (ОЭ) для обеспечения лучшего роста щенков в подсосный период (Перельдик Н. Ш., Милованов Л. В., Ерин А. Т. Кормление пушных зверей. М.: Агропромиздат, 1987. 351 с.) [11]. В настоящее время типовые рационы для самок норок в период лактации содержат 2,9-4,5 г жира в 100 ккал ОЭ и это говорит о том, что снизился уровень содержания свободного жира в рационе [12].

Целесообразно установить перспективность применения в рационах самок норок в период лактации сухого пальмового жира. Сухой фракционированный жир «Пальмифат» (производство – Малайзия) представляет собой гранулированный порошок в виде смеси жирных кислот с содержанием жира 98,0%, в том числе жирных кислот, %: пальмитиновой – 71,0-76,0; стеариновой – 4,0-6,0%; олеиновой – 13,0-17,0%; линолевой – 2,0-4,0; энергетическая ценность 9310 ккал/кг (Инструкция по применению кормовой добавки «Пальмифат» для повышения энергетической ценности рационов крупного рогатого скота, 2019. 2 с. Разработана фирмой «ViaMin GmbH» (Германия) совместно с «Ecolex Sdn. Bhd.» / «Эколес, Снд. Бхд.», Малайзия).

В связи с вышеизложенным **целью** настоящего исследования было изучение влияния в рационах самок норок в период лактации сухого пальмового жира «Пальмифат» на сохранность и рост молодняка норок в раннем возрасте.

Материалы и методы. Опыт был проведен на молодых самках черной короткошестопалой норки в лактацию с конца апреля по июнь в ОА «Племенной зверосовхоз «Салтыковский» (Московская область). Из 100 покрытых молодых самок норок основного стада сформировали 2 группы по 50 голов в каждой. Контрольная группа самок получала общепользовательный рацион без добавки сухого жира. В кормосмесь (в виде типовой влажной мешанки) второй опытной группы вводили кормовую добавку «Пальмифат» ежедневно с 20 апреля по 19 мая в количестве 1,0 г на голову в сутки и по 2,0 г с 20 мая по 5 июня. Препарат тщательно смешивали с кормом непосредственно перед применением.

После окончания опыта проведен учет показателей: число родившихся и зарегистрированных щенков у благополучно щенившихся самок, сохранность молодняка до отсадки щенков от матерей.

Норок кормили по рекомендуемым нормам (Нормы кормления и нормативы затрат кормов для пушных зверей и кроликов / Под редакцией Балакирева Н. А., Кладовщикова В. Ф. М., 2007. 185 с.). Полный зоотехнический анализ кормосмесей проведен в лаборатории ФНЦ «ВНИТИП» РАН. Жирнокислотный состав рационов определяли на газовом хроматографе «Кристалл» 2000М с ПИД в ИЛЦ «ВНИТИП».

Оценили действие препарата на рост молодняка до отсадки от матерей (в 35-39-дневном возрасте) с учетом пола и величины помета самок (в среднем в I группе – 6,1 щенка, II – 5,9 щенка в помете). В I группе щенков было 41 самец и 53 самки, во II группе – 49 и 46 щенков, соответственно.

Результаты исследований обработаны методами вариационной статистики с использованием компьютерной программы Microsoft Excel и t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Химический и жирнокислотный состав кормосмесей в период лактации самок норок при введении в общехозяйственный рацион пальмового жира «Пальмифат» (с 20 мая по 5 июня) в количестве 2,0 г на голову в сутки приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Химический состав кормосмесей и содержание валовой энергии

Table 1 – Chemical composition of forage mixtures and gross energy content

Кормосмесь / Feed mixture	Химический состав, % / Chemical compound, %					Валовая энергия, ккал / Gross energy kcal
	вода / water	сырой протеин / crude protein	сырой жир / crude fat	углеводы / carbohydrates	сырая зола / crude ash	
Май / May						
ОР / Basic diet	66,50	14,03	4,66	8,77	6,04	161,1
ОР+«Пальмифат» / Basic diet+«Palmifat»	66,25	14,20	4,67	8,75	6,13	162,1

Таблица 2 – Жирнокислотный состав рационов в период лактации, %

Table 2 – Fatty acid composition of diets during lactation

Жирные кислоты / Fatty acids	Группа / Group	
	контроль / control	опыт / experiment
Насыщенные / Saturated	37,61	44,34
Ненасыщенные / Unsaturated	62,39	55,66
из них: / of these:		
Мононенасыщенные / Monounsaturated	43,49	39,62
Полиненасыщенные / Polyunsaturated	18,9	16,04
Омега-6 / Omega-6	17,88	15,33
Омега-3 / Omega-3	1,02	0,71
Индекс насыщенности липидов (ИНЛ) / Index of saturation lipids (ISL)	1:1,91	1:1,25

По содержанию сырых питательных веществ и валовой энергии кормосмеси обеих групп были практически одинаковыми. Согласно полученным данным по соотношению жирных кислот в рационах, их состав при введении в рацион жира «Пальмифат» можно считать оптимально сбалансированным.

Полученные данные по числу щенков, их сохранности и измерению живой массы при отсадке щенков от матерей представлены в таблице 3.

В опытной группе за период опыта и до отсадки от матерей сохранность молодняка была на 10% выше, чем в контрольной.

При измерении живой массы щенков при отсадке от матерей установили, что самки из опытной группы росли лучше и имели живую массу значительно больше на 60,1 г (29,4%, $p < 0,001$), чем в контроле. При этом самки и самцы в опытной группе имели практически одинаковую живую массу. Живая масса самцов и самок в опытной группе была больше на 13,6-14,0 г (5,6%), чем живая масса самцов в контрольной группе.

Таблица 3 – Результаты применения сухого пальмового жира «Пальмифат»
в рационах самок норок в период лактации
Table 3 – The results of dry palm oil «Palmifat» use in the diets of female minks during lactation

Показатели / Indicators	Группы / Groups	
	контроль / control	опыт / experiment
Всего благополучно щенившихся самок, голов / Total of safely married females, heads	42	41
Родилось всего живых щенков, голов / Total number of live puppies were born, heads	265	242
Родилось живых щенков на самку, голов / Live puppies were born per female, heads	6,1±0,33	5,9±0,3
Отход щенков от рождения до регистрации, / The departure of puppies from birth to registration, голов / heads % / %	39 14,7	10 4,7
Всего зарегистрировано щенков, голов / Total number of registered puppies, heads	226	232
Живая масса щенков при отсадке, г: / Live weight of puppies during separating, g: самки / females самцы / males	204,8±7,2 251,6±9,4	264,9±6,9*** 265,6±8,2

*** $p < 0,001$.

Введение пальмового жира «Пальмифат» улучшило соотношение жирных кислот в общехозяйственном рационе по сравнению с контрольной группой, где индекс насыщенности (отношение суммы насыщенных жирных кислот к ненасыщенным) липидов был на уровне 1:1,9. Индекс насыщенности липидов в корме опытной группы самок составил 1:1,25, содержание полиненасыщенных жирных кислот от общего их количества – 16,04%, что обеспечило повышение сохранности и лучший рост щенков в подсосный период. Использование в рационах молодняка норок кормовых жиров со значительным отклонением индекса насыщенности липидов от единицы отрицательно влияет на рост и качество шкурок норок [13].

Экономическая эффективность при включении жира «Пальмифат» в корм самок норок за счет повышения сохранности и увеличения выхода щенков составила 182,4 руб. (в ценах 2022 г.) на 1 самку при затратах на препарат 11,7 руб.

Представленные результаты согласуются с данными исследований, полученными на других видах сельскохозяйственных животных. Выявлено, что включение в рацион коров в период лактации разных видов жировых кормовых добавок в целом оказало положительное влияние на физиологические процессы, клиническое состояние, пищеварение, продуктивность коров, физико-химические и технологические свойства молока [5, 6, 14, 15].

Полиненасыщенные жирные кислоты положительно влияют на репродуктивные качества коров. В частности, омега-3 повышает выживаемость эмбрионов, снижает вероятность эмбриональной смертности, а омега-6 положительно влияет на качество и жизнеспособность яйцеклеток, повышает вероятность оплодотворения и качество эмбрионов [16].

Обогащение пальмовым жиром «Профат» рационов суягных овцематок для обеспечения их потребности в сыром жире, линолевой и других жирных кислотах, при оптимальном соотношении насыщенных и ненасыщенных положительно влияло на переваримость питательных веществ рационов, а также на хозяйственно-биологические показатели (прирост живой массы, длина шерсти, плодовитость, живая масса ягнят при рождении) [17].

Обосновано введение жировой добавки на основе семян льна, рапса и биологически активных веществ в качестве источника полиненасыщенных жирных в комбикорма свиней для повышения среднесуточного прироста животных и снижения затрат комбикорма на продукцию [18].

Выводы. Использование в рационах самок норок в период лактации кормовой добавки – сухого пальмового жира «Пальмифат» обеспечивает оптимально сбалансированное соотношение жирных кислот в рационе. Полученные данные исследований по приросту живой массы щенков норок и сохранности молодняка в раннем возрасте свидетельствуют о целесообразности применения сухого пальмового жира «Пальмифат» в рационах самок норок в период лактации.

Conclusions. The use of the feed additive – dry palm fat «Palmifat» in the diets of female minks during lactation – ensures an optimally balanced ratio of fatty acids in the diet. The research findings on the increase in live weight of mink puppies and the safety of young animals at an early age indicate the advisability of using dry palm fat «Palmifat» in the diets of female minks during lactation period.

Библиографический список

1. Погребняк В., Саландаев К., Трубочанинова Н., Дуюн А. В России развивается промышленное производство защищенных жиров. Комбикорма. 2020. № 5. С. 10-12.
2. Мунгин В. В., Матяев В. И., Матюшкин В. Г. Защищенная жировая добавка «Профат» в рационах суягных маток. Овцы, козы, шерстяное дело. 2008. № 4. С. 73-77.
3. Монастырев А. М., Кузнецова Е. Н. Влияние кормовой добавки «Профат» на рост и развитие бычков. Аграрный вестник Урала. 2010. № 11-1. С. 56.
4. Морозова Л. А., Миколайчик И. Н., Субботина Н. А. Современные подходы к обеспечению полноценности энергетического питания высокопродуктивных коров. Вестник КрасГАУ. 2013. № 10. С. 172-176.
5. Субботина Н. А., Ткаченко М. Н., Охохонина Е. Н. Продуктивная и биологическая эффективность использования энергетической добавки в рационах молочного скота. Производство племенной продукции (материала) по направлениям отечественного племенного животноводства на основе ускоренной селекции. Стратегические задачи по научно-технологическому развитию АПК: материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 281-289.
6. Абрамова Н. В. Эффективность применения кормовой добавки «Мегалак» для лактирующих коров. Вестник аграрной науки. 2020. № 1 (82). С. 68-72.
7. Цай В. П., Радчиков В. Ф., Бесараб Г. В., Джумкова М. В., Букас В. В., Возмитель Л. А., Карелин В. В., Жалнеровская А. В. Нормы ввода защищенного жира в сухой форме (кормовая добавка «Профат») и эффективность скормливания её дойным коровам. Инновации в отрасли животноводства и ветеринарии. Брянский ГАУ, 2021. С. 355-362.
8. Boerman P., de Souza J., Lock A. L. Milk production and nutrient digestibility responses to increasing levels of stearic acid supplementation of dairy cows. Dairy Science. 2017. Vol. 100. Iss. 4. Pp. 2729-2738.
9. De Souza J., Preseault C. L., Lock A. L. Altering the ratio of dietary palmitic, stearic, and oleic acids in diets with or without whole cottonseed affects nutrient digestibility, energy partitioning, and production responses of dairy cows. Dairy Science. 2018. Vol. 101. Iss. 1. Pp. 172-185.
10. Лоенко Н. Н., Куликов В. Н., Кровина Е. В., Люднов И. П., Косовский Г. Ю. Влияние пальмового жира на качество волосяного покрова коротковолосяй норки. Кролиководство и звероводство. 2023. № 1. С. 16-22.
11. Балакирев Н. А. Кормление норок. М.: Издательский дом «Научная библиотека», 2015. 247 с.
12. Куликов В. Н., Лоенко Н. Н., Квартникова Е. Г., Люднов И. П. Оценка адаптационной возможности коротковолосяй норки к кормовой базе России. Кролиководство и звероводство. 2021. № 4. С. 31-36.
13. Лоенко Н. Н., Куликов В. Н., Люднов И. П., Косовский Г. Ю. Использование пальмового жира в кормлении молодняка норок. Международный вестник ветеринарии. 2022. № 1. С. 100-103.
14. Субботина Н. А., Морозова Л. А., Миколайчик И. Н. Раздой коров на рационах, обогащенных кормовой добавкой «Мегалак». Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2016. № 8. С. 39-46.
15. Бетин А. Н., Фролов А. И., Филиппова О. Б., Дорохова В. И. Эффективность использования жировых добавок в рационах коров. Вестник АПК Верхневолжья. 2021. № 3 (55). С. 47-50.
16. Баланс жирных кислот в кормлении коров: стеариновая и пальмитиновая кислота, ненасыщенные жирные кислоты. milknews.ru/лонгриды/longridy_54525.html.
17. Мунгин В. В., Матяев В. И. Потребление питательных веществ рациона и продуктивность у суягных овцематок, получающих защищенную жировую добавку Профат. Сельскохозяйственная биология. 2010. Т. 45. № 6. С. 67-70.
18. Милушев Р. К., Шулаев Г. М., Энговатов В. Ф., Бетиин А. Ф. Влияние комбикорма с жировой добавкой из масличных культур на липидный обмен у свиней. Эффективное животноводство. 2018. № 8. С. 59-61.

References

1. Pogrebnyak V., Salandaev K., Trubchaninova N., Duyun A. Industrial production of protected fats is developing in Russia. Compound feeds. 2020. No 5. Pp. 10-12.
2. Mungin V. V., Matyaev V. I., Matyushkin V. G. Protected fat supplement «Profat» in the diets of heavy queens. Sheep, goats, woolen business. 2008. No 4. Pp. 73-77.
3. Monastirev A. M., Kuznetsova E. N. Influence of feed additive «Profat» on the growth and development of bulls. Agrarian Bulletin of the Urals. 2010. No 11-1. P. 56.
4. Morozova L. A., Mikolaychik I. N., Subbotina N. A. Modern approaches to ensuring the fullness high-yielding cows of energy nutrition. Vestnik KrasGAU. 2013. No 10. Pp. 172-176.
5. Subbotina N. A., Tkachenko M. N., Okhonina E. N. Productive and Biological Efficiency of Using an Energy Additive in Dairy Cattle Diets. Production of breeding products (material) in the areas of domestic livestock breeding on the basis of accelerated selection. Strategic tasks for the scientific and technological development of the agro-industrial complex: materials of the international scientific and practical conference. 2018. Pp. 281-289.
6. Abramkova N. V. Efficiency of the feed additive "Megalak" for lactating cows. Bulletin of Agrarian Science. 2020. No 1 (82). Pp. 68-72.
7. Tsai V. P., Radchikov V. F., Besarab G. V., Dzhumkova M. V., Bukas V. V., Vozmitel L. A., Karelin V. V., Zhallerovskaya A. V. Standards for introducing protected fat in dry form (feed additive "Profat") and the effectiveness of feeding it to dairy cows. Innovations in the field of livestock farming and veterinary medicine. Bryansk State Agrarian University, 2021. Pp. 355-362.
8. Boerman P., de Souza J., Lock A. L. Milk production and nutrient digestibility responses to increasing levels of stearic acid supplementation of dairy cows. Dairy Science. 2017. Vol. 100. Iss. 4. Pp. 2729-2738.

9. De Souza, J. Preseault C.L., Lock A.L. Altering the ratio of dietary palmitic, stearic, and oleic acids in diets with or without whole cottonseed affects nutrient digestibility, energy partitioning, and production responses of dairy cows. *Dairy Science*. 2018. Vol. 101. Is. 1. Pp. 172-185.
10. Loenko N. N., Kulikov V. N., Ludnov I. P., Kosovsky G. Yu., Krovina E. V. Effect of palm oil on the minks hair-covering quality. *Rabbit breeding and fur farming*. 2023. No 1. Pp. 16-22.
11. Balakirev N. A. Feeding minks. M.: Publishing house «Scientific Library», 2015. 247 p.
12. Kulikov V. N., Loenko N. N., Kvartnikova E. G., Lyudnov I. P. Adaptive capacity assessment of the short-haired mink to the russian forage base. *Rabbit breeding and fur farming*. 2021. No 4. Pp. 31-36.
13. Loenko N. N., Kulikov V. N., Lyudnov I. P., Kosovsky G. Yu. The use of palm fat in feeding young minks. *International Bulletin of veterinary medicine*. 2022. № 1. Pp. 100-103.
14. Subbotina N. A., Morozova L. A., Mikoalaychik I. N. Increasing the milk yield of cows on rations enriched by feed additive "Megalak". *Feeding of Agricultural Animals and Feed Production*. 2016. No 8. Pp. 39-46.
15. Betin A. N., Frolov A. I., Filippova O. B., Dorokhova V. I. Efficacy of Using Fat Additives in Cow Diets. *Bulletin of the Agro-Industrial Complex of the Upper Volga*. 2021. № 3 (55). Pp. 47-50.
16. Balance of fatty acids in cow feeding: stearic and palmitic acid, unsaturated fatty acids. *Milk-news.ru>longreads>longridy_54525.html*
17. Mungin V. V., Matyaev V. I. Consumption of ration nutrients and productivity in pregnant ewes at the feeding by protected fat Profat addition. *Agricultural biology*. 2010. No 6. Pp. 67-70.
18. Milushev R. K., Shulaev G. M., Engovatov V. F., Betiin A. F. Effect of mixed fodder with fat additive from oilseed crops on lipid metabolism in pigs. *Efficient animal husbandry*. 2018. № 8. Pp. 59-61.

Информация об авторах

Куликов Владимир Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом звероводства и кролиководства, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт пушного звероводства и кролиководства имени В. А. Афанасьева» (Российская Федерация, 140143, Московская область, Раменский район, пос. Родники, ул. Трудовая, д. 6), ORCID: 0000-0002-2740-4545, e-mail: khl-2021@yandex.ru

Лоенко Наталья Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела звероводства и кролиководства, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт пушного звероводства и кролиководства имени В. А. Афанасьева» (Российская Федерация, 140143, Московская область, Раменский район, пос. Родники, ул. Трудовая, д. 6), ORCID: 0000-0003-3379-2334, e-mail: niipzk-zver.krol@mail.ru

Кровина Елена Валерьевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела звероводства и кролиководства, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт пушного звероводства и кролиководства имени В. А. Афанасьева» (Российская Федерация, 140143, Московская область, Раменский район, пос. Родники, ул. Трудовая, д. 6), ORCID: 0000-0003-0145-6715, e-mail: lelek87@yandex.ru

Косовский Глеб Юрьевич, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, директор, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт пушного звероводства и кролиководства имени В. А. Афанасьева» (Российская Федерация, 140143, Московская область, Раменский район, пос. Родники, ул. Трудовая, д. 6), ORCID: 0000-0003-3808-3086, e-mail: gkosovsky@mail.ru

Author's Information

Kulikov Vladimir Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, the Head of the Department of Fur Farming and Rabbit Breeding, Research Institute of Fur Farming and Rabbit Breeding named after V. A. Afanasyev (Russian Federation, 140143, Moscow Region, Ramensky District, Rodniki, Trudovaya Street, 6), ORCID: 0000-0002-2740-4545, e-mail: khl-2021@yandex.ru

Loenko Natalia Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Fur Farming and Rabbit Breeding, Research Institute of Fur Farming and Rabbit Breeding named after V. A. Afanasyev (Russian Federation, 140143, Moscow Region, Ramensky District, Rodniki, Trudovaya Street, 6), ORCID: 0000-0003-3379-2334, e-mail: niipzk-zver.krol@mail.ru

Krovina Elena Valerievna, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Department of Fur Farming and Rabbit Breeding, Research Institute of Fur Farming and Rabbit Breeding named after V. A. Afanasyev (Russian Federation, 140143, Moscow Region, Ramensky District, Rodniki, Trudovaya Street, 6), ORCID: 0000-0003-0145-6715, e-mail: lelek87@yandex.ru

Kosovsky Gleb Yurievich, Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member Russian Academy of Sciences, the Head of the Research Institute of Fur Farming and Rabbit Breeding named after V. A. Afanasyev (Russian Federation, 140143, Moscow Region, Ramensky District, Rodniki, Trudovaya Street, 6), ORCID: 0000-0003-3808-3086, e-mail: gkosovsky@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-30

FEED LECITHIN-CONTAINING ADDITIVE IN THE DIETS OF BROILER CHICKENS**Lavrinenko K. V., Koshchaev I. A., Sergeeva E. S., Ryadinskaya A. A., Ordina N. B.**

*Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin
Maysky, Belgorod region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: koshchaev@yandex.ru

Received 16.09.2024

Submitted 19.11.2024

Summary

The article presents data on the study of a lecithin-containing feed additive used in feeding broiler chickens in the conditions of the Belgorod State Agrarian University. As a result of the conducted research, it can be concluded that the use of lecithin, according to the research scheme, has a positive effect on the indicators of live weight, livestock safety, feed consumption and its conversion into products, which is confirmed by an increase in the productivity index calculated from the initial data.

Abstract

Introduction. Optimization of feed rations is a primary task to improve the productivity of farm animals and poultry. It is of interest to search for and use alternative cost-effective approaches in growing broilers for meat, which in turn should provide the body with affordable energy. Phospholipids have hepatoprotective, antiatherogenic, antioxidant, and immunomodulatory activity. Phospholipids are engaged in restoring the structure of cell membranes, which is extremely important for maintaining cell viability after damage. This process is of great importance for the health of animals and birds, since cell membranes ensure the interaction of the cell with the environment, as well as with other cells. They take part in the formation of cell clusters, so that vitamins and nutrients are efficiently transported throughout the body. This makes them indispensable in the diet, contributing to the maintenance and restoration of animal health at the molecular level. Lecithin, a key phospholipid, plays a central role in the nutrient world due to its rich composition. It includes phosphatidylcholine, phosphatidylinositol, phosphatidylserine, in addition to various fatty acids, carbohydrates, vitamins and other useful components. These elements make lecithin indispensable in various fields, including the production of animal feed. The purpose of the work was to study the effect of a lecithin-containing feed additive in the cultivation of broiler chickens of the Ross-308 cross. **Materials and methods.** The research was carried out in the conditions of the scientific and production laboratory of poultry farming of the UNIC "Agrotechnopark" of the Belgorod State Agrarian University. The experiment was carried out according to the methodology of FGBNU "VNIITIP". **Results and conclusions.** As a result of the conducted studies, it can be concluded that the introduction of a lecithin-containing feed additive according to the scheme of the experiment contributes to: an increase in live weight by 1.95-7.42% and an increase by 4.64%-7.53%; an improvement in feed consumption by 1 head in 3.58-6.55%, and in the whole group – by 4.77%-6, 58%; reduction in feed conversion by 0.59%-1.18%; preservation index remains at 2.5%; increase in productivity index – by 4.57%-5.7%.

Keywords: Ross-308, broiler chickens, phospholipid-fatty acid complex, feed lecithin, broiler chicken productivity, broiler chicken diets.

Citation. Lavrinenko K. V., Kosheev I. A., Sergeeva E. S., Ryadinskaya A. A., Ordina N. B. Feed lecithin-containing additive in the diets of broiler chickens. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 277-286 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-30.

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 636.087.7:636.5.033

КОРМОВАЯ ЛЕЦИТИНСОДЕРЖАЩАЯ ДОБАВКА В РАЦИОНАХ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Лавриненко К. В., кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент

Кощаев И. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Сергеева Е. С., магистрант

Рядинская А. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Ордина Н. Б., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина»
п. Майский, Белгородская область, Российская Федерация

Актуальность. Оптимизация кормовых рационов – первостепенная задача для улучшения продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы. Представляет интерес поиск и использование альтернативных экономически эффективных подходов в выращивании бройлеров на мясо, что, в свою очередь, должно обеспечивать организм доступной энергией. Фосфолипиды имеют гепатопротекторную, антиатерогенную, антиоксидантную, иммуномодулирующую активность. Фосфолипиды обеспечивают восстановление структуры клеточных мембран, что крайне важно для поддержания жизнеспособности клеток после повреждений. Этот процесс имеет огромное значение для здоровья животных и птиц, поскольку клеточные мембраны обеспечивают взаимодействие клетки с окружающей средой, а также с другими клетками. Они принимают участие в формировании клеточных кластеров, благодаря чему витамины и питательные вещества эффективно транспортируются по всему организму. Это делает их незаменимыми в рационе, способствуя поддержанию и восстановлению здоровья животного на молекулярном уровне. Лецитин, ключевой фосфолипид, играет центральную роль в мире питательных веществ благодаря своему богатому составу. Он включает в себя фосфатидилхолин, фосфатидилинозитол, фосфатидилсерин, помимо различных жирных кислот, углеводов, витаминов и других полезных компонентов. Данные элементы делают лецитин незаменимым в различных сферах, включая производство комбикорма. Цель работы заключалась в исследовании действия лецитинсодержащей кормовой добавки при выращивании цыплят-бройлеров

кросса «Росс-308». **Объект.** Объектом исследований являются цыплята-бройлеры кросса «Росс-308». **Материалы и методы.** Исследования проводились в условиях научно-производственной лаборатории птицеводства УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. Опыт проводили согласно методике ФГБНУ «ВНИИТИП». **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что введение лецитинсодержащей кормовой добавки согласно схемы опыта способствует: увеличению живой массы на 1,95-7,42% и прироста – на 4,64 %-7,53%; улучшению потребления корма 1 головой в на 3,58-6,55%, а в целом по группе – на 4,77 %-6,58%; снижении конверсия корма на 0,59%-1,18%; показателя сохранности остается на 2,5%; увеличения индекса продуктивности – на 4,57%-8,57%.

Ключевые слова: Росс-308, цыплята-бройлеры, фосфолипидно-жирнокислотный комплекс, кормовой лецитин, продуктивность цыплят-бройлеров, рационы цыплят-бройлеров.

Цитирование. Лавриненко К. В., Кощаев И. А., Сергеева Е. С., Рядинская А. А., Ордина Н. Б. Кормовая лецитинсодержащая добавка в рационах цыплят-бройлеров. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 277-286. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-30.

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. Птицеводство занимает ведущее положение в агропромышленном комплексе страны на сегодняшний день, являясь одной из самых активно развивающихся и наукоемких отраслей аграрного сектора экономики [6].

Основой этого лидирующего положения является снабжение населения страны полноценными продуктами питания, богатыми легко переваримыми белками, липидами и полиненасыщенными жирными кислотами [3].

Оптимизация кормовых рационов – это первостепенная задача для улучшения продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы. Достижение высоких показателей продуктивности, при поддержании здоровья животных, можно добиться благодаря сбалансированности рационов по витаминам и минеральным веществам. Для получения максимального эффекта по улучшению продуктивности и качества получаемой продукции применяют кормовые добавки [1, 7].

Представляет интерес поиск и использование альтернативных экономически эффективных подходов в выращивании бройлеров на мясо, что в свою очередь должно обеспечивать организм доступной энергией. Таким подходом можно считать применение эмульгаторов при снижении уровня жиров в рационе птицы. При этом эмульгаторы могут влиять на минеральный обмен, что отмечено в работе Рязанцевой К. В. с соавторами [14, 15].

В биологии существуют вещества, без которых функционирование живых организмов невозможно – фосфолипиды. Эти эссенциальные соединения играют ключевую роль не только в поддержании физического здоровья животных и птиц, но и в обеспечении их высоких физико-химических и биологических потребностей. Ценность фосфолипидов обуславливается их способностью к выполнению ряда критически важных функций в организме [13].

В числе прочего фосфолипиды занимаются восстановлением структуры клеточных мембран, что крайне важно для поддержания жизнеспособности клеток после повреждений. Этот процесс имеет огромное значение для здоровья животных и птиц, поскольку клеточные мембраны обеспечивают взаимодействие клетки с окружающей средой, а также с другими клетками. Они принимают участие в формировании клеточных кластеров, благодаря чему витамины и питательные вещества эффективно транспортируются по всему организму. Необходимо отметить, что наряду с их основными функциями фосфолипиды обладают рядом активных свойств: гепатопротекторным, антиатерогенным, антиоксидантным, иммуномодулирующим. Это делает их незаменимыми в рационе, способствуя поддержанию и восстановлению здоровья животного на молекулярном уровне. В заключение отметим, что нельзя переоценить важность фосфолипидов в биологии живых существ. Они выполняют множество ключевых функций, поддерживая здоровье и жизнедеятельность как животных, так и птиц. Исследования этих важнейших биомолекул продолжают раскрывать

новые аспекты их влияния на живые организмы, подчеркивая необходимость интеграции фосфолипидов в сбалансированные диеты для достижения оптимального уровня здоровья и функционирования [8].

Лецитин, ключевой фосфолипид, играет центральную роль в мире питательных веществ благодаря своему богатому составу. Он включает в себя фосфатидилхолин, фосфатидилинозитол, фосфатидилсерин, помимо различных жирных кислот, углеводов, витаминов и других полезных компонентов. Данные элементы делают лецитин незаменимым в различных сферах, включая производство комбикорма.

Интерес к лецитину и его применению значительно возрос после публикации исследования Б. С. Калоева, который подробно изучил влияние лецитина и ферментов как в совокупности, так и отдельно. Результаты его работы представляют собой важное открытие: применение лецитина с ферментами дает возможность снизить расход комбикорма на 6,63 до 11,73%, обеспечивая при этом более высокую эффективность конверсии питательных веществ в прирост продукции. Это открытие не только подтверждает значимость лецитина в сельском хозяйстве, но и указывает на новые направления для улучшения производственных процессов [4].

Исследования таких ученых, как Калоев Б. С., открывают новые горизонты в использовании лецитина, демонстрируя его потенциал в повышении эффективности питания животных и рационализации производства комбикормов. С постоянным расширением знаний о лецитине и его свойствах можно ожидать все более широкого применения в различных отраслях, от пищевой промышленности до медицины [5].

Исследования в области птицеводства неустанно продвигаются вперед, улучшая качество продукции для конечных потребителей. В центре научного внимания в последнее время находится повышение нутритивной ценности продукции птицеводства, что чрезвычайно важно для обеспечения здорового питания населения. Среди различных направлений исследований выделяются работы, направленные на улучшение качества мяса и яиц птицы через совершенствование их рациона [9].

Животноводы и научные исследователи обнаружили значительное улучшение в составе мяса бройлеров, проявляющееся в увеличении содержания белка и оптимизации жирнокислотного баланса [10]. Это достигается за счет более эффективного накопления ненасыщенных жирных кислот в липидах грудных мышц птиц. В частности, отмечается увеличение белково-качественного индекса на 0,4 единицы, что является важным показателем повышенной пищевой и биологической ценности продукции.

Существенный вклад в развитие данной темы внесли Гуляева Л. Ю. и её коллеги, которые сосредоточили свои усилия на изучении влияния добавления в рацион кур-несушек препарата «Липовитам Бета». Данный препарат богат фосфолипидами среди прочих полезных компонентов. Результаты их исследований показывают значительное улучшение яичной продуктивности и оптимизацию аминокислотного состава яиц, что делает этот подход особенно ценным для агропромышленного производства [2].

Эти исследования открывают новые горизонты для производителей мяса и яиц птицы, позволяя не только повышать продуктивность, но и значительно улучшать качественные характеристики продукции – делая её более полезной и предпочтительной для потребителя. Работа Л. Ю. Гуляевой в соавторстве с другими учеными вносит неоценимый вклад в развитие сельскохозяйственных наук и предоставляет новые возможности для производства высококачественной и экологически чистой продукции для здорового питания населения.

В современных исследованиях в центре внимания стоит вопрос о влиянии вводимых добавок в корм на здоровье бройлеров, особенно в условиях повышенного риска токсикозов. Значительный вклад в эту тему внесли работы ученых, среди которых выделяются исследования, проведенные В. Р. Каириным и его коллегами в 2019 году, а также Р. Б. Темираевой с командой в тот же период [16]. Эти исследования пролили свет на важность включения в корм для бройлеров таких компонентов, как эпофен и лецитин. Было установлено, что эти добавки оказывают заметное благоприятное воздействие не только на морфологические и биохимические показатели крови птиц, что подтверждает их общее укрепляющее действие, но и на переваримость корма и усвоение питательных веществ,

что крайне важно для здорового развития и роста бройлеров. Это открытие особенно ценно в контексте борьбы с Т-2 токсикозом – опасным состоянием, вызванным токсинами, которые попадают в организм птиц с зараженными кормами. Подтверждение эффективности эпофена и лецитина в качестве профилактических добавок открывает новые перспективы в разработке более безопасных и питательных кормовых смесей для бройлеров, позволяя им не только успешно противостоять воздействию токсинов, но и поддерживать оптимальный уровень здоровья и продуктивности. В заключение, учитывая высокую актуальность проблемы Т-2 токсикоза и роста биологических требований к качеству пищи бройлеров, открытия, сделанные Каировым, Темираевой и их коллегами, представляют собой значительный шаг вперед в понимании того, как можно улучшить условия содержания и питания птицы. Результаты этих исследований подчеркивают необходимость дальнейшего изучения и внедрения новых подходов к составлению рационов бройлеров, что поможет повысить эффективность отрасли и обеспечить производство здоровой продукции [18].

Антибиотики до сих пор широко используются в современном птицеводстве для улучшения здоровья кишечника, уменьшения субклинических инфекций и наращивания производства. Тем не менее известно, что чрезмерное применение антибиотиков негативно влияет на баланс нормального микробиома кишечника птицы наряду с накоплением остатков противомикробных препаратов в тканях и наличием новых штаммов, устойчивых к лекарствам патогенных бактерий. Поэтому уделяется большое внимание исследованиям потенциальных альтернатив для замены антибиотиков в качестве стимуляторов роста, иммуностимуляторов и противомикробных препаратов. Среди различных заменителей рассматриваются кормовые добавки растительного происхождения. Швед А. В. и Козинец А. И. в своей работе приводят подтверждение того, что липиды, являющиеся наиболее концентрированным источником энергии, могут стать альтернативой кормовым антибиотикам в качестве стимуляторов роста [17].

В. Манукян, Г. Айдинян также отмечают, что одновременное введение лецитина и L-карнитина в комбикорма цыплят-бройлеров при дефиците в рационах обменной энергии позволяет увеличить живую массу птицы и улучшить конверсию корма. Таким образом, изучив исследования многих авторов, можем заключить, что использование лецитинсодержащих кормовых добавок представляет интерес [12].

В наших исследованиях использовался жирнокислотно-фосфолипидный комплекс на основе растительного масла [11]. Целью исследований явилось изучение действия лецитинсодержащей кормовой добавки на показатели сохранности, живой массы, потребления корма и его конверсии в продукцию при выращивании цыплят-бройлеров кросса «Росс-308».

Материалы и методы. Практическая часть по изучению влияния жирнокислотно-фосфолипидного комплекса на основе растительного масла на продуктивность цыплят-бройлеров была проведена на цыплятах-бройлерах кросса «Ross-308» в условиях научно-производственной лаборатории УНИЦ «Агротехнопарк» ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ.

Из партии цыплят одного вывода в суточном возрасте согласно схеме опыта было сформировано 4 группы по 40 голов в каждой. Опыт продолжался до 38 суток.

Условия содержания цыплят во всех группах были одинаковыми и соответствовали рекомендуемым нормативам для данного кросса и рекомендациям ВНИИТИП.

Поголовью всех групп скармливались полнорационные комбикорма, сбалансированные по питательным, минеральным и биологически активным веществам и используемые хозяйством в качестве основного рациона. Корм «Старт» птица получала с момента постановки на опыт, 0-й (1-й) день. Далее птица получала корм «Рост» с 15 до 28 дня откорма. С 28-дневного возраста птицу плавно переводили на корм «Финиш» и скармливали данным видом корма до окончания опыта. Цыплята-бройлеры контрольной группы потребляли рационы без замены и добавок, согласно установленным нормам скармливания. Кормление цыплят-бройлеров было во всех группах вволю, отличия заключались в замене подсолнечного масла жирнокислотно-фосфолипидным комплексом на основе растительного масла, представленного в таблице 1.

Таблица 1 – Схема проведения научно-хозяйственного опыта
Table 1 – The scheme of scientific and economic experience

Группа / Group	Старт / Start (0-14)			Рост / Growth (15-28)			Финиш / Finish (29-38)		
	ПМ / SO	ЖК / FA	ФЛ / PhL	ПМ / SO	ЖК / FA	ФЛ / PhL	ПМ / SO	ЖК / FA	ФЛ / PhL
Контроль / Control	3,0	-	-	4,5	-	-	5,0	-	-
1 опытная / experimental	1,905	0,495	0,6	2,8575	0,742	0,9	3,54	0,66	0,8
2 опытная / experimental	1,47	0,69	0,84	2,205	1,035	1,26	2,96	0,92	1,12
3 опытная / experimental	0,81	0,99	1,2	1,215	1,485	1,8	2,08	1,32	1,6

(содержание в рационе: ПМ – подсолнечное масло (нерафинированное недезодорированное), ЖК – жирные кислоты, ФЛ – фосфолипиды), %

(content in the diet: SO – sunflower oil (unrefined non-deodorized), FA – fatty acids, PhL – phospholipids), %

В процессе исследования учитывали следующие показатели:

- клинико-физиологическое состояние птицы (путем ежедневного осмотра);
- сохранность птицы;
- живую массу бройлеров;
- прирост живой массы;
- потребление и конверсию корма;
- индекс эффективности производства.

Результаты и обсуждение. В течение опытного периода осуществлялся контроль за живой массой поголовья. В таблице 2 представлены результаты контрольного взвешивания бройлеров при сменах рациона по периодам роста.

Таблица 2 – Динамика набора массы цыплятами-бройлерами, кг
Table 2 – Dynamics of weight gain by broiler chickens, kg

Группа / Group	Сутки / Day			
	1	14	28	38
Контроль / Control	0,042±0,001	0,506±0,012	1,492±0,025	2,304±0,051
1 опытная / experimental	0,042±0,001	0,545±0,010*	1,609±0,025**	2,475±0,052*
2 опытная / experimental	0,042±0,001	0,530±0,011	1,511±0,034	2,349±0,054
3 опытная / experimental	0,042±0,001	0,536±0,010	1,599±0,027**	2,409±0,055

*P≥0,95; **P≥0,99.

Анализируя данные живой массы, можем отметить, что имея равную живую массу при посадке, на 14-е сутки и 28-е сутки цыплята 1 и 3 опытных групп имели более высокие показатели живой массы.

На 14 сутки показатель в опытных группах был выше показателя контроля на 4,74-7,71%. В 1 опытной группе данные были достоверны P≥0,95.

На 28 сутки тенденция увеличения живой массы в опытных группах сохранилась и была в лучшем виде в опытных группах – на 1,27-7,84%. В возрасте 38 суток лучшие результаты зафиксированы в 1-й (2475 г) и 3-й (2409 г) опытных группах, рацион которых включал в себя жирнокислотно-фосфолипидный комплекс на основе растительного масла, согласно схеме проведения опыта, причем в 1 и 3 опытных группах данные были достоверны, P≥0,99.

В целом показатели опытных групп были выше в сравнении с контролем на 1,95-4,56%, а в 1 опытной группе достоверность сохранилась (P≥0,95). Таким образом, можно заключить, что включение в рационы бройлеров фосфолипидно-жирнокислотного комплекса целесообразно, что подтверждается повышением живой массы бройлеров в опытных группах.

Сохранность поголовья в 2 и 3 опытных групп на конец опытного периода была 100%, что выше в сравнении с контрольной и 1 опытной на 2,5%, и составила 97,5%.

Поедаемость корма цыплятами представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Потребление корма цыплятами-бройлерами, г
Table 3 – Feed consumption by broiler chickens, g

Периоды, сутки / Periods, days	Группы / Group			
	Контрольная / Control	1 опытная / experimental	2 опытная / experimental	3 опытная / experimental
0-14	616,9	647,9	629,0	638,1
15-28	1434,8	1535,0	1441,9	1572,5
29-38	1718,1	1833,6	1833,8	1761,4
1-38	3769,7	4016,5	3904,6	3972,0

Анализ данных таблицы 3 показывает, что как в отдельные периоды, так и в целом за технологический цикл выращивания, бройлеры опытных групп потребили большее количество корма. Расчет потребления корма приведен в среднем на одну голову. Так, в период 0-14 дней бройлеры опытных групп потребили больше корма, в сравнении с контролем соответственно на 31,3 г (5,07 %); 12,10 г (1,96 %); 21,20 г (3,44 %). В период 15-28 и 29-38 дней, наблюдаем аналогичную тенденцию: 1 опытная – больше на 100,20 г (6,98 %) и 115,50 г (6,72 %); 2 опытная – на 7,10 г (0,49 %) и 115,70 г (6,73 %); 3 опытная – на 137,7 г (9,60 %) и 43,30 г (2,52 %). Полный цикл кормления бройлеров составил 38 суток, где потребление корма 1 головой в среднем составило в контрольной группе – 3769,7 кг, было ниже в сравнении с опытными на – 246,80 г (6,55 %); 134,90 г (3,58 %) и 202,30 г (5,37 %).

В таблице 4 представлены исходные данные для расчета конверсии корма как по периодам роста, так и в целом за период выращивания.

Проанализируем исходные данные для определения конверсии корма. Как отмечалось ранее, цыплятами опытных групп потреблялось большее количество кормов и в целом по периодам выращивания этот показатель превышал контроль: в стартовый период – на 0,482 кг-1,241 кг (1,98 %-5,03 %); в период роста – на 0,285 кг-5,510 кг (0,50%-9,60 %); в финишный период – на 3,450 кг-6,345 кг (5,15 %-9,47 %). Все поголовье опытных групп потребило большее количество корма в сравнении с контрольной группой соответственно на – 9,756 кг (6,54 %); 7,112 кг (4,77 %) и 9,809 кг (6,58 %).

Поскольку опытные группы потребляли большее количество корма в сравнении с контролем, это нашло положительное отражение на общем приросте массы по группе. Так, в период 0-14 дней, прирост по группе вырос в среднем на 0,969 кг-1,552 кг (5,22 %-8,36 %); 15-28 дней – на 0,053 кг-3,077 кг (0,13 %-7,80 %); 29-38 дней – на 2,009 кг-3,373 кг (6,66 %-11,18 %). Прирост по группе в целом за период выращивания бройлеров, от 0 по 38 сутки в опытных группах был выше в сравнении с контролем соответственно на – 6,638 кг (7,53 %); 4,095 кг (4,64 %) и 6,492 кг (7,36 %).

Таблица 4 – Расчет конверсии корма по периодам
Table 4 – Calculation of feed conversion by period

Показатель / Index	Контроль / Control	1	2	3
Старт (0-14 суток) / Start (0-14 days)				
Съедено корма, кг / Feed eaten, kg	24,676	25,917	25,158	25,525
Прирост по группе, кг / Group gain, kg	18,562	20,114	19,531	19,770
Конверсия, ед. / Conversion, units	1,33	1,29	1,29	1,29
Рост (15-28)				
Съедено корма, кг / Feed eaten, kg	57,390	61,400	57,675	62,900
Прирост по группе, кг / Group gain, kg	39,468	42,545	39,521	42,522
Конверсия, ед. / Conversion, units	1,45	1,44	1,47	1,48
Финиш (29-38)				
Съедено корма, кг / Feed eaten, kg	67,005	71,510	73,350	70,455
Прирост по группе, кг / Group gain, kg	30,167	32,176	33,540	32,397
Конверсия, ед. / Conversion, units	2,22	2,22	2,19	2,17
За весь период (0-38)				
Съедено корма, кг / Feed eaten, kg	149,071	158,827	156,183	158,88
Прирост по группе, кг / Group gain, kg	88,197	94,835	92,292	94,689
Конверсия, ед. / Conversion, units	1,69	1,67	1,69	1,68

Конверсия корма в 1 фазу выращивания в опытных группах снизилась по сравнению с контролем (1,33 ед.) – на 0,04 ед. (3,01 %) и составила 1,29 ед. Во 2 фазу выращивания конверсия в контрольной группе составила 1,45 ед., что ниже чем во 2 (1,47 ед.) и 3 (1,48 ед.) опытных группах соответственно на – 0,02 и 0,03 ед. (1,38 % и 2,07 %), и выше чем в 1 опытной – на 0,01 ед. (0,69 %). В 3 фазу выращивания конверсия в контрольной и 1 опытной группах составила 2,22 ед., что выше чем во 2 (2,19 ед.) и 3 (2,17 ед.) опытных группах соответственно на – 0,03 и 0,05 ед. (1,35 % и 2,25 %). За весь период выращивания конверсия корма в контрольной и 2 опытной группах составила 1,69 ед., что выше в сравнении в 1 и 3 опытных группах – на 0,02 ед. и 0,01 ед. (1,18 % и 0,59 %).

Расчет индекса эффективности производства показал, что в сравнении с контролем (350 ед.), показатели опытных групп были выше – в 1 опытной группе – на 30 ед (8,57 %); во 2 опытной – на 16 ед (4,57 %); в 3 опытной – на 27 ед (7,71 %), рисунок 1.

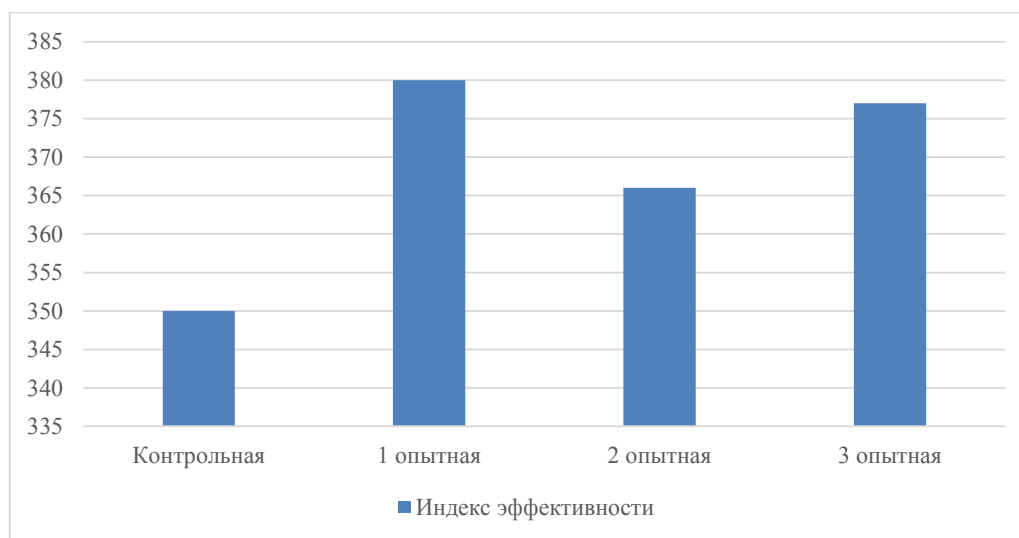


Рисунок 1 – Индекс эффективности производства
Figure 1 – Production efficiency Index

Заключение. Птицеводство нашей страны сегодня успешно функционирует и развивается благодаря применению современных технологических решений в кормлении и содержании. Генетический потенциал бройлеров раскрывается в том числе благодаря грамотным программам кормления. Ввиду чего, разработка и внедрение инновационных технологий кормления с применением альтернативных кормовых средств, является актуальной, что подтверждают результаты проведенного исследования: увеличивается живая масса на 1,95-7,42 % и прирост – на 4,64 %-7,53 %; потребление корма 1 головой в среднем увеличивается на 3,58-6,55 %, а в целом по группе – на 4,77 %-6,58 %; понижается конверсия корма на 0,59 %-1,18 %; показатель сохранности остается на уровне 97,5-100 %; увеличивается индекс продуктивности – на 4,57 %-8,57 %.

Conclusions. Poultry farming in our country is successfully functioning and developing today thanks to the use of modern technological solutions in feeding and maintenance. The genetic potential of broilers is revealed, among other things, thanks to competent feeding programs. Therefore, the development and implementation of innovative feeding technologies using alternative feed products is relevant, which is confirmed by the results of the study: live weight increases by 1.95-7.42% and an increase by 4.64%-7.53 %; feed consumption by 1 head increases on average by 3.58-6.55%, and in the whole group – by 4.77%-6.58%; feed conversion decreases by 0.59%-1.18%; the safety index remains at 97.5-100%; the productivity index increases by 4.57%-8.57%.

Библиографический список

1. Геков С. А., Глебова И. В. Влияние спиролинолецитинсодержащих кормовых добавок на молочную продуктивность коров голштинской породы. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4. С. 56-60.
2. Гуляева Л. Ю., Улитко В. Е., Ерисанова О. Е. Аминокислотный состав яиц кур как показатель ассимиляционных процессов в их организме при использовании в рационе антиоксидантного препарата. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2018. № 3 (48). С. 86-91.

3. Иванова Н. Н., Котарев В. И. Влияние комплексной кормовой добавки на повышение продуктивности цыплят-бройлеров. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2023. № 3 (212). С. 21-36.
4. Калоев Б. С., Ибрагимов М. О. Использование ферментных препаратов и лецитина для улучшения использования питательных веществ рациона цыплятами-бройлерами. Птицеводство. 2020. № 9. С. 36-40.
5. Калоев Б. С., Ибрагимов М. О. Улучшение биологической полноценности мяса бройлеров как результат включения в их рацион ферментных препаратов и лецитина. Известия Горского государственного аграрного университета. 2021. Т. 58-1. С. 53-58.
6. Котарев В. И., Иванова Н. Н. Динамика морфологических и биохимических показателей крови цыплят-бройлеров, получавших энтеросорбент в процессе выращивания. Птица и птицепродукты. 2020. № 2. С. 44-46.
7. Кошчаев И. А., Лавриненко К. В., Рядинская А. А. Влияние органических кислот и их солей на рост петушков-бройлеров кросса "Ross-308". Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 4 (56). С. 173-180.
8. Кошчаев И. А., Сергеева Е. С., Лавриненко К. В. Лецитин в комбикормах для бройлеров: монография. Москва, 2023. 140 с.
9. Кошчаев И. А. Переваримость питательных веществ при включении в рационы цыплят-бройлеров сухого жема. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2013. № 4. С. 48-51.
10. Кошчаев И. А., Татьяничева О. Е., Бойко И. А. Влияние сухого жема на убойные и мясные качества цыплят-бройлеров. Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2014. № 1 (1). С. 110-114.
11. Лавриненко К. В., Кошчаев И. А., Соболева Ю. И. Продуктивность цыплят-бройлеров при введении в рационы жирнокислотно-фосфолипидного комплекса. Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2024. № 2 (32). С. 37-45.
12. Манукян В., Айдинян Г. Лецитин и i-карнитин в рационах цыплят-бройлеров. Животноводство России. 2015. № 11. С. 17-18.
13. Плотникова Э. М., Низамов Р. Н., Вафин Ф. Р. Современные проблемы технологии получения фосфолипидов (обзор). Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2023. Т. 9. № 2 (34). С. 168-177.
14. Рязанцева К. В., Нечитайло К. С., Сизова Е. А. Влияние соевого лецитина на минеральный статус цыплят. Микроэлементы в медицине. 2024. № 3. С. 3-4.
15. Рязанцева К. В., Сизова Е. А. Влияние эмульгаторов на основе лецитина на продуктивность и липидный профиль сыворотки крови цыплят-бройлеров. Животноводство и кормопроизводство. 2021. № 4. С. 205-216.
16. Темираев Р. Б., Каиров А. В., Цогоева Ф. Н. Морфологический и биохимический состав крови мясной птицы при применении в рационах биологически активных препаратов. Известия Горского государственного аграрного университета. 2019. Т. 56. № 1. С. 91-97.
17. Швед А. В., Козинец А. И. Кормовая лецитинсодержащая добавка в рационах молодняка крупного рогатого скота. Зоотехническая наука Беларуси. 2022. № 57 (2). С. 102-109.
18. Kairov V. R., Kairov A. V., Chabaev M. G. The influence of antioxidant on the productivity and activity of digestive broiler enzymes in reducing the risk of T-2 toxin. Journal of Livestock Science. 2020. Vol. 11. No 2. Pp. 85-89.

References

1. Gekov S. A., Glebova I. V. The effect of spirulinolecitin-containing feed additives on the dairy productivity of Holstein cows. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2023. No 4. Pp. 56-60.
2. Gulyaeva L. Yu., Ulitko V. E., Erisanova O. E. Amino acid composition of chicken eggs as an indicator of assimilation processes in their body when using an antioxidant drug in the diet. Bulletin of the NGAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2018. No 3 (48). Pp. 86-91.
3. Ivanova N. N., Kotarev V. I. The effect of a complex feed additive on increasing the productivity of broiler chickens. Feeding of farm animals and feed production. 2023. № 3 (212). Pp. 21-36.
4. Kaloev B. S., Ibragimov M. O. The use of enzyme preparations and lecithin to improve the use of nutrients in the diet by broiler chickens. Poultry farming. 2020. No 9. Pp. 36-40.
5. Kaloev B. S., Ibragimov M. O. Improvement of the biological value of broiler meat as a result of the inclusion of enzyme preparations and lecithin in their diet. Proceedings of the Gorsky State Agrarian University. 2021. V. 58-1. Pp. 53-58.
6. Kotarev V. I., Ivanova N. N. Dynamics of morphological and biochemical blood parameters of broiler chickens receiving enterosorbent during cultivation. Poultry and poultry products. 2020. No 2. Pp. 44-46.
7. Kokhaev I. A., Lavrinenko K. V., Radyanskaya A. A. The influence of the organic slot and its group on the growth of Petyukov-broiler "Ross-308". Bulletin of Ulyanovsk State University. 2021. No 4 (56). Pp. 173-180.
8. Koshchaev I. A., Sergeeva E. S., Lavrinenko K. V. Lecithin in compound feeds for broilers : monograph. Moscow, 2023. 140 p.
9. Koshchaev I. A. Digestibility of nutrients when including dry pulp in the diets of broiler chickens. Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University. 2013. No 4. Pp. 48-51.
10. Koshchaev I. A., Tatyanicheva O. E., Boyko I. A. The influence of dry pulp on the slaughter and meat qualities of broiler chickens. Innovations in agriculture: problems and prospects. 2014. No 1 (1). Pp. 110-114.
11. Lavrinenko K. V., Koshchaev I. A., Soboлева Yu. I. Productivity of broiler chickens when introducing fatty acid-phospholipid complex into diets. Topical issues of agricultural biology. 2024. No 2 (32). Pp. 37-45.
12. Manukan V., Eidinyan G. Lekhitin and i-carnitine in ragiplate broilers. The State of Russia. 2015. No 11. Pp. 17-18.
13. Plotnikova E. M., Nizamov R. N., Vafin F. R. Modern problems of phospholipid production technology (review). Bulletin of the Mari State University. Series: Agricultural Sciences. Economic sciences. 2023. V. 9. No 2 (34). Pp. 168-177.
14. Ryazantseva K. V., Nechitailo K. S., Sizova E. A. The effect of soy lecithin on the mineral status of chickens. Trace elements in medicine. 2024. No 3. Pp. 3-4.

15. Ryazantseva K. V., Sizova E. A. The effect of lecithin-based emulsifiers on the productivity and lipid profile of blood serum of broiler chickens. Animal husbandry and feed production. 2021. No 4. Pp. 205-216.

16. Temiraev R. B., Kairov A.V., Tsogoeva F. N. Morphological and biochemical composition of blood of poultry meat when used in diets of biologically active preparations. Izvestiya Gorsky State Agrarian University. 2019. V. 56. No 1. Pp. 91-97.

17. Shved A. V., Kozinets A. I. Feed lecithin-containing additive in the diets of young cattle. Zootechnical science of Belarus. 2022. No 57 (2). Pp. 102-109.

18. Kairov V. R., Kairov A. V., Chabaev M. G. The influence of antioxidant on the productivity and activity of digestive broiler enzymes in reducing the risk of T-2 toxin. Journal of Livestock Science. 2020. Vol. 11. No 2. Pp. 85-89.

Информация об авторах

Лавриненко Кристина Витальевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1), e-mail: k.mezinova@yandex.ru

Кошчаев Иван Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1), e-mail: koshchaev@yandex.ru

Сергеева Екатерина Сергеевна, магистрант кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1), e-mail: sergeeva_es@bsaa.edu.ru

Рядинская Антонина Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1), e-mail: antonina.yurchenko.63@mail.ru

Ордина Наталья Борисовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1), e-mail: ordina_nb@bsaa.edu.ru

Author's Information

Lavrinenko Kristina Vitalievna, Candidate of Agricultural Sciences, Assistant of the Department of "Technologies of production and processing of agricultural products", Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1), e-mail: k.mezinova@yandex.ru

Koshchaev Ivan Aleksandrovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of "Technologies of Production and Processing of Agricultural Products", Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1), e-mail: koshchaev@yandex.ru

Sergeeva Ekaterina Sergeevna, undergraduate student, Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1), e-mail: sergeeva_es@bsaa.edu.ru

Ryadinskaya Antonina Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of "Technologies of production and Processing of Agricultural Products", Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1), e-mail: antonina.yurchenko.63@mail.ru

Ordina Natalia Borisovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1), e-mail: ordina_nb@bsaa.edu.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-31

¹Doskach E. S., ¹Karapetyan A. K., ¹Nikolaev S. I., ¹Chehranova S. V., ¹Danilenko I. Y.,
¹Shkalenko V. V., ¹Vorontsova E. S., ¹Morozova E. A., ²Baymishev R. H.

¹Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

²Samara State Agrarian University
Samara, Russian Federation

Corresponding author E-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Received 04.10.2024

Submitted 10.12.2024

The study was conducted within the framework of agreement No. 14 dated 07/05/2023 of Megamix LLC
Topic: "Determination of the effectiveness of enzyme preparations on laying hens phase 1 of egg production"

Abstract

Introduction. A key aspect for unlocking the genetic capabilities of animals and poultry is balanced feeding. In the poultry industry, the bulk of the costs are compound feeds, which account for 70-75% of all production costs. Currently, full-fledged compound feeds based on corn and soybeans are widely used. Sunflower cake is the most attractive source of vegetable protein and a common feed ingredient for providing farm animals and poultry with protein. In this regard, the cost of this feed product is high. Alternative feed products in the feeding of poultry are becoming more and more relevant in modern agriculture. Given the rising prices of traditional feed and the need to reduce the cost of production, the study of new sources of protein and nutrients is of particular importance. Considering the above, the study devoted to a comprehensive

analysis of the effectiveness of the use of amaranth cake in the diet of young chickens is very relevant. The aim of the study was to determine the effect of amaranth cake in the composition of compound feeds on the productive qualities of young chickens of the parent herd. **The object of the study.** The object of the research was the young chickens of the parent herd. **Materials and methods.** The research was conducted based on the joint venture "Svetly", located in the Svetloyarsky district of the Volgograd region. When conducting a scientific and economic experiment on young poultry of the parent stock, we organized 4 groups according to a similar principle, each of which contained 100 day-old chickens. The chickens were housed in cell batteries manufactured by BigDutchman throughout the experiment, starting from the age of one day and up to the age of 150 days. The conditions of detention and feeding for the experimental groups were completely identical and corresponded to zoohygienic standards. The main difference was in the diet of poultry: the control group received a basic diet with sunflower cake. The amount of sunflower cake input into feed varied depending on the age of the bird, so from 1 to 7 weeks of cultivation – 7.0%, from 8 to 14 weeks – 10.0%, from 15 weeks of cultivation and up to 2-5% of egg production – 15%. As part of the compound feeds for the 1st experimental group of youngsters, 50% of sunflower cake was replaced with amaranth, the 2nd experimental group - by 75% and the 3rd experimental group - completely by 100%. **Results and conclusions.** The introduction of amaranth cake into the diet had a positive effect on the zootechnical indicators of the young of the parent herd. Thus, as a result of weighing poultry of the 1st, 2nd and 3rd experimental groups, compared with the control group, an increase in live weight was noted by 11.89 g, 65.09 g and 48.36 g. The total increase in live weight of young chickens of the parent herd in the 1st, 2nd and 3rd experimental groups receiving amaranth cake as part of compound feeds partially or completely, it was higher than in the control group by 11.70 g (or 0.73%), 65.15 g (or 4.06%), 48.30 g (or 3.01%) more than in the control group. The average daily increase in youngsters in the 1st experimental group, 2nd experimental group and 3rd experimental group was higher than in the control by 0.43 g, 0.08 g and 0.32 g. The consumption of compound feeds in all experimental groups was the same and amounted to 6.02 kg per young. Feed costs in the experimental groups compared with the control group of young were lower by 0.03 kg, 0.14 kg, 0.08 kg less than in the control group. The introduction of amaranth cake into the diet had a significant positive effect on the zootechnical indicators of raising young chickens of the parent herd.

Keywords: diets of young chickens, amaranth cake, live weight of chickens, mixed feed costs, sunflower cake, young chickens of the parent flock.

Citation. Doshach E. S., Karapetyan A. K., Nikolaev S. I., Chehranova S. V., Danilenko I. Y., Shkalenko V. V., Vorontsova E. S., Morozova E. A., Baymishov R. H. The efficiency of using amaranth cake as part of compound feeds for young chickens. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 286-294 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-31.

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 636.5:636.083/084

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АМАРАНТОВОГО ЖМЫХА В СОСТАВЕ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ МОЛОДНЯКА КУР

¹Доскач Е. С., соискатель

¹Карапетян А. К., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Николаев С. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Чехранова С. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Даниленко И. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Шкаленко В. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Воронцова Е. С., кандидат биологических наук

¹Морозова Е. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

²Баймишев Р. Х., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Самарский ГАУ

г. Самара, Российская Федерация

Исследование проведено в рамках договора № 14 от 05.07.2023 компании "МегаМикс" Тема: «Определение эффективности ферментных препаратов на курах-несушках, 1 фаза яйценоскости»

Актуальность. Ключевым аспектом для раскрытия генетических возможностей животных и птицы является сбалансированное кормление. В птицеводческой отрасли основную часть расходов составляют комбикорма, которые занимают 70-75% всех затрат на производство. В настоящее вре-

мя широко применяются полнорационные комбикорма на основе кукурузы и сои. Подсолнечный жмых является наиболее привлекательным источником белка растительного происхождения и распространенным кормовым ингредиентом для обеспечения сельскохозяйственных животных и птицы белком. В связи с этим и стоимость данного кормового продукта высокая. Альтернативные кормовые средства в кормлении сельскохозяйственной птицы становятся все более актуальными в современном сельском хозяйстве. С учетом роста цен на традиционные корма и необходимости снижения себестоимости продукции исследование новых источников белка и питательных веществ приобретает особую важность. Учитывая вышеизложенное, исследование, посвященное всестороннему анализу эффективности использования амарантового жмыха в рационе молодняк кур, является весьма актуальным. Целью исследования было определить влияние амарантового жмыха в составе комбикормов на продуктивные качества молодняк кур родительского стада. **Объект исследования.** Объектом исследований явились молодки кур родительского стада. **Материалы и методы.** Исследования проводились на базе предприятия СП «Светлый», расположенного в Светлоярском районе Волгоградской области. При проведении научно-хозяйственного эксперимента на молодом поголовье птицы родительского стада мы организовали 4 группы по аналогичному принципу, в каждой из которых находилось по 100 суточных цыплят. Цыплята размещались в клеточных батареях производства компании «BigDutchman» на протяжении всего эксперимента, начиная с суточного возраста и до достижения 150-дневного. Условия содержания и кормления для подопытных групп были полностью идентичны и соответствовали зоогигиеническим нормам. Главное отличие заключалось в рационе питания птицы: контрольная группа получала основной рацион с подсолнечным жмыхом. Количество ввода подсолнечного жмыха в комбикорма варьировало в зависимости от возраста птицы, так, с 1 по 7 неделю выращивания – 7,0 %, с 8 по 14 неделю – 10,0 %, с 15 недели выращивания и до 2-5 % яйценоскости – 15 %. В составе комбикормов для 1-опытной группы молодок производилась замена 50 % жмыха подсолнечного на амарантовый, 2-опытной группы – на 75 % и 3-опытной группы – полностью на 100 %. **Результаты и выводы.** Введение в рацион амарантового жмыха оказало положительное влияние на зоотехнические показатели молодок родительского стада. Так, в результате взвешивания птицы 1-, 2- и 3-опытной групп по сравнению с контрольной было отмечено повышение живой массы на 11,89 г, 65,09 г и 48,36 г. Общий прирост живой массы молодняк кур родительского стада в 1-, 2- и 3-опытной группах, получавших в составе комбикормов амарантовый жмых частично или полностью, был выше, чем в контрольной группе, на 11,70 г (или на 0,73 %), 65,15 г (или на 4,06 %), на 48,30 г (или на 3,01 %). Среднесуточный прирост у молодок в 1-опытной группы, 2-опытной группы и 3-опытной группы был выше, чем в контроле, на 0,43 г, 0,08 г и 0,32 г. Расход комбикормов во всех подопытных группах был одинаковый и составил 6,02 кг на одну молодку. Затраты комбикорма в опытных группах по сравнению с контрольной группой молодок были ниже на 0,03-0,14 кг. Внедрение амарантового жмыха в рацион оказало значительное положительное влияние на зоотехнические показатели выращивания кур-молодок родительского стада.

Ключевые слова: *рационы молодняк кур, амарантовый жмых, живая масса кур, затраты комбикорма, подсолнечный жмых, молодняк кур родительского стада.*

Цитирование. Доскач Е. С., Карапетян А. К., Николаев С. И., Чехранова С. В., Даниленко И. Ю., Шкаленко В. В., Воронцова Е. С., Морозова Е. А., Баймишев Р. Х. Эффективность использования амарантового жмыха в составе комбикормов для молодняк кур. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 286-294. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-31.

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. Ключевым аспектом для раскрытия генетических возможностей животных и птицы является сбалансированное кормление.

В птицеводческой отрасли основную часть расходов составляют комбикорма, которые занимают 70-75% всех затрат на производство [2, 3, 4]. В настоящее время широко применяются полнорационные комбикорма на основе кукурузы и сои [1].

Подсолнечный жмых является наиболее привлекательным источником белка растительного происхождения и распространенным кормовым ингредиентом для обеспечения сельскохозяйственных животных и птицы белком. В связи с этим и стоимость данного кормового продукта высокая. Поэтому предприятиям, занимающимся производством продукции птицеводства, необходимо вести поиск альтернативных кормов [6].

Альтернативные кормовые средства в кормлении сельскохозяйственной птицы становятся все более актуальными в современном сельском хозяйстве. С учетом роста цен на традиционные корма и необходимости снижения себестоимости продукции исследование новых источников белка и питательных веществ приобретает особую важность [10].

Учитывая вышеизложенное, исследование, посвященное всестороннему анализу эффективности использования амарантового жмыха в рационе молодняк кур, является весьма актуальным.

Целью исследования было определить влияние амарантового жмыха в составе комбикормов на продуктивные качества молодняк кур родительского стада.

Объект исследования. Объектом исследований явились молодки кур родительского стада.

Материал и методы. Исследования проводились на базе предприятия СП «Светлый», расположенного в Светлоярском районе Волгоградской области. При проведении научно-хозяйственного эксперимента на молодом поголовье птицы родительского стада мы организовали 4 группы по аналогичному принципу, в каждой из которых находилось по 100 суточных цыплят. Цыплята размещались в клеточных батареях производства компании «BigDutchman» на протяжении всего эксперимента начиная с суточного возраста и до достижения 150-дневного. Исследование проводилось в соответствии со следующей схемой (таблица 1).

Таблица 1 – Схема проведения опыта на молодняке кур
Table 1 – The scheme of the experiment on young chickens

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	Контрольная / Test	1-опытная / 1-test group	2-опытная / 2-test group	3-опытная / 3-test group
Условия кормления / Feeding conditions	Основной рацион (ОР) с подсолнечным жмыхом / The main diet (MD) with sunflower cake	ОР с замещением 50% подсолнечного жмыха на амарантовый / MD with replacement of 50% sunflower oil cake with amaranth	ОР с замещением 75% подсолнечного жмыха на амарантовый / MD with replacement of 75% sunflower oil cake with amaranth	ОР с замещением 100% подсолнечного жмыха на амарантовый / MD with replacement of 100% sunflower oil cake with amaranth
Продолжительность опыта / Duration of the test	150 дней / 150 days			
Количество молодок / The number of young chickens	100	100	100	100

Условия содержания и кормления для подопытных групп были полностью идентичны и соответствовали зоогигиеническим нормам. Главное отличие заключалось в рационе питания птицы: контрольная группа получала основной рацион с подсолнечным жмыхом. Количество ввода подсолнечного жмыха в комбикорма варьировало в зависимости от возраста птицы, так, с 1 по 7 неделю выращивания – 7,0%, с 8 по 14 неделю – 10,0%, с 15 недели выращивания и до 2-5% яйценоскости – 15%. В составе комбикормов для 1-опытной группы молодок производилась замена 50% жмыха подсолнечного на амарантовый, 2-опытной группы – на 75% и 3-опытной группы – полностью на 100%.

Результаты и обсуждение. Перед проведением научно-хозяйственного опыта на молодняке кур нами был изучен химический состав амарантового и подсолнечного жмыхов в лаборатории «Анализ кормов и продукции животноводства» ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ. Содержание сухого вещества в амарантовом жмыхе по сравнению с подсолнечным было выше на 0,37 %. Следует отметить, в амарантовом жмыхе по сравнению с подсолнечного сырого протеина содержалось выше на 0,28 %, аминокислот на 2,53 %, сырой золы на 0,22 %, а БЭВ на 4,31 %. Сырой клетчатки и сырого жира в амарантовом жмыхе было меньше чем в подсолнечном соответственно на 4,22 % и 0,22 %.

На основании выше приведенных данных, амарантовый жмых по химическому и аминокислотному составу не уступает подсолнечному жмыху, что и повлияло на выбор дальнейшего исследования.

Живая масса является ключевым показателем роста молодняка, особенно относящегося к родительскому стаду [7, 13]. Изменения в живой массе птицы отслеживали на основании данных ежемесячных взвешиваний. Введение в состав комбикормов различных долей амарантового жмыха привело к постепенному увеличению живой массы молодняка кур, как показано в таблице 2.

Таблица 2 – Живая масса молодняка кур, г ($M \pm m$) (n=100)

Table 2 – Live weight of young chickens, g ($M \pm m$) (n=100)

Группа / Group	Возраст птицы, дней / Age of the bird, days					
	Суточные / Daily allowance	30	60	90	120	150
Контрольная / Test	$42,25 \pm 0,17$	$284,61 \pm 3,43$	$745,01 \pm 7,93$	$1087,17 \pm 12,92$	$1409,13 \pm 17,81$	$1646,18 \pm 21,03$
1-опытная / 1-test group	$42,44 \pm 0,15$	$285,89 \pm 3,37$	$756,88 \pm 7,82$	$1099,23 \pm 12,64$	$1427,38 \pm 17,54$	$1658,07 \pm 20,85$
2-опытная / 2-test group	$42,19 \pm 0,16$	$288,91 \pm 3,31$	$770,81 \pm 7,41^*$	$1125,30 \pm 12,39^*$	$1463,49 \pm 17,06^*$	$1711,27 \pm 20,55^*$
3-опытная / 3-test group	$42,31 \pm 0,14$	$290,09 \pm 3,40$	$761,32 \pm 7,53$	$1103,59 \pm 13,07$	$1447,87 \pm 17,27$	$1694,54 \pm 20,91$

Примечание: *P>0,95, ** P>0,99, *** P>0,999

Note: *P>0.95, ** P>0.99, *** P>0.999.

В конце проведенного научно-хозяйственного опыта живая масса молодняка кур родительского стада в контрольной группе составила 1646,18 г. В первой опытной группе этот показатель оказался равен 1658,07 г, что превышает контрольные значения на 11,89 г. Во второй и третьей опытных группах живая масса молодок составила 1711,27 г и 1694,54 г соответственно, что является увеличением на 65,09 г и 48,36 г по сравнению с контрольной группой.

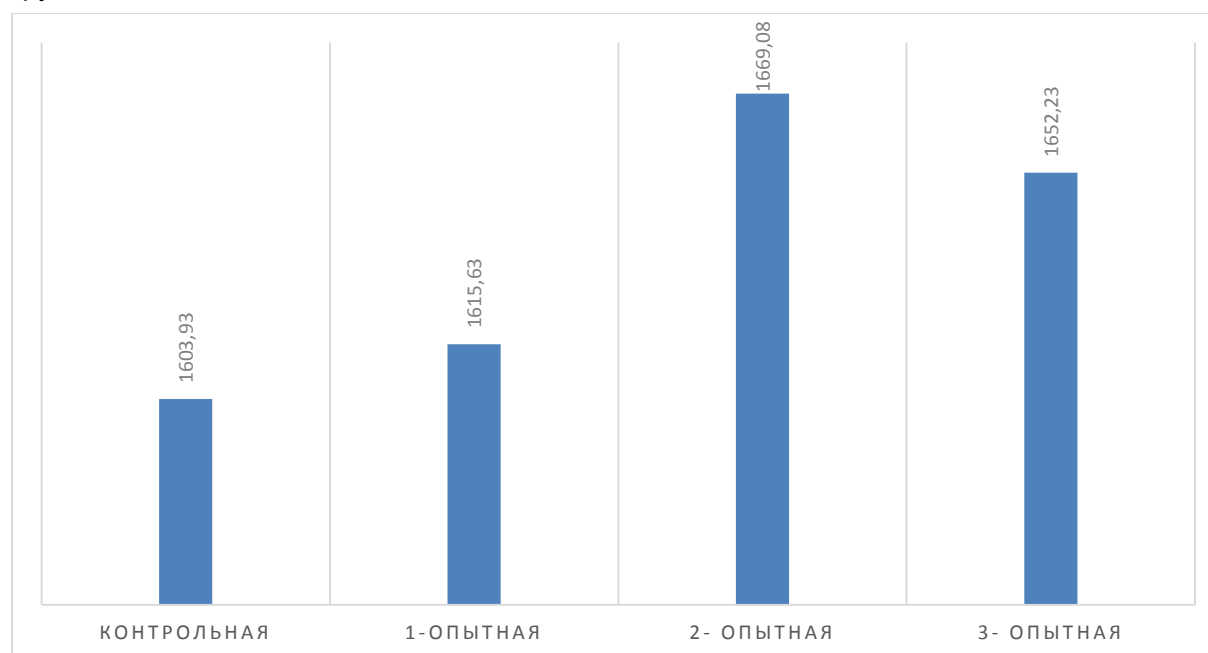


Рисунок 1 – Общий прирост молодняка кур, кг
Figure 1 – Total growth of young chickens, kg

Общий прирост живой массы молодняка кур родительского стада в контрольной группе составил 1603,93 г. В первой опытной группе он достиг 1615,63 г, что на 11,70 г (или на 0,73%) превышает контрольные данные. Во второй опытной группе прирост составил 1669,08 г, что на 65,15 г (или на 4,06%) больше по сравнению с контролем. В третьей опытной группе масса птицы составила 1652,23 г, что также превышает контрольный уровень на 48,30 г (или на 3,01%) (рисунок 1).

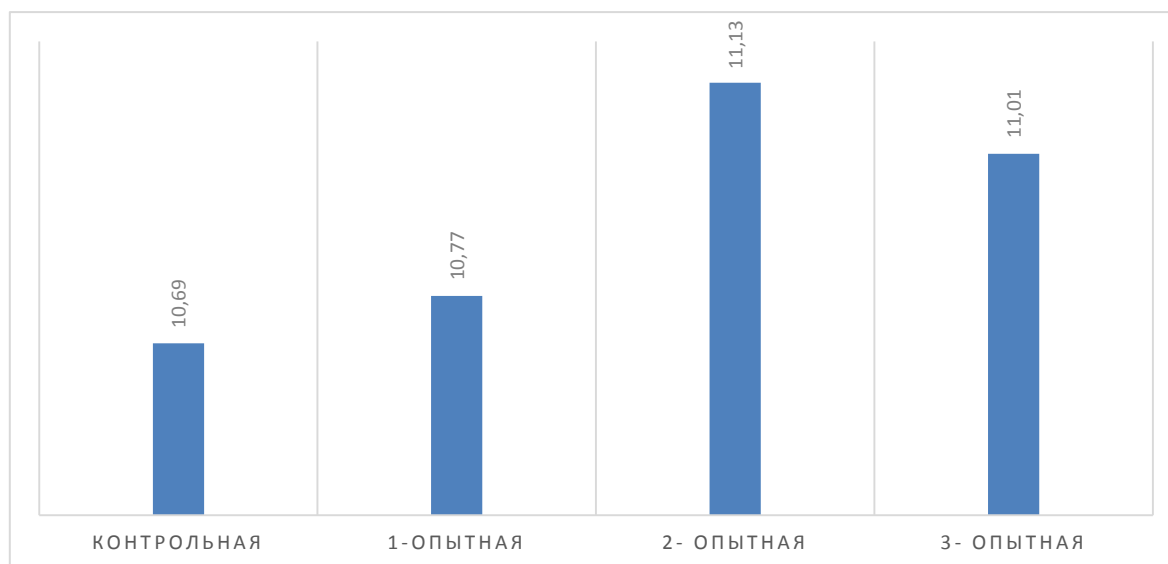


Рисунок 2 – Среднесуточный прирост молодняка кур, г
Figure 2 – Average daily growth of young chickens, g

Наибольший среднесуточный прирост у молодняка родительского стада составил 11,13 г и был данный показатель во 2-опытной группе, 10,77 г – в 1-опытной группе и 11,01 г в 3-опытной группе, что выше, чем в контроле, на 0,43 г (4,06%), 0,08 г (0,73%) и 0,32 г (3,01%). У аналогов молодняка из контроля составил данный расчетный показатель 10,69 г (рисунок 2).

Затраты корма на единицу прироста – это важный показатель, который служит индикатором эффективности кормления животных. Он отражает количество корма, необходимое для достижения определенного прироста живой массы, и играет ключевую роль в оценке производительности животноводства. В условиях современного агробизнеса оптимизация данного показателя становится критически важной для повышения рентабельности и конкурентоспособности [5].

Для достижения минимальных затрат корма на единицу прироста необходимо учитывать несколько факторов, таких как качество корма, рациональное распределение кормов и физиологические потребности птицы [8, 14]. Исследования показывают, что правильная комбинация питательных веществ, а также использование добавок и премиксов способны существенно улучшить усвояемость корма и, как следствие, снизить затраты [12].

Кроме того, эффективное управление условиями содержания, ветеринарным обслуживанием и генетическим потенциалом птицы также может способствовать снижению затрат корма [16]. Взвешенный подход к рациону, который учитывает все аспекты – от санитарного состояния поголовья до современных технологий кормления – позволяет достичь оптимального соотношения затрат и прироста, что в конечном итоге влияет на экономическую эффективность всего производства [9, 11, 17].

Расход комбикормов во всех подопытных группах был одинаковым и составил 6,02 кг на одну молодку за период опыта. Согласно информации из рисунка 3, можно отметить, что затраты кормов на каждый килограмм прироста молодняка составили 3,66 кг в контрольной группе. Меньше затраты комбикорма по сравнению с контрольной группой молодняка были в первой опытной группе на 0,03 кг (0,82%), во второй – на 0,14 кг (3,83%), а в третьей опытной группе – на 0,08 кг (2,20 %).

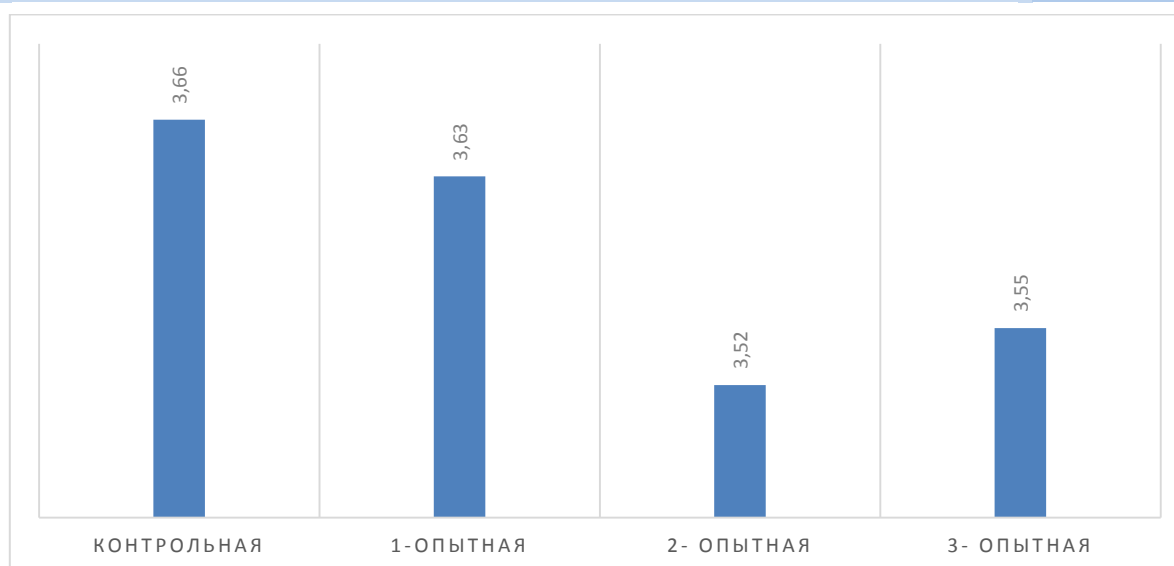


Рисунок 3 – Затраты комбикорма на единицу прироста молодняка кур, кг
Figure 3 – Feed costs per unit of growth of young chickens, kg

На основании приведенных зоотехнических данных молодок можно констатировать факт, что применение амарантового жмыха в кормовых программах положительно сказывается на динамике живой массы, общий прирост, что приводит к снижению затрат на корма.

Заключение. Введение в рацион амарантового жмыха оказало положительное влияние на зоотехнические показатели молодок родительского стада. Так, в результате взвешивания птицы 1-, 2- и 3-опытной групп по сравнению с контрольной было отмечено повышение живой массы на 11,89 г, 65,09 г и 48,36 г. Общий прирост живой массы молодняка кур родительского стада в 1-, 2- и 3-опытной группах, получавших в составе комбикормов амарантовый жмых частично или полностью, был выше, чем в контрольной группе, на 11,70 г (или на 0,73%), 65,15 г (или на 4,06%), на 48,30 г (или на 3,01%). Среднесуточный прирост у молодок в 1-опытной группы, 2-опытной групп и 3-опытной группы был выше, чем в контроле, на 0,43 г, 0,08 г и 0,32 г. Расход комбикормов во всех подопытных группах был одинаковый и составил 6,02 кг на одну молодку. Затраты комбикорма в 1-, 2- и 3-опытной группах были ниже на 0,03 кг, 0,14 кг, 0,08 кг по сравнению с контрольной.

Conclusions. The introduction of amaranth cake into the diet had a positive effect on the zootechnical indicators of the young of the parent herd. Thus, as a result of weighing poultry of the 1st, 2nd and 3rd experimental groups, compared with the control group, an increase in live weight was noted by 11.89 g, 65.09 g and 48.36 g. The total increase in live weight of young chickens of the parent herd in the 1st, 2nd and 3rd experimental groups receiving amaranth cake as part of compound feeds partially or completely, it was higher than in the control group by 11.70 g (or 0.73%), 65.15 g (or 4.06%), 48.30 g (or 3.01%) more than in the control group. The average daily increase in youngsters in the 1st experimental group, 2nd experimental group and 3rd experimental group was higher than in the control by 0.43 g, 0.08 g and 0.32 g. The consumption of compound feeds in all experimental groups was the same and amounted to 6.02 kg per young. Feed costs in the experimental groups compared with the control group of young were lower by 0.03 kg, 0.14 kg, 0.08 kg less than in the control group.

Библиографический список

1. Андрианова Е. Н., Егоров И. А., Демидова Е. С. Изучение возможности замены соевого шрота, кормовых дрожжей и рыбной муки белковой биомассой в комбикормах для бройлеров. Птица и птицепродукты. 2023. № 3. С. 37-41.
2. Андрианова Е. Н., Егоров И. А. Использование белка микробиологического синтеза в кормлении перепелов. Птица и птицепродукты. 2022. № 6. С. 12-14.
3. Байковская Е. Ю., Манукян В. А. Влияние добавок глицина на некоторые показатели обмена веществ у кур-несушек при низком уровне сырого протеина в комбикормах. Птицеводство. 2023. № 3. С. 9-13.
4. Фисинин В. И. и др. Влияние комбикормов со сниженным уровнем обменной энергии, лизина и метионина при использовании разных источников этих аминокислот на показатели неспецифического иммунитета, переваримость и использование основных питательных веществ и аминокислот мясными курами. Птицеводство. 2022. № 10. С. 58-63.

5. Иванцов Ю. В. и др. ДАФС-25к в комбикормах для яичных кур. Птицеводство. 2024. № 7-8. С. 27-32.
6. Буряков Н. П. и др. Зоотехнические показатели выращивания цыплят-бройлеров при использовании в кормлении экстракта из древесины сладкого каштана. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 3 (188). С. 3-12.
7. Липова Е. А. и др. Использование в рационах кормления цыплят-бройлеров белково-витаминно-минерального концентрата. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 262-268.
8. Рябова М. А. и др. Использование кормового концентрата «Сарепта» из растительного сырья в кормлении кур-несушек. Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 2(50). С. 19-26.
9. Фисинин В. И. и др. Комбикорма с разными источниками белка и аминокислот для мясных кур и пухов родительского стада бройлеров. Птицеводство. 2023. № 12. С. 43-49.
10. Буряков Н. П. и др. Мясные качества цыплят-бройлеров при использовании в кормлении экстракта из древесины сладкого каштана. Зоотехния. 2022. № 1. С. 20-24.
11. Фисинин В. И. и др. Применение комбикормов с разными источниками белка и аминокислот для мясных кур. Птицеводство. 2022. № 12. С. 41-46.
12. Буряков Н. П. и др. Продуктивность и переваримость питательных веществ у кур родительского стада при использовании фитобиотика. Ветеринария и кормление. 2023. № 5. С. 11-14.
13. Шкаленко В. В. и др. Эффективность использования БАД "Эльтон" в рационах племенной птицы кросса Хайсекс коричневый. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 264-271.
14. Al-Harathi M. A., et al. Oil extracted Moringa peregrina seed cake as a feed ingredient in poultry: A chemical composition and nutritional value study. Animals. 2022. V. 12. №. 24. P. 3502.
15. Azizi M. N., et al. Is palm kernel cake a suitable alternative feed ingredient for poultry? Animals. 2021. V. 11. № 2. P. 338.
16. Alshelmani M. I., et al. Effect of feeding fermented and non-fermented palm kernel cake on the performance of broiler chickens: a review. World's Poultry Science Journal. 2021. V. 77. № 2. Pp. 377-388.
17. Souza D. H., et al. Sunflower cake in brown-egg laying pullet diets: Effects on the growing phase and on the beginning of production cycle. Animal Feed Science and Technology. 2020. V. 269. P. 114663.

References

1. Andrianova E. N., Egorov I. A., Demidova E. S. Study of the Possibility of Replacing Soybean Meal, Fodder Yeast and Fish Meal with Protein Biomass in Mixed Feeds for Broilers. Poultry and poultry products. 2023. № 3. Pp. 37-41.
2. Andrianova E. N., Egorov I. A. Use of microbiological synthesis protein in quail feeding. Poultry and poultry products. 2022. № 6. Pp. 12-14.
3. Baikovskaya E. Yu., Manukyan V. A. Effect of Glycine Supplementation on Some Metabolic Parameters in Laying Hens at a Low Level of Crude Protein in Mixed Feeds. Poultry. 2023. № 3. Pp. 9-13.
4. Fisinin V. I., et al. Effect of mixed feeds with a reduced level of metabolic energy, lysine and methionine when using different sources of these amino acids on the indicators of non-specific immunity, digestibility and use of basic nutrients and amino acids by meat chickens. Poultry. 2022. № 10. Pp. 58-63.
5. Ivantsov Y. V. et al. DAFS-25k in mixed feeds for egg chickens. Poultry. 2024. № 7-8. Pp. 27-32.
6. Buryakov N. P., et al. Zootechnical Indicators of Broiler Chicken Rearing When Using Sweet Chestnut Wood Extract in Feeding. Feeding of farm animals and fodder production. 2021. № 3 (188). Pp. 3-12.
7. Lipova E. A. et al. Use of protein-vitamin-mineral concentrate in feeding rations of broiler chickens. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 2 (66). Pp. 262-268.
8. Ryabova M. A. et al. Use of feed concentrate "Sarepta" from plant raw materials in feeding laying hens. Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. 2024. № 2(50). Pp. 19-26.
9. Fisinin V. I. et al. Mixed feeds with different sources of protein and amino acids for meat chickens and roosters of broiler parent flocks. Poultry. 2023. № 12. Pp. 43-49.
10. Buryakov N. P., et al. Meat qualities of broiler chickens when using sweet chestnut wood extract in feeding. Animal Science. 2022. № 1. Pp. 20-24.
11. Fisinin V. I. et al. Application of mixed feeds with different sources of protein and amino acids for meat chickens. Poultry. 2022. № 12. Pp. 41-46.
12. Buryakov N. P., et al. Productivity and digestibility of nutrients in chickens of the parent flock when using a phytobiotic. Veterinary Medicine and Feeding. 2023. № 5. Pp. 11-14.
13. Efficacy of the use of dietary supplement "Elton" in the diets of breeding poultry of the Hisex brown cross. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2018. № 4 (52). Pp. 264-271.
14. Al-Harathi M. A., et al. Oil extracted Moringa peregrina seed cake as a feed ingredient in poultry: A chemical composition and nutritional value study. Animals. 2022. V. 12. №. 24. P. 3502.
15. Azizi M. N., et al. Is palm kernel cake a suitable alternative feed ingredient for poultry? Animals. 2021. V. 11. № 2. P. 338.
16. Alshelmani M. I., et al. Effect of feeding fermented and non-fermented palm kernel cake on the performance of broiler chickens: a review. World's Poultry Science Journal. 2021. V. 77. № 2. Pp. 377-388.
17. Souza D. H., et al. Sunflower cake in brown-egg laying pullet diets: Effects on the growing phase and on the beginning of production cycle. Animal Feed Science and Technology. 2020. V. 269. P. 114663.

Информация об авторах

Доскач Елена Сергеевна, соискатель, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: doskach.e@megamix.ru

Карапетыан Анжела Кероповна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Николаев Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru
Чехранова Светлана Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: schekhranova@mail.ru
Даниленко Ирина Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: taranova_15@mail.ru
Шкаленко Вера Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 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, д. 26), e-mail: esvoronts@mail.ru
Морозова Елена Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: eamorozova.vlg@mail.ru
Баймишев Ринат Хамидуллович, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» (Российская Федерация, 446442, Самарская область, г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2), e-mail: Baimishev_RH@ssaa.ru

Author's Information

Doskach Elena Sergeevna, applicant, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: doskach.e@megamix.ru
Karapetyan Angela Keropovna, Doctor of Agricultural Sciences, professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.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
Chehranova Svetlana Viktorovna, Doctor of Agricultural Sciences, professor Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: schekhranova@mail.ru
Danilenko Irina Yurievna, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: taranova_15@mail.ru
Shkalenko Vera Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, professor 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 of the Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: esvoronts@mail.ru
Morozova Elena Anatolyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: eamorozova.vlg@mail.ru
Baymishev Rinat Khamidullovich, Candidate of Agricultural Sciences, the head of the Department of Processing Technology and Expertise of Livestock Products, Samara State Agrarian University (446442, Samara Region, Kinel, Ust-Kinelsky settlement, Uchebnaya str. 2), e-mail: Baimishev_RH@ssaa.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-32

THE USE OF AMARANTH CAKE IN THE DIETS OF YOUNG PIGS

¹Kutuzova A. V., ¹Karapetyan A. K., ¹Nikolaev S. I., ¹Shkalenko V. V., ¹Chehranova S. V.,
¹Danilenko I. Y., ¹Vorontsova E. S., ¹Morozova E. A., ²Baymishev R. H.

¹Volgograd State Agrarian University
 Volgograd, Russian Federation

²Samara State Agrarian University
 Samara, Russian Federation

Corresponding author E-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Received 06.10.2024

Submitted 11.12.2024

The study was conducted within the framework of the agreement no. AZOT_CW27122 dated 06/25/2019
JSC URALCHEM JSC Topic: "The effectiveness of using a granular mineral complex in feeding young pigs and ensuring the transition to an environmentally friendly agricultural economy"

Abstract

Introduction. Currently, experts in the field of animal husbandry and poultry farming are trying to reduce the share of sunflower cake in diets, guided only by price factors. As an alternative to sunflower cake, among the crops adapted to the Lower Volga region, amaranth and its processed products should be noted. However, this protein source requires further study and evaluation of its potential for effective use in feeding farm animals. The aim of the study was to determine the effect of amaranth cake in the composition of compound feeds on the digestibility and use of nutrients of compound feeds and the productive qualities of pigs. **The object of the study.** The object of the research was the young pigs. **Materials and methods.** Scientific research was carried out at the livestock enterprise of the Volgograd region, LLC TopAgro, Gorodishchensky district of the Volgograd region. When conducting a scientific and economic experiment on young pigs, we formed 4 groups according to a similar principle, each of which contained 45 heads of young pigs. The piglets were kept in rooms without a walking regime, in special machines. The climate in their habitat areas was maintained automatically, in accordance with the requirements of zoo hygiene. The animals were fed twice a day. Water was available around the clock. The conditions of keeping and feeding animals for the experimental groups were identical and corresponded to zoohygienic standards. The main

difference was in the diets of pigs. Thus, the control group of animals received a basic diet with 10% sunflower cake. In compound feeds for the first experimental group of young pigs, 50% of sunflower cake was replaced with amaranth, for the second experimental group this replacement was 75%, and for the third group – a complete substitution, which reached 100%. **Results and conclusions.** Partial or complete replacement of sunflower cake with amaranth in compound feed led to an increase in the digestibility of nutrients in the 1st, 2nd and 3rd experimental groups of young pigs. Thus, the dry matter of the feed was digested by 0.62-1.47% more, organic matter – by 0.64-1.63%, crude protein – by 0.93-2.21%, crude fat – by 1.30-1.77%, crude fiber – by 0.80-1.28%, and BEV – by 0.86-1.11% in the experimental groups pigs compared to the control group. The experimental groups of pigs used nitrogen, calcium and phosphorus from compound feed more than the control ones, by 1.70-2.36%, 0.25-1.93% and 0.31-1.41%, respectively. At 175 days, the live weight of pigs in the control group was 127.55 kg, while in the experimental groups it was 3.11-6.52 kg more. There was also a decrease in feed costs per 1 kg of live weight gain in animals of the experimental groups by 2.80-6.00% compared with control pigs. Based on the above physiological and zootechnical studies, it can be concluded that the use of amaranth cake in compound feeds has a positive effect on the digestibility and use of nutrients, body weight gains, which helps to reduce feed consumption.

Keywords: amaranth cake, sunflower cake, feeding of young pigs, live weight of pigs, consumption of mixed feed, young pigs, digestibility of feed nutrients.

Citation. Kutuzova A. V., Karapetyan A. K., Nikolaev S. I., Shkalenko V. V., Chehranova S. V., Danilenko I. Y., Vorontsova E. S., Morozova E. A., Baymishev R. H. The use of amaranth cake in the diets of young pigs. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 294-302 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-32.

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 636.034

ПРИМЕНЕНИЕ АМАРАНТОВОГО ЖМЫХА В РАЦИОНАХ МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ

¹Кутузова А. В., соискатель

¹Карапетыан А. К., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Николаев С. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Шкаленко В. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Чехранова С. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Даниленко И. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Воронцова Е. С., кандидат биологических наук

¹Морозова Е. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

²Баймишев Р. Х., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет»

г. Самара, Российская Федерация

Исследование проведено в рамках договора № АЗОТ_CW27122 от 25.06.2019 АО «ОХК «УРАЛХИМ»

Тема: «Эффективность использования гранулированного минерального комплекса в кормлении молодняка свиней и обеспечение перехода к экологически чистому агрохозяйству»

Актуальность. В настоящее время специалисты в области животноводства и птицеводства стремятся сократить долю подсолнечного жмыха в рационах, руководствуясь лишь ценовыми факторами. В качестве альтернативы подсолнечному жмыху среди культур, адаптированных к Нижне-волжскому региону, следует отметить амарант и его продукты переработки. Однако этот источник белка требует дальнейшего изучения и оценки его потенциала для эффективного использования в кормлении сельскохозяйственных животных. Целью исследования было определить влияние амарантового жмыха в составе комбикормов на переваримость и использование питательных веществ, и продуктивные качества свиней. **Объект исследования.** Объектом исследований явился молодняк свиней. **Материалы и методы.** Научные исследования были проведены на животноводческом предприятии ООО «ТопАгро», Городищенского района Волгоградской области. При проведении научно-хозяйственного эксперимента на молодняке свиней нами были сформированы 4 группы по аналогичному принципу, в каждой из которой находилось по 45 голов. Поросята содержались в помещениях без выгульного режима, в специальных станках. Климат в зонах их обитания поддерживался автоматически, в соответствии с требованиями зоогигиены. Кормление животных проводилось дважды в день. Вода была доступна круглосуточно. Основное отличие было в рационах свиней. Так,

контрольная группа животных получала основной рацион с 10 % подсолнечного жмыха. В комбикормах для первой опытной группы молодняка свиней 50 % подсолнечного жмыха было заменено на амарантовый, для второй опытной группы эта замена составила 75 %, а для третьей группы – полное замещение, которое достигло 100 %. **Результаты и выводы.** Частичная или полная замена подсолнечного жмыха на амарантовый в комбикорме привела к повышению переваримости питательных веществ у 1-, 2- и 3-опытной групп молодняка свиней. Так, сухого вещества комбикорма переварилось больше на 0,62-1,47 %, органического вещества – на 0,64-1,63 %, сырого протеина – на 0,93-2,21 %, сырого жира – на 1,30-1,77 %, сырой клетчатки – на 0,80-1,28 %, а БЭВ – на 0,86-1,11 % у опытных групп свиней по сравнению с контрольной. Использовали азота, кальция и фосфора из комбикорма 1-, 2- и 3-опытная группы свиней больше, чем контрольные, на 1,70-2,36 %, 0,25-1,93 % и 0,31-1,41 % соответственно. В 175 дней живая масса свиней контрольной группы составила 127,55 кг, в то время как в опытных группах она была на 3,11-6,52 кг больше. Также было зафиксировано снижение кормовых затрат на 1 кг прироста живой массы у животных опытных групп на 2,80-6,00 % по сравнению с контрольными свиньями. На основании приведенных физиологических и зоотехнических исследований можно сделать вывод о том, что использование амарантового жмыха в составе комбикормов для свиней оказывает положительное влияние на переваримость и использование питательных веществ, приросты живой массы, что способствует снижению расхода на корма.

Ключевые слова: амарантовый жмых, подсолнечный жмых, кормление молодняка свиней, живая масса свиней, затраты комбикорма, молодняк свиней, переваримость питательных веществ корма.

Цитирование. Кутузова А. В., Карапетян А. К., Николаев С. И., Шкаленко В. В., Чехранова С. В., Даниленко И. Ю., Воронцова Е. С., Морозова Е. А., Баймишев Р. Х. Применение амарантового жмыха в рационах молодняка свиней. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 294-302. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-32.

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 о конфликте интересов не заявляли.

Введение. Основным аспектом повышения производственной эффективности и реализации генетически заложенного потенциала продуктивности животных является организация оптимального кормления [5, 14]. В этом контексте ключевую роль играют проблемы, связанные с протеином и энергией [1, 7].

Постоянно расширяется ассортимент кормов, содержащих белок, однако эти корма часто отличаются высокой стоимостью и не всегда соответствуют требованиям по количеству незаменимых аминокислот. Кроме того, их применение может быть ограничено из-за наличия токсичных и трудноусвояемых веществ, а также антипитательных компонентов.

С ростом интенсивности производства становится все более актуальным поиск путей снижения затрат на продукцию [10]. Поскольку большая часть этих затрат связана с кормами, обеспечение рационального питания и разработка новых эффективных добавок становятся крайне важными.

В настоящее время специалисты в области животноводства и птицеводства стремятся сократить долю подсолнечного жмыха в рационах, руководствуясь лишь ценовыми факторами [2, 3, 4, 8]. В качестве альтернативы подсолнечному жмыху среди культур, адаптированных к Нижневолжскому региону, следует отметить амарант и его продукты переработки. Однако этот источник белка требует дальнейшего изучения и оценки его потенциала для эффективного использования в кормлении сельскохозяйственных животных.

Целью исследования было определить влияние амарантового жмыха в составе комбикормов на переваримость и использование питательных веществ комбикормов, и продуктивные качества свиней.

Объект исследования. Объектом исследований явился молодняк свиней.

Материал и методы. Научные исследования были проведены на животноводческом предприятии ООО «ТопАгро», Городищенского района Волгоградской области. При проведении научно-хозяйственного эксперимента на молодняке свиней нами были сформированы 4 группы по аналогичному принципу, в каждой из которой находилось по 45 голов. Поросята содержались в помещениях без выгульного режима, в специальных станках. Климат в зонах их обитания поддерживался автоматически, в соответствии с требованиями зоогигиены. Кормление животных проводилось дважды в день. Вода была доступна круглосуточно. Исследование проводилось в соответствии со следующей схемой (таблица 1).

Таблица 1 – Схема проведения опыта на молодняке свиней
Table 1 – The scheme of the experiment on young pigs

Группа / Group	Показатель / Indicator		
	Условия кормления / Feeding conditions	Продолжительность опыта / Duration of the test	Количество животных / Number of animals
Контрольная / Control	Основной рацион (ОР) с подсолнечным жмыхом / The main diet (MD) with sunflower cake	119 дней / 119 days	45
1-опытная / 1-test group	ОР с замещением 50% подсолнечного жмыха на амарантовый / MD with replacement of 50% sunflower oil cake with amaranth		45
2-опытная / 2-test group	ОР с замещением 75% подсолнечного жмыха на амарантовый / MD with replacement of 75% sunflower oil cake with amaranth		45
3-опытная / 3-test group	ОР с замещением 100% подсолнечного жмыха на амарантовый / MD with replacement of 100% sunflower oil cake with amaranth		45

Были идентичны и соответствовали зоогигиеническим нормам условия содержания и кормления животных для подопытных групп. Основное отличие было в рационах свиней. Так, контрольная группа животных получала основной рацион с 10% подсолнечного жмыха. В комбикормах для первой опытной группы молодняки свиней 50% подсолнечного жмыха было заменено на амарантовый, для второй опытной группы эта замена составила 75%, а для третьей группы – полное замещение, которое достигло 100%.

Результаты и обсуждение. Изучение усвояемости кормов и использование азота, кальция и фосфора дает возможность оценить эффективность питания свиней [6, 12]. Результаты данных исследований приведены в таблицах 2-5.

В контрольной группе усвояемость сухого вещества составила 71,46%, в 1-опытной группе – 72,08% (на 0,62% выше контроля); во 2-опытной – 72,93% (на 1,47% выше); в 3-опытной – 72,23% (на 0,77% выше контрольной группы).

Усвояемость органического вещества комбикорма в контрольной группе молодняки свиней составила 74,98%; в 1-опытной – 75,62% (на 0,64% выше контроля); во 2-опытной – 76,61% (на 1,63% выше); и в 3-опытной – 75,85% (на 0,87% выше контрольной группы).

Таблица 2 – Переваримость питательных веществ подопытными животными, % ($M \pm m$) (n=3)Table 2 – Digestibility of nutrients by experimental animals, % ($M \pm m$) (n=3)

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	Контрольная / Control	1-опытная / 1-test group	2-опытная / 2-test group	3-опытная / 3-test group
Сухое вещество / Dry matter	71,46 $\pm$ 0,46	72,08 $\pm$ 0,56	72,93 $\pm$ 0,63	72,23 $\pm$ 0,68
Органическое вещество / Organic matter	74,98 $\pm$ 0,38	75,62 $\pm$ 0,46	76,61 $\pm$ 0,58	75,85 $\pm$ 0,69
Протеин / Protein	76,65 $\pm$ 1,66	77,58 $\pm$ 1,23	78,85 $\pm$ 0,78	77,89 $\pm$ 1,81
Жир / Fat	49,50 $\pm$ 1,97	50,80 $\pm$ 1,57	51,27 $\pm$ 1,61	51,08 $\pm$ 1,07
Клетчатка / Fiber	42,33 $\pm$ 0,73	43,13 $\pm$ 1,31	43,61 $\pm$ 0,53	43,34 $\pm$ 0,58
БЭВ / BEV	77,33 $\pm$ 0,87	78,19 $\pm$ 0,73	78,44 $\pm$ 0,62	78,28 $\pm$ 0,66

Уровень переваримости сырого протеина в контрольной группе свиней составил 76,65%, а в 1, 2 и 3 опытных группах – 77,58% (на 0,93% выше контроля), 78,85% (на 1,77 % выше) и 77,89% (на 1,58% выше) соответственно.

В контрольной группе усвояемость сырого жира составила 49,50%, тогда как в опытных группах она колебалась от 50,80 до 51,27%, что превышает контроль на 1,30-1,77%.

Необходимо подчеркнуть, что переваримость углеводов комбикорма в опытных группах по отношению к контрольной также была выше. Клетчатка переварилась у молодняка свиней в 1-опытной группе на 43,13%, во 2-опытной группе – на 43,61% и в 3-опытной – на 43,34%, что оказалось выше по сравнению с контрольной группой свиней на 0,80%, 1,28 % и 1,01% соответственно.

Переваримость БЭВ в 1-, 2- и 3-опытных группах составила 78,19%, 78,44% и 78,28% соответственно, что превосходило контрольную группу животных на 0,86%; 1,11%; 0,95% соответственно.

Баланс азота, кальция и фосфора в организме свиней играет ключевую роль в их здоровье и продуктивности. В связи с этим нами было изучено использование вышеуказанных веществ подопытными свиньями.

Азот необходим для синтеза белков, которые являются строительными блоками для роста и восстановления клеток. Важно, чтобы свиньи получали достаточное количество незаменимых аминокислот из кормов, что способствует увеличению массы тела и улучшению здоровья.

Таблица 3 – Использование азота подопытными животными, ($M \pm m$) (n=3)

Table 3 – Nitrogen use by experimental animals, ($M \pm m$) (n=3)

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	Контрольная / Control	1-опытная / 1-test group	2-опытная / 2-test group	3-опытная / 3-test group
Принято с кормом, г / Taken with food, g	79,36	79,41	79,46	79,51
Выделено в кале, г / Isolated in feces, g	$37,53 \pm 0,34$	$37,21 \pm 0,3$	$36,18 \pm 0,22^*$	$36,61 \pm 0,26$
Выделено в моче, г / Excreted in urine, g	$22,11 \pm 0,41$	$21,12 \pm 0,43$	$21,66 \pm 0,29$	$21,50 \pm 0,43$
Выделено всего, г / Total allocated, g	$59,64 \pm 0,08$	$58,33 \pm 0,11^{**}$	$57,84 \pm 0,07^{***}$	$58,11 \pm 0,18^{**}$
Отложено в теле (баланс), г / Deposited in the body (balance), g	$19,72 \pm 0,08$	$21,08 \pm 0,11^{**}$	$21,62 \pm 0,07^{***}$	$21,40 \pm 0,18^{**}$
Использовано от принятого, % / Used from the received, %	$24,85 \pm 0,11$	$26,55 \pm 0,14^{**}$	$27,21 \pm 0,09^{***}$	$26,91 \pm 0,22^{**}$

Примечание: * $P > 0,95$, ** $P > 0,99$, *** $P > 0,999$ здесь и далее

Note: * $P > 0,95$, ** $P > 0,99$, *** $P > 0,999$ here and below.

На основании проведенных исследований нами было выявлено достоверное повышение отложенного азота в опытных группах свиней в сравнении с аналогами из контроля, что говорит о лучших приростах живой массы в этих группах. Так, в группах свиней 1- и 3-опытной уровень достоверности был при $P > 0,99$, а во 2-опытной группе – $P > 0,999$.

Самое высокое отложение азота нами было зафиксировано у животных 2-опытной группы – 21,62 г, что выше, чем в контроле, на 1,90 г или 9,63%, в 1-опытной группе – 21,08 г и в 3-опытной группе – 21,40 г, что было выше по сопоставлению с контрольными аналогами 1,36 г или 6,90% и 1,68 г или 8,52% соответственно.

У животных из опытных групп использование азота от принятого было выше, чем в контроле, так в 1-опытной изучаемый показатель составил 26,55%, во 2-опытной – 27,21%, а в 3-опытной – 26,91%, что было выше контроля на 1,70%, 2,36% и 2,06% соответственно.

О минеральном обмене судят по использованию кальция и фосфора в организме подопытных свиней. Кальций и фосфор, в свою очередь, обладают значительным влиянием на развитие костной системы и метаболические процессы. Их соотношение в рационе должно быть сбалансированным, чтобы предотвратить нарушения, например такие, как рахит или остеопороз.

Таблица 4 – Использование кальция подопытными животными, ($M \pm m$) (n=3)Table 4 – Calcium use by experimental animals, ($M \pm m$) (n=3)

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	Контрольная / Control	1-опытная / 1- test group	2-опытная / 2- test group	3-опытная / 3- test group
Принято с кормом, г / Taken with food, g	16,00	16,00	16,32	16,32
Выделено в кале, г / Isolated in feces, g	$9,14 \pm 0,21$	$9,09 \pm 0,15$	$8,98 \pm 0,19$	$9,07 \pm 0,10$
Выделено в моче, г / Excreted in urine, g	$0,26 \pm 0,01$	$0,27 \pm 0,01$	$0,29 \pm 0,00$	$0,30 \pm 0,01$
Выделено всего, г / Total allocated, g	$9,40 \pm 0,2$	$9,36 \pm 0,14$	$9,27 \pm 0,18$	$9,37 \pm 0,14$
Отложено в теле (баланс), г / Deposited in the body (balance), g	$6,60 \pm 0,08$	$6,64 \pm 0,11$	$7,05 \pm 0,07^*$	$6,95 \pm 0,18$
Использовано от принятого, % / Used from the received, %	$41,25 \pm 0,11$	$41,50 \pm 0,14$	$43,18 \pm 0,09^{***}$	$42,61 \pm 0,22^*$

Более высокое отложение кальция нами было отмечено в организме свиней 2-опытной группы – 7,05 г, что выше, чем в контроле, на 0,45 г или 6,82%, в 1-опытной группе – 6,64 г и в 3-опытной группе – 6,95 г, что было выше по сопоставлению с контрольными аналогами 0,04 г или 0,61% и 0,35 г или 5,30% соответственно.

Молодняк свиней из контрольной группы использовал кальций от принятого с комбикормом на 41,25%, в 1-опытной, 2-опытной и 3-опытной группе показатель превосходил контроль на 0,25%, 1,93% и 1,36% соответственно.

Таблица 5 – Использование фосфора подопытными животными, ($M \pm m$) (n=3)Table 5 – Phosphorus use by experimental animals, ($M \pm m$) (n=3)

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	Контрольная / Control	1-опытная / 1-test group	2-опытная / 2-test group	3-опытная / 3-test group
Принято с кормом, г / Taken with food, g	12,80	12,80	12,80	12,80
Выделено в кале, г / Isolated in feces, g	$8,12 \pm 0,15$	$8,07 \pm 0,05$	$7,92 \pm 0,08$	$8,00 \pm 0,17$
Выделено в моче, г / Excreted in urine, g	$0,18 \pm 0,00$	$0,19 \pm 0,01$	$0,21 \pm 0,01$	$0,20 \pm 0,01$
Выделено всего, г / Total allocated, g	$8,30 \pm 0,15$	$8,26 \pm 0,04$	$8,12 \pm 0,07$	$8,20 \pm 0,16$
Отложено в теле (баланс), г / Deposited in the body (balance), g	$4,50 \pm 0,15$	$4,54 \pm 0,04$	$4,68 \pm 0,07$	$4,60 \pm 0,16$
Использовано от принятого, % / Used from the received, %	$35,13 \pm 1,17$	$35,44 \pm 0,28$	$36,54 \pm 0,54$	$35,91 \pm 1,25$

В организме молодняка свиней из контрольной группы баланс фосфора был на уровне 4,50 г, в 1-опытной, 2-опытной и 3-опытной группах соответственно 4,54 г, 4,68 г и 4,60 г, что превосходило контроль на 0,04 г или 0,89%, 0,18 г или 4,00% и 0,10 г или 2,22%.

Животные контрольной группы использовали фосфор от принятого с комбикормом на 35,13%, 1-, 2-, и 3-опытных групп – на 35,44%, 36,54% и 35,91% соответственно, что выше показателей, чем у свиней из контрольной группы, на 0,31%, 1,41% и 0,78% соответственно.

Таким образом, добавление различных уровней амарантового жмыха в рацион молодняка свиней оказало положительное влияние на переваривание и усвоение питательных веществ.

Живая масса, приросты и оплата корма являются ключевыми индикаторами успешного ведения отрасли свиноводства [9, 11, 13]. В связи с этим нами были изучены основные зоотехнические показатели свиней, которые приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Зоотехнические показатели выращивания подопытных свиней, кг ($M \pm m$) (n=45)

Table 6 – Zootechnical indicators of the cultivation of experimental pigs, kg ($M \pm m$) (n=45)

Возраст, дней / Age, days	Группа / Group			
	Контрольная / Control	1-опытная / 1-test group	2-опытная / 2-test group	3-опытная / 3-test group
Живая масса в начале опыта (56 дней) / Live weight at the beginning of the experiment (56 days)	18,67 $\pm$ 0,27	18,60 $\pm$ 0,25	18,75 $\pm$ 0,24	18,73 $\pm$ 0,22
Живая масса в конце опыта (175 дней) / Live weight at the end of the experiment (175 days)	127,55 $\pm$ 1,97	130,59 $\pm$ 1,93	134,15 $\pm$ 1,90*	132,84 $\pm$ 1,90*
Общий прирост / Total gain	108,88	111,99	115,4	114,11
Оплата корма / Payment for feed	2,50	2,43	2,35	2,38
Сохранность поголовья, % / Livestock safety, %	100	100	100	100

К концу опыта живая масса молодняка свиней в контрольной группе составила 127,55 кг. В 1-опытной группе данный показатель в среднем достиг 130,59 кг, что на 3,04 кг (или на 2,38%) превышает контрольные данные. Во 2-опытной группе изучаемый показатель находился на уровне 134,15 кг, что на 6,60 кг (или на 5,17%) больше по сравнению с контролем. В 3-опытной группе вес животных составил 132,84 кг, что также превышал вес контрольных аналогов на 5,29 кг (или на 4,15%).

Далее расчетным путем был определен показатель «Общий прирост», который у свиней контрольной группы составил 108,88 кг, в 1-опытной – 111,99 кг, во 2-опытной – 115,40 кг и в 3-опытной – 114,11 кг. Так, у свиней опытных групп наблюдалась положительная динамика увеличения прироста по сравнению с контролем: в 1-опытной – на 3,11 кг или 2,86%, во 2-опытной – на 6,52 кг или 5,99% и в 3-опытной – на 5,23 кг или 4,80%.

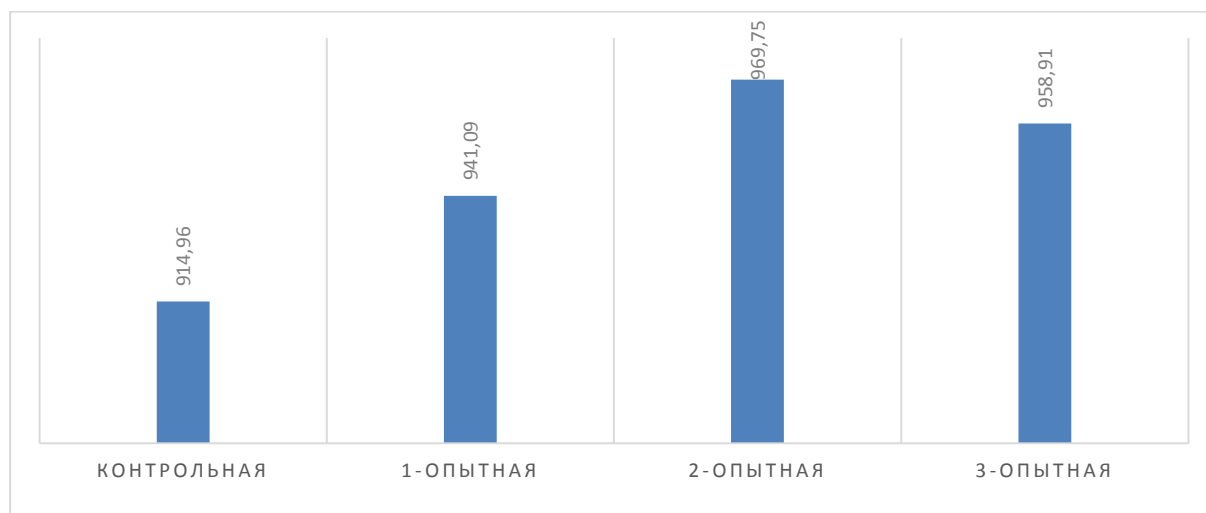


Рисунок 1 – Среднесуточный прирост молодняка свиней, кг

Figure 1 – Average daily growth of young pigs, kg

Среднесуточный прирост в опытных группах был выше, чем в контроле: так, в 1-опытной – на 26,13 г, во 2-опытной – на 54,79 г и в 3-опытной – на 43,95 г (рисунок 1).

Затраты корма на один килограмм набранной массы за период опыта у свиней из контрольной группы составили 2,50 кг, в 1-опытной – 2,43 кг, 2-опытной – 2,35 кг, 3-опытной – 2,38 кг. Так, разница в пользу опытных групп составила соответственно 0,07 кг, 0,15 кг и 0,12 кг, что в процентном выражении 2,80 %, 6,00 %, 4,80 %, что говорит о положительном влиянии амарантового жмыха в комбикормах для свиней.

Использование амарантового жмыха в составе комбикормов оказывает положительное влияние на зоотехнические показатели молодняка свиней.

Закключение. Частичная или полная замена подсолнечного жмыха на амарантовый в комбикорме привела к повышению переваримости питательных веществ у 1-, 2- и 3-опытной групп молодняка свиней. Так, сухого вещества комбикорма переварилось больше на 0,62-1,47%, органического вещества – на 0,64-1,63%, сырого протеина – на 0,93-2,21%, сырого жира – на 1,30-1,77%, сырой клетчатки – на 0,80-1,28%, а БЭВ – на 0,86-1,11 % у опытных групп свиней по сравнению с контрольной. Использовали азота, кальция и фосфора из комбикорма опытные группы свиней больше, чем контрольные, на 1,70-2,36%, 0,25-1,93% и 0,31-1,41% соответственно. В 175 дней живая масса свиней контрольной группы составила 127,55 кг, в то время как в опытных группах она была на 3,11-6,52 кг больше. Также было зафиксировано снижение кормовых затрат на 1 кг прироста живой массы у животных опытных групп на 2,80-6,00 % по сравнению с контрольными свиньями. На основании приведенных физиологических и зоотехнических исследований можно сделать вывод, о том, что использование амарантового жмыха в составе комбикормов для свиней оказывает положительное влияние на переваримость и использование питательных веществ, приросты живой массы, что способствует снижению расхода на корма.

Conclusions. Partial or complete replacement of sunflower cake with amaranth in mixed feed led to an increase in the digestibility of nutrients in the 1st, 2nd and 3rd experimental groups of young pigs. Thus, the dry matter of the feed was digested by 0.62-1.47% more, organic matter – by 0.64-1.63%, crude protein – by 0.93-2.21%, crude fat – by 1.30-1.77%, crude fiber – by 0.80-1.28%, and BEV – by 0.86-1.11% in the experimental groups pigs compared to the control group. The experimental groups of pigs used nitrogen, calcium and phosphorus from compound feed more than the control ones, by 1.70-2.36%, 0.25-1.93% and 0.31-1.41%, respectively. At 175 days, the live weight of pigs in the control group was 127.55 kg, while in the experimental groups it was 3.11-6.52 kg more. There was also a decrease in feed costs per 1 kg of live weight gain in animals of the experimental groups by 2.80-6.00% compared with control pigs. Based on the above physiological and zootechnical studies, it can be concluded that the use of amaranth cake in compound feeds has a positive effect on the digestibility and use of nutrients, body weight gains, which helps to reduce feed consumption.

Библиографический список

1. Андрианова Е. Н., Егоров И. А., Демидова Е. С. Изучение возможности замены соевого шрота, кормовых дрожжей и рыбной муки белковой биомассой в комбикормах для бройлеров. Птица и птицепродукты. 2023. № 3. С. 37-41.
2. Буряков Н. П. и др. Зоотехнические показатели выращивания цыплят-бройлеров при использовании в кормлении экстракта из древесины сладкого каштана. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 3 (188). С. 3-12.
3. Рябова М. А. и др. Использование кормового концентрата «Сарепта» из растительного сырья в кормлении кур-несушек. Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 2 (50). С. 19-26.
4. Колотов А. П., Лысов А. В. Аминокислотный состав семян и жмыхов масличных культур в Свердловской области. АПК России. 2022. Т. 29. № 3. С. 321-325.
5. Комбикорма как гарантия эффективного животноводства. Комбикорма. 2022. № 5. С. 2-7.
6. Зотеев В. С. и др. Комбикорма с нетрадиционными источниками протеина для сельскохозяйственных животных. Эффективное животноводство. 2022. № 3 (178). С. 26-27.
7. Фисинин В. И. Комбикорма с разными источниками белка и аминокислот для мясных кур и петухов родительского стада бройлеров. Птицеводство. 2023. № 12. С. 43-49.
8. Ксенофонтова А. А., Шаповалов С. О., Буряков Н. П. Жмых кофейный – альтернативное кормовое средство в питании животных. Комбикорма. 2024. № 9. С. 38-41.
9. Решающее условие развития животноводства – обеспечение его качественными комбикормами. Комбикорма. 2023. № 6. С. 2-12.
10. Пиллюк Н. В. и др. Эффективность использования рапсового шрота в комбикормах для молодняка свиней. Зоотехническая наука Беларуси. 2023. Т. 58. № 2. С. 26-35.
11. Rakita S., et al. Cold-pressed oilseed cakes as alternative and sustainable feed ingredients: A review. Foods. 2023. V. 12. № 3. P. 432.
12. Leite A., et al. Effect of Olive Cake in Bísaro Pig Feed on Physicochemical Composition and Fatty Acid Profile of Three Different Muscles of Dry-Cured Shoulder. Animals. 2024. V. 14. № 11. P. 1697.
13. Johannsen J. C., et al. Effects of a high protein starter diet with fermented soybean cake on growth performance of organic pigs weaned outdoor. Livestock Science. 2023. V. 267. P. 105141.
14. Stødkilde L., et al. Local protein sources for growing-finishing pigs and their effects on pig performance, sensory quality and climate impact of the produced pork. Livestock Science. 2023. V. 267. P. 105128.

References

1. Andrianova E. N., Egorov I. A., Demidova E. S. Study of the Possibility of Replacing Soybean Meal, Fodder Yeast and Fish Meal with Protein Biomass in Mixed Feeds for Broilers. Poultry and poultry products. 2023. № 3. Pp. 37-41.
2. Buryakov N. P., et al. Zootechnical Indicators of Broiler Chicken Rearing When Using Sweet Chestnut Wood Extract in Feeding. Feeding of farm animals and fodder production. 2021. № 3 (188). Pp. 3-12.
3. Ryabova M. A. et al. Use of feed concentrate "Sarepta" from plant raw materials in feeding laying hens. Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. 2024. № 2 (50). Pp. 19-26.
4. Kolotov A. P., Lysov A. V. Amino acid composition of seeds and cakes of oilseeds in the Sverdlovsk region. Agro-Industrial Complex of Russia. 2022. V. 29. № 3. Pp. 321-325.
5. Compound feed as a guarantee of efficient animal husbandry. Feed. 2022. № 5. Pp. 2-7.
6. Zoteev V. S., et al. Mixed feeds with non-traditional sources of protein for farm animals. Efficient animal husbandry. 2022. № 3 (178). Pp. 26-27.
7. Fisinin V. I. Mixed Feeds with Different Sources of Protein and Amino Acids for Meat Chickens and Roosters of Broiler Parent Flocks. Poultry. 2023. № 12. Pp. 43-49.
8. Ksenofontova A. A., Shapovalov S. O., Buryakov N. P. Coffee cake - an alternative fodder in animal nutrition. Feed. 2024. № 9. Pp. 38-41.
9. A decisive condition for the development of animal husbandry is to provide it with high-quality mixed feed. Feed. 2023. № 6. Pp. 2-12.
10. Pilyuk N. V., et al. Efficiency of Rapeseed Meal Use in Mixed Feeds for Young Pigs. Zootechnical Science of Belarus. 2023. V. 58. No 2. Pp. 26-35.
11. Rakita S., et al. Cold-pressed oilseed cakes as alternative and sustainable feed ingredients: A review. Foods. 2023. V. 12. № 3. P. 432.
12. Leite A., et al. Effect of Olive Cake in Bísaro Pig Feed on Physicochemical Composition and Fatty Acid Profile of Three Different Muscles of Dry-Cured Shoulder. Animals. 2024. V. 14. № 11. P. 1697.
13. Johannsen J. C., et al. Effects of a high protein starter diet with fermented soybean cake on growth performance of organic pigs weaned outdoor. Livestock Science. 2023. V. 267. P. 105141.
14. Stødkilde L., et al. Local protein sources for growing-finishing pigs and their effects on pig performance, sensory quality and climate impact of the produced pork. Livestock Science. 2023. V. 267. P. 105128.

Информация об авторах

Кутузова Анастасия Викторовна, соискатель, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: kutuzova.a@megamix.ru

Карапетыан Анжела Кероповна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Николаев Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Шкаленко Вера Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 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, д. 26), e-mail: schekhranova@mail.ru

Даниленко Ирина Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: taranova_15@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Морозова Елена Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: eamorozova.vlg@mail.ru

Баймишев Ринат Хамидулович, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» (Российская Федерация, 446442, Самарская область, г. Кинель, пгт Усть-Кинельский, ул. Учебная 2), e-mail: Baimishev_RH@ssaa.ru

Author's Information

Kutuzova Anastasia Viktorovna, Applicant, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: kutuzova.a@megamix.ru

Karapetyan Angela Keropovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Nikolaev Sergey Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Shkalenko Vera Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Chekhranova Svetlana Viktorovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: schekhranova@mail.ru

Danilenko Irina Yurievna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: taranova_15@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Morozova Elena Anatolyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: eamorozova.vlg@mail.ru

Baimishev Rinat Khamidullovich, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department, Samara State Agrarian University (Russian Federation, 446442, Samara Region, Kinel, Ust-Kinelsky village, Uchebnaya str. 2), e-mail: Baimishev_RH@ssaa.ru

**АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ /
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES**

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-33

**DIGITAL TOOL FOR DETERMINING METHANE EMISSIONS FROM MANURE COLLECTION
AND STORAGE SYSTEMS****Briukhanov A. Yu., Vasilev E. V., Papushin E. A., Maksimov D. A., Shalavina E. V.,
Mateichik S. N.***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: papushinea@yandex.ru

Received 16.08.2024

Submitted 17.10.2024

Summary

The article presents the research results on the development of a digital tool to determine methane emissions from manure collection and storage systems and a sample calculation of methane emissions from livestock farms in the Leningrad Region in 2021.

Abstract

Introduction. Greater intensification of livestock production increases the amount of methane emissions from manure collection and storage systems. Recommendations for their reduction require an accurate assessment using software tools. **Object.** The research object was calculation algorithms and models of methane emission processes from manure collection and storage systems. **Materials and Methods.** The study used research methods of the subject area based on the selection of entities and determination of their properties. The study analyzed calculation algorithms and models of methane emissions from manure collection and storage systems. Methane emissions were estimated according to the methodological recommendations for conducting a voluntary inventory of greenhouse gas emissions in the subjects of the Russian Federation. The study aimed to develop a digital software product for automatic calculation of methane emissions from manure collection and storage systems using specified coefficients. The digital software tool was designed in the software package Visual Foxpro 9.0. **Results and conclusions.** The developed software product is part of an intelligent analytical software platform for ensuring environmental safety, forecasting and management of agricultural ecosystems. It includes blocks of initial data, analysis of pollution sources, assessment of methane emissions from livestock farming and recommendations to reduce the environmental load. A database has been developed for obtaining and accumulating information on agricultural enterprises, farm animal stock, technologies and natural and climatic conditions and for calculating the amount of methane emissions from manure collection and storage systems. The main distinctive feature of the developed software product is the ability to estimate methane emissions from a specific farm, as well as from a district, region and Russia as a whole. According to the calculation results with the use of the developed software product the methane emissions from livestock production in the Leningrad Region in 2021 amounted to 1.165237 Gg/year when first level calculation methods were applied and 1.731093 Gg/year when second level calculation methods were applied. The difference in the data is explained by the application of refined methane conversion factors obtained on the basis of climatic conditions and distribution of manure collection and storage systems in the Leningrad Region. According to the research results, the Database Registration Certificate № 2023623756 dated 03.11.2023 "Database of climate-active substances in animal husbandry" was obtained.

Keywords: digital tools, methane emissions, pollution accounting, inventory of gas emissions.

Citation. Briukhanov A. Yu., Vasilev E. V., Papushin E. A., Maksimov D. A., Shalavina E. V., Mateichik S. N. Digital tool for determining methane emissions from manure collection and storage systems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 303-311 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-33.

Authors' 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

**ЦИФРОВОЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫБРОСОВ МЕТАНА ОТ СИСТЕМ
СБОРА И ХРАНЕНИЯ НАВОЗА****Брюханов А. Ю.**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН**Васильев Э. В.**, кандидат технических наук**Папушин Э. А.**, кандидат технических наук**Максимов Д. А.**, кандидат технических наук**Шалавина Е. В.**, кандидат технических наук**Матейчик С. Н.**, инженер-программист

*Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) –
филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Актуальность. С возрастанием интенсификации производства продукции животноводства растёт и количество выбросов метана от систем сбора, и хранения навоза. Для выработки рекомендаций по снижению выбросов необходима их точная оценка с использованием программных средств. **Объект.** Объектом исследования явились алгоритмы расчета и модели процессов образования выбросов метана от систем сбора и хранения навоза. **Материалы и методы.** В работе были использованы методы исследования предметной области на основе выделения сущностей и определения их свойств. В исследовании были проанализированы алгоритмы расчета и модели выбросов метана от систем сбора и хранения навоза. Для оценки выбросов метана использовались методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации. Цель исследований – разработка цифрового программного продукта, обеспечивающего автоматизацию расчета по оценке выбросов метана от систем сбора и хранения навоза с использованием уточненных коэффициентов. Разработка цифрового программного инструмента была осуществлена в пакете программ Visual Foxpro 9.0. **Результаты и выводы.** Разработанный программный продукт является частью интеллектуальной аналитической программной платформы обеспечения экологической безопасности, прогнозирования и управления сельскохозяйственными экосистемами. Он включает в себя блоки исходных данных, анализа источников загрязнения, оценки выбросов метана от животноводства и рекомендаций по снижению экологической нагрузки. Разработана база данных для получения и накопления информации о сельскохозяйственных предприятиях, поголовье сельскохозяйственных животных, технологиях и природно-климатических условиях и для расчёта количества выбросов метана от систем сбора и хранения навоза. Основной отличительной особенностью разработанного программного продукта является возможность оценки выбросов метана как от конкретной фермы, так и района, региона и в целом по России. По результатам расчета с использованием программного продукта в 2021 году выбросы метана от животноводства Ленинградской области составили 1,165237 Гг /год с применением методов расчета первого уровня и 1,731093 Гг /год с применением методов расчета второго уровня. Разница в данных объясняется применением уточненных коэффициентов преобразования метана, полученных на основании климатических условий и соотношения систем сбора и хранения навоза по Ленинградской области. По результатам исследований получено Свидетельство о регистрации базы данных № 2023623756 от 03.11.2023 «База данных климатически активных веществ в животноводстве».

Ключевые слова: цифровые инструменты, выбросы метана, учет загрязнений, инвентаризация объемов выбросов газа.

Цитирование. Брюханов А. Ю., Васильев Э. В., Папушин Э. А., Максимов Д. А., Шалавина Е. В., Матейчик С. Н. Цифровой инструмент для определения выбросов метана от систем сбора и хранения навоза. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 303-311. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-33.

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 сельском хозяйстве наблюдается тенденция к интенсификации производства, базирующаяся на росте продуктивности животных и их содержании на крупных специализированных фермах. Однако этот процесс зачастую имеет негативные экологические последствия:

- На крупных фермах происходит концентрация животных, что приводит к снижению доли использования органических отходов [1, 2, 3].

- Снижение доли использования органических отходов и увеличение продуктивности и размеров животных приводит к увеличению выбросов климатически активных веществ.

Согласно данным ООН во всем мире на молочных животных, включая мясной скот, приходится примерно 4% антропогенных выбросов парниковых газов [4]. Поэтому интенсивное животноводство является значительным источником загрязнения окружающей среды [4, 5, 6]. В то же время отрасль имеет широкие возможности для сокращения выбросов.

Для реализации данных возможностей во всем мире уделяется большое внимание работе по учёту и оценке загрязнений. Для этого разрабатываются базы данных, модели и программные средства, позволяющие проводить оценку выбросов климатически активных веществ от сельскохозяйственных объектов. Проводится большое количество исследований с целью уменьшения воздействия на окружающую среду [7, 8].

Для оценки выбросов закиси азота, метана и аммиака в животноводстве реализован международный проект DATAMAN, который был направлен на разработку глобальной базы данных по объёмам выбросов и уточнение коэффициентов выбросов (EF) для национальных кадастров парниковых газов и NH_3 [9].

Учеными Южной Кореи в выполненном обзоре литературных источников [10] подчеркнута важность мониторинга и контроля выбросов метана, на долю которого приходится 14-16% мировых выбросов. Решающая роль отводится точным методам измерения и оценки для эффективного смягчения последствий изменения климата и сокращения выбросов метана от животноводства. Особое внимание уделено вкладу крупного рогатого скота.

Учеными из Калифорнии (США) был применён подход с использованием искусственного интеллекта и аэрофотосъёмки для оценки размера стада с последующим пересчётом выбросов метана (CH_4). Была проведена идентификация 162 крупных ферм (90%) с оценкой потенциала снижения выбросов метана для этих предприятий путём использования переработки отходов метановым сбраживанием [11].

Анализ исследований выбросов метана в животноводстве показал, что для снижения негативного воздействия на окружающую среду необходимо организовать долгосрочный мониторинг поголовья животных, выхода навоза и технологий его сбора и хранения. Поэтому необходима соответствующая информация и возрастает важность баз данных для ее хранения и систем управления базами данных. Также необходимы унифицированные прогностические модели для разработки сценариев развития событий, оценки рисков и их последствий.

Цель исследования – разработка программного инструмента, обеспечивающего автоматизацию расчета выбросов метана от систем сбора и хранения навоза с использованием уточненных коэффициентов.

Материалы и методы. Объектом исследования стали алгоритмы расчёта и модели, описывающие процессы образования выбросов метана от систем сбора и хранения навоза (далее выбросы метана).

При создании базы данных по оценке выбросов метана и алгоритма работы цифрового программного продукта были применены методы исследования предметной области через выделение сущностей и определение их свойств. В ходе исследования были изучены модели процессов образования выбросов метана в результате работы систем сбора и хранения навоза, а также алгоритмы их оценки [3, 5, 12]. Оценка выбросов метана осуществлялась в соответствии с Методическими рекомендациями по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации (далее рекомендации) [Распоряжение Минприроды России от 16 апреля 2015 г. N 15-р «Об утверждении Методических рекомендаций по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации» <https://docs.cntd.ru/document/420278225>]. Расчеты проводились по двум уровням оценки: применение методов уровня 1 – значение поголовья животных умножается на коэффициенты выбросов и методов уровня 2 с использованием уточненных коэффициентов на основе соотношения систем сбора и хранения навоза.

Результаты и обсуждение. Анализ предметной области показал, что степень выбросов метана зависит от природно-климатических условий, в которых находится оцениваемый объект, и применяемых технико-технологических решений [3, 4].

С учётом этого и в соответствии с рекомендациями разработан алгоритм оценки выбросов метана, блок-схема представлена на рисунке 1.

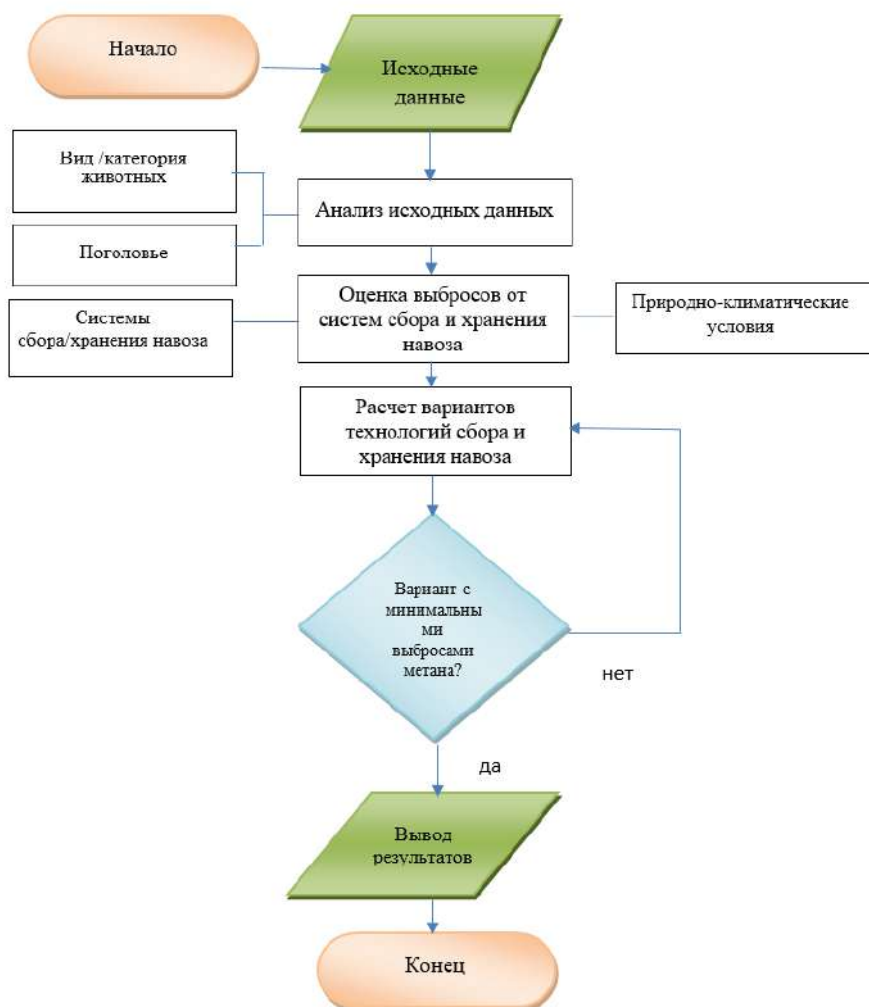


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма оценки выбросов метана
Figure 1 – Block diagram of the algorithm for estimating methane emissions

На этапе «Начало» задаются исходные данные по виду, категориям, количеству сельскохозяйственных животных с разбивкой по регионам, районам и крупным сельскохозяйственным предприятиям, а также природно-климатические условия, в которых осуществляется производственная деятельность предприятий.

В ходе оценки анализируются технологии сбора и хранения навоза, определяются доли навоза от вида/категории животных в различных климатических регионах. Расчёт выбросов метана производится с применением методов по уровню 1 и уровню 2 с использованием уточненных коэффициентов преобразования метана для различных вариантов технологий сбора и хранения навоза и сравнивается с полученным значением. В результате выбирается вариант с минимальными выбросами метана и формируется отчет с вариантами технологий сбора и хранения навоза, применение которых способствует наименьшему воздействию на окружающую среду.

Реализация алгоритма осуществляется с помощью разработанной базы данных и программного продукта.

Концептуальная схема оценки выбросов метана представлена на рисунке 2.

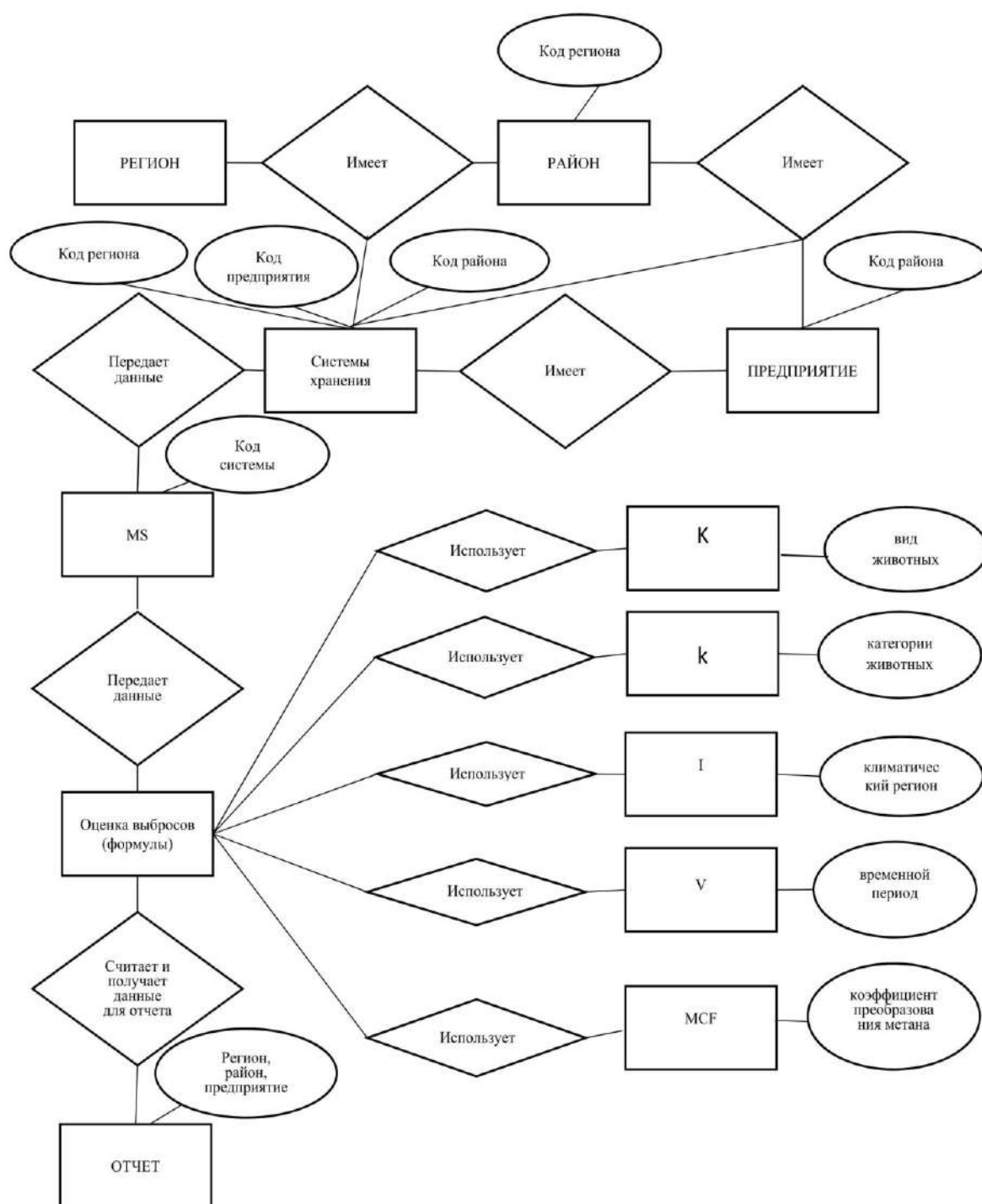


Рисунок 2 – Концептуальная схема базы данных оценки выбросов метана при помощи программного продукта

Figure 2 – Conceptual scheme for estimating methane emissions

В концептуальной схеме выделены ключевые сущности: виды и категории животных, системы хранения навоза и используются следующие обозначения: MS – доля навоза от скота; MCF – коэффициент преобразования метана; K, k – вид/категории скота; I – климатический регион; V – временной период.

Информация об этих сущностях будет собираться для наполнения базы данных. Представленная схема показывает, как объекты предметной области связаны друг с другом.

Разработанный программный продукт для расчёта выбросов метана обладает следующими функциями:

1. Оценка на уровне Российской Федерации, региона, района и конкретного предприятия.
2. Накопление и использование данных о поголовье животных и технологиях сбора и хранения навоза.
3. Оценка выбросов метана с занесением результатов в отдельную таблицу.
4. Расчёты проводятся по двум уровням оценки:
 - применение методов уровня 1 – значение поголовья животных умножается на коэффициенты выбросов;
 - использование методов уровня 2 с применением уточнённых коэффициентов, которые были актуализированы и представлены в разработанной базе данных.

Пример расчёта выбросов метана для Ленинградской области в 2021 году: данные по поголовью сельскохозяйственных животных и соотношению систем сбора и хранения навоза вносятся в форму через панель, представленную на рисунке 3.

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ОБЪЕМА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

05.06.2024 13:53:19

Общая информация Нормативно-справочная информация Расчет карты Отчеты по образцу МГОИЖ Сервис

ДАННЫЕ О ПОГОЛОВЬЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ. ДАННЫЕ О НАДОЯХ МОЛОКА.

ОЦЕНКА ЕЖЕГОДНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ КОРМОВ ТИПИЧНЫМИ ЖИВОТНЫМИ В КАЖДОЙ ПОДКАТЕГОРИИ

СРЕДНЕГОДОВЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

ДАННЫЕ О СООТНОШЕНИИ ОСНОВНЫХ ТИПОВ СИСТЕМ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАВОЗА И ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА ДЛЯ РАЗНЫХ КАТЕГОРИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ (2 уровня, для расчета МСР)

ДАННЫЕ О СООТНОШЕНИИ ОСНОВНЫХ ТИПОВ СИСТЕМ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАВОЗА И ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА ДЛЯ РАЗНЫХ КАТЕГОРИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ (1 уровень)

РАСЧЕТ РАСЧЕТ-КАРТА

Источник: "МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ДОБРОВОЛЬНОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ОБЪЕМА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (утверждены распоряжением Минприроды России от 16 апреля 2015 г. N 15-р)"

Выход

Рисунок 3 – Панель перехода к формам ввода исходных данных для расчета выбросов метана
Figure 3 – The panel for switching to input forms to calculate the methane emissions

В результате оценки были получены данные о выбросах метана в Ленинградской области за 2021 год (таблица 1).

Расчёты с использованием программного продукта показали, что в 2021 году выбросы метана в Ленинградской области составили 1,165237 Гг /год с применением методов расчета уровня 1 и 1,731093 Гг /год с применением методов расчета уровня 2. Разница в данных объясняется применением уточненных коэффициентов, полученных для конкретных климатических условий и с учетом соотношения систем сбора и хранения навоза по Ленинградской области. Расчёты по второму уровню требуют большего объема исходной информации непосредственно от предприятий, где проводится оценка, что бывает затруднительно. В то же время полученные материалы позволяют получить более точную оценку выбросов и сформировать предметные рекомендации по их снижению в результате применения альтернативных технологий и систем сбора и хранения навоза.

Таблица 1 – Выбросы метана с применением методов уровня 1 (упрощенный) и уровня 2 (с использованием уточнённых коэффициентов) в Ленинградской области за 2021 год
Table 1 – Methane emissions calculated by level 1 and level 2 calculation methods in the Leningrad Region for 2021

Виды скота / Types of livestock	Поголовье, тыс. гол. / Livestock, thousand heads	Выбросы CH ₄ (Гг CH ₄ год ⁻¹) (применение методов уровня 1) / CH ₄ emis- sions (Yy CH ₄ year-1) (application of tier 1 methods)	Выбросы CH ₄ Гг / год (применение методов уровня 2 с уточненными коэффициентами) / CH ₄ Y/year emissions (application of tier 2 methods with refined factors)
Коровы / Kine	76,2	0,350534	0,495320
Остальное поголовье КРС / The rest of the cattle	99,7	0,289104	0,203370
Свиньи / Pigs	173,6	0,520689	1,027493
Лошади / Horse	0,8	0,001248	0,001248*
Овцы / Sheep	19,3	0,003662	0,003662*
Всего по Ленинградской области / Total in the Leningrad Region		1,165237	1,731093

* – представлены данные с применением методов уровня 1 для лошадей и овец из-за отсутствия данных для применения методов уровня 2.

* – data are presented using level 1 methods for horses and sheep due to the lack of data for the application of level 2 methods.

Разработанный программный продукт даёт возможность оценки выбросов метана от систем сбора и хранения навоза, начиная от конкретной фермы до района, региона и в целом по России.

Заключение. Разработанный программный продукт является частью интеллектуальной аналитической программной платформы. Он позволяет использовать данные конкретного сельскохозяйственного предприятия по системам сбора и хранения навоза. Это даёт возможность точно рассчитать выбросы метана для отдельного предприятия, района, региона или всей Российской Федерации. В программе можно применить уточнённые коэффициенты преобразования метана, что повышает точность оценки.

Расчёты 2021 года показали, что выбросы метана в Ленинградской области составляют 1,165237 и 1,731093 Гг/год для методов расчёта уровня 1 и 2 соответственно. Разница обусловлена применением обновлённых коэффициентов, которые учитывают климат и соотношение систем сбора и хранения навоза в регионе.

Получено Свидетельство о регистрации базы данных № 2023623756 от 03.11.2023 г. «База данных климатически активных веществ в животноводстве».

Conclusions. The developed software product is part of an intelligent analytical software platform for providing environmental safety, forecasting and management of agricultural ecosystems. It has the following functionalities: accumulation of activity data of the enterprise, on farm animal stock, on technologies of collection and storage of livestock waste, on methane emissions from manure collection and storage systems; calculations of methane emissions from manure collection and storage systems for a particular enterprise, district, region and the entire Russian Federation. The software product provides an opportunity to use specific data for a selected agricultural enterprise on manure collection and storage systems, and to obtain specified methane conversion factors. This improves the estimation accuracy. According to the calculation results with its use, the methane emissions from animal husbandry in the Leningrad Region in 2021 amounted to 1.165237 Gg/year under level 1 calculation methods and 1.731093 Gg/year under level 2 calculation methods. The difference in the data is explained by the application of refined coefficients taking into account climatic conditions and the distribution of manure collection and storage systems in the Leningrad Region. Database Registration Certificate No. 2023623756 dated 03.11.2023 'Database of climatically active substances in animal husbandry' was obtained.

Библиографический список

1. Брюханов А. Ю., Шалавина Е. В. Анализ образования и накопления животноводческих отходов в Ленинградской области. Экологические проблемы использования органических удобрений: сборник научных трудов. Владимир, 2015. С. 310-317.
2. Шанина Е. В. Выбросы парниковых газов от животноводства. Научно-практические аспекты развития АПК: материалы конференции. Красноярск: Красноярский ГАУ, 2023. С. 35-37. <http://www.kgau.ru/new/all/science/04/content3/70.pdf>.
3. Васильев Э. В., Папушин Э. А., Максимов Д. А., Шалавина Е. В., Матейчик С. Н. Алгоритм определения коэффициентов для расчета выбросов метана от систем сбора, хранения и использования навоза/помета. АгроЭкоИнженерия. 2024. № 1 (118). С. 107-118.
4. United Nations Environment Programme. Emissions Gap Report 2023: Broken Record – Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again). Nairobi: Institutional Series. 2023.
5. Pörtner H.-O., Roberts D. C., et al. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2023. 3056 p.
6. Vigan A., Hassouna M., Guingand N., Brame C., Edouard N., Eglin T., Espagnol S., Eugène M., Générumont S., Lagadec S., Lorient E., Loyer L., Ponchant P., Robin P. Development of a database to collect emission values for livestock systems. Journal of Environmental Quality. 2019. Vol. 48. Pp. 1899-1906.
7. Rennie T. J., Grant B. B., Gordon R. J., Smith W. N., Vander Zaag A. C. Regional climate influences manure temperature and methane emissions – A pan-Canadian modelling assessment. Science of the Total Environment. 2021. Vol. 750. 142278.
8. Marklein A. R., Meyer D., Fischer M. L., Jeong S., Rafiq T., Carr M., Hopkins F. M. Facility-scale inventory of dairy methane emissions in California: Implications for mitigation. Earth System Science Data. 2021. Vol. 13. Pp. 1151-1166.
9. Hassouna M., et al. DATAMAN: A global database of methane, nitrous oxide, and ammonia emission factors for livestock housing and outdoor storage of manure. Journal of Environmental Quality. 2023. Vol. 52 (1). Pp. 207-223.
10. Ghassemi Nejad J., Ju M.-S., Jo J.-H., Oh K.-H., Lee Y.-S., Lee S.-D., Kim E.-J., Roh S., Lee H.-G. Advances in methane emission estimation in livestock: a review of data collection methods, model development and the role of AI technologies. Animals. 2024. Vol. 14 (3). 435 p.
11. Jeong S., Fischer M. L., Breunig H., Marklein A. R., Hopkins F. M., Biraud S. C. Artificial intelligence approach for estimating dairy methane emissions. Environmental Science and Technology. 2022. Vol. 56 (8). Pp. 4849-4858.
12. Cárdenas A., Ammon C., Schumacher B., et al. Methane emissions from the storage of liquid dairy manure: Influences of season, temperature and storage duration. Waste. Management. 2021. Vol. 121. Pp. 393-402.

References

1. Bryukhanov A. Yu., Shalavina E. V. Analysis of Formation and Accumulation of Livestock Waste in the Leningrad Region. Ecological Problems of the Use of Organic Fertilizers: Collection of Scientific Works. Vladimir, 2015. Pp. 310-317.
2. Shanina E. V. Greenhouse Gas Emissions from Animal Husbandry. Scientific and Practical Aspects of the Development of the Agro-Industrial Complex: Conference Materials. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2023. Pp. 35-37. <http://www.kgau.ru/new/all/science/04/content3/70.pdf>
3. Vasilyev E. V., Papushin E. A., Maksimov D. A., Shalavina E. V., Mateychik S. N. Algorithm for Determining Coefficients for Calculating Methane Emissions from Manure Collection, Storage and Use Systems. AgroEcoEngineering. 2024. № 1 (118). Pp. 107-118.
4. United Nations Environment Programme. Emissions Gap Report 2023: Broken Record – Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again). Nairobi: Institutional Series. 2023.
5. Pörtner H.-O., Roberts D. C., et al. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2023. 3056 p.
6. Vigan A., Hassouna M., Guingand N., Brame C., Edouard N., Eglin T., Espagnol S., Eugène M., Générumont S., Lagadec S., Lorient E., Loyer L., Ponchant P., Robin P. Development of a database to collect emission values for livestock systems. Journal of Environmental Quality. 2019. Vol. 48. Pp. 1899-1906.
7. Rennie T. J., Grant B. B., Gordon R. J., Smith W. N., Vander Zaag A. C. Regional climate influences manure temperature and methane emissions – A pan-Canadian modelling assessment. Science of the Total Environment. 2021. Vol. 750. 142278.
8. Marklein A. R., Meyer D., Fischer M. L., Jeong S., Rafiq T., Carr M., Hopkins F. M. Facility-scale inventory of dairy methane emissions in California: Implications for mitigation. Earth System Science Data. 2021. Vol. 13. Pp. 1151-1166.
9. Hassouna M., et al. DATAMAN: A global database of methane, nitrous oxide, and ammonia emission factors for livestock housing and outdoor storage of manure. Journal of Environmental Quality. 2023. Vol. 52 (1). Pp. 207-223.
10. Ghassemi Nejad J., Ju M.-S., Jo J.-H., Oh K.-H., Lee Y.-S., Lee S.-D., Kim E.-J., Roh S., Lee H.-G. Advances in methane emission estimation in livestock: a review of data collection methods, model development and the role of AI technologies. Animals. 2024. Vol. 14 (3). 435 p.
11. Jeong S., Fischer M. L., Breunig H., Marklein A. R., Hopkins F. M., Biraud S. C. Artificial intelligence approach for estimating dairy methane emissions. Environmental Science and Technology. 2022. Vol. 56 (8). Pp. 4849-4858.
12. Cárdenas A., Ammon C., Schumacher B., et al. Methane emissions from the storage of liquid dairy manure: Influences of season, temperature and storage duration. Waste. Management. 2021. Vol. 121. Pp. 393-402.

Информация об авторах

Брюханов Александр Юрьевич, доктор технических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАН, директор Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское ш. 3), e-mail: sznii@yandex.ru

Васильев Эдуард Вадимович, кандидат технических наук, заведующий отделом анализа и прогнозирования экологической устойчивости агроэкосистем Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское ш. 3), e-mail: sznii6@yandex.ru

Папушин Эдуард Александрович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела анализа и прогнозирования экологической устойчивости агроэкосистем Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское ш. 3), e-mail: papushinea@yandex.ru

Максимов Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела анализа и прогнозирования экологической устойчивости агроэкосистем Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское ш. 3), e-mail: maximov@sznii.ru

Шалавина Екатерина Викторовна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела анализа и прогнозирования экологической устойчивости агроэкосистем Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское ш. 3), e-mail: shalavinaev@mail.ru

Матейчик Светлана Николаевна, инженер-программист отдела анализа и прогнозирования экологической устойчивости агроэкосистем Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское ш. 3), e-mail: cet_nord@yahoo.com.

Author's Information

Briukhanov Aleksander Yurievich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of RAS, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196625, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Shosse, 3), e-mail: sznii@yandex.ru

Vasilev Eduard Vadimovich, Candidate of Engineering Sciences, leading researcher, Department of Analysis and Forecasting of Environmental Sustainability of Agroecosystems, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196625, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Shosse, 3), e-mail: sznii6@yandex.ru

Papushin Eduard Alexandrovich, Candidate of Engineering Sciences, leading researcher, Department of Analysis and Forecasting of Environmental Sustainability of Agroecosystems, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, (Russian Federation, 196625, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Shosse, 3), e-mail: papushinea@yandex.ru

Maksimov Dmitry Anatolievich, Candidate of Engineering Sciences, leading researcher, the Department of Analysis and Forecasting of Environmental Sustainability of Agroecosystems, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, (Russian Federation, 196625, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Shosse, 3), e-mail: maximov@sznii.ru

Shalavina Ekaterina Viktorovna, Candidate of Engineering Sciences, leading researcher, the Department of Analysis and Forecasting of Environmental Sustainability of Agroecosystems, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, (Russian Federation, 196625, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Shosse, 3), e-mail: shalavinaev@mail.ru

Mateichik Svetlana Nickolaevna, software development engineer, the Department of Analysis and Forecasting of Environmental Sustainability of Agroecosystems, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, (Russian Federation, 196625, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Shosse, 3), e-mail: cet_nord@yahoo.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-34

WATER TREATMENT BASED ON NATURAL MODIFIED LOADING FOR PRECISION IRRIGATION SYSTEMS^{1,2}Novikov A. E., ³Dubenok N. N., ¹Toropov A. Yu.

¹The All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture is a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov»
Volgograd, Russian Federation

²Volgograd State Technical University
Volgograd, Russian Federation

³Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Timiryazev State Agrarian University"
Moscow, Russian Federation

Corresponding author E-mail: ae_novikov@mail.ru

Received 16.08.2024

Submitted 01.11.2024

Abstract

Introduction. The decrease in the quality of surface waters as a result of active economic activity and natural factors limits the possibilities of its use in agriculture without preliminary preparation. In closed reservoirs with weak convection of the water mass in combination with high solar insolation, the problem of water qual-

ity is aggravated by the cumulative effect of pollutants coming from the catchment area and the products of hydrobiocenosis decay. In this regard, regular monitoring of natural waters and a comprehensive assessment of their suitability for irrigation are required for the purpose of promptly making management and technical decisions to improve their quality and maintain the environmental sustainability of irrigated lands. **Object.** The object of the study is the water quality indicators of the artificial pond "Verkhniy" on the local runoff, located on the land use territory of the experimental station "Oroshaemaya" VNIIOZ. **Materials and methods.** Water quality indicators (mineralization, ionic composition and activity of hydrogen cations) were determined in the analytical laboratory of VNIIOZ using generally accepted GOST methods. Water samples were collected from May to August at stationary posts from a depth of 0.2-0.3 m in clean plastic bottles with a volume of 1500 ml, pre-rinsed with the water being tested. To assess the suitability of water for irrigation, the irrigation coefficient of H. Staebler and the coefficient of magnesium alkalization of I. Szabolcs and K. Darab were used. **Results and conclusion.** In order to achieve the goal of increasing the productivity of irrigation water use in the farm, it was proposed to install drip irrigation systems on small-contour plots of 25-35 hectares bordering the fields irrigated by pivot irrigation machines without reconstructing the irrigation network. According to the results of water quality studies, the concentration of SO_4^{2-} exceeded the maximum permissible value by 2.9 to 9.2 times, Na^+ (including K^+) by 2.0 times, Mg^{2+} by 1.5 to more than 4.0 times. The total mineralization at stationary posts in the backwater section of the channel and in the dam, section increased from 1088 and 1079 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ in May to 2057 and 2238 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ in August, respectively. The values of the coefficients $K_i = 7.48$ and $K_{\text{Mg}} = 57.88$ indicate unsatisfactory water quality and the possibility of magnesium alkalization of soils. A filter unit with a backfill of modified natural aluminosilicates has been developed to prepare mineralized waters for the safe operation of drip irrigation systems and to preserve the meliorative state of irrigated soils. The process of water treatment under suspended loading layer conditions allows for the simultaneous capture of mechanical impurities and salts, softening and deironing of water.

Keywords: irrigation water quality, water treatment, drip irrigation systems, filtration plants, ion exchange loading.

Citation. Novikov A. E. Dubenok N. N., Toropov A. Yu. Water treatment based on natural modified loading for precision irrigation systems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 311-320 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-34.

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 interests. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. The study was carried out as part of the state assignment of the Ministry of Education and Science of Russia FNFR-2022-0003 "To assess the ecological state of agricultural landscapes with their long-term regular irrigation in conditions of increasing anthropogenic climatic stress impacts based on data from environmental and meliorative monitoring using digital analysis technologies".

УДК 631.67.03:628.16

ВОДОПОДГОТОВКА НА ПРИРОДНЫХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЗАГРУЗКАХ ДЛЯ СИСТЕМ ПРЕЦИЗИОННОГО ОРОШЕНИЯ

^{1,2}Новиков А. Е., доктор технических наук, член-корреспондент РАН

³Дубенок Н. Н., доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

¹Торопов А. Ю., научный сотрудник

¹Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия –
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»
г. Волгоград, Российская Федерация

²Волгоградский государственный технический университет
г. Волгоград, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева
г. Москва, Российская Федерация

Актуальность. Снижение качества поверхностных вод в результате активной хозяйственной деятельности и природных факторов ограничивает возможности её использования в сельском хозяйстве без предварительной подготовки. На закрытых водоёмах при слабой конвекции водной массы в сочетании с высокой солнечной инсоляцией проблема качества воды усугубляется кумулятивным эффектом загрязнителей, поступающих с водосборной площади, и продуктов распада гидробиоценоза. В связи с этим требуется регулярное ведение мониторинга природных вод и комплексная оценка их пригодности для орошения в целях оперативного принятия управленческих и технических решений по повышению их качества, сохранению экологической устойчивости орошаемых земель. **Объект.** Объектом исследования являются показатели качества воды искусственного пруда «Верхний» на местном стоке, расположенного на территории землепользования опытной станции «Оро-

шаемая» ВНИИОЗ. **Материалы и методы.** Показатели качества воды (минерализация, ионный состав и активность катионов водорода) определяли в аналитической лаборатории ВНИИОЗ по общепринятым гостированным методикам. Пробы воды отбирали с мая по август по стационарным постам с глубины 0,2-0,3 м в чистые пластиковые бутылки объёмом 1500 мл, предварительно ополоснутые исследуемой водой. Для оценки пригодности воды для орошения использовали ирригационный коэффициент Х. Стеблера и коэффициент магниевое осолонцевания И. Саболяча и К. Дараба. **Результаты и выводы.** Для реализации цели повышения продуктивности использования оросительной воды в хозяйстве предложено на граничащих с полями, орошаемые круговыми дождевальными машинами, мелкоконтурных участках площадью 25-35 га без реконструкции оросительной сети разместить системы капельного полива. По результатам исследований качества воды установлено превышение относительно значения предельно допустимой концентрации SO_4^{2-} – от 2,9 до 9,2 раз, Na^+ (в том числе K^+) – в 2,0 раза, Mg^{2+} – от 1,5 до более чем 4,0 раз. Общая минерализация по стационарным постам на участке подпора ерика и в приплотинном створе возрастает соответственно с 1088 и 1079 мг/дм³ в мае до 2057 и 2238 мг/дм³ в августе. При этом значения коэффициентов $K_i = 7,48$ и $K_{\text{Mg}} = 57,88$ свидетельствуют о неудовлетворительном качестве воды и о возможности магниевое осолонцевания почв. Для подготовки минерализованных вод в целях безопасной эксплуатации систем капельного полива и сохранения мелиоративного состояния орошаемых почв разработана фильтровальная установка с засыпкой из модифицированных природных алюмосиликатов. Процесс водоподготовки в условиях взвешенного слоя загрузки позволяет одновременно улавливать механические примеси и соли, проводить умягчение и обезжелезивание воды.

Ключевые слова: качество поливной воды, водоподготовка, системы капельного орошения, фильтровальные установки, ионообменная загрузка.

Цитирование. Новиков А. Е., Дубенок Н. Н., Торопов А. Ю. Водоподготовка на природных модифицированных загрузках для систем прецизионного орошения. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 311-320. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-34.

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.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России FNFR-2022-0003 «Дать оценку экологическому состоянию агроландшафтов при их длительном регулярном орошении в условиях усиления антропогенных климатических стрессовых воздействий на основе данных эколого-мелиоративного мониторинга с использованием технологий цифрового анализа».

Введение. Засушливый климат с характерным недостаточным и неустойчивым выпадением естественных осадков при отсутствии их компенсации искусственным орошением при возделывании влагоотзывчивых сельскохозяйственных культур не позволяет получать устойчивые рентабельные урожаи [5, 6, 8]. Для предупреждения последствий засух в сельском хозяйстве особое внимание уделяется развитию мелиоративного комплекса и увеличению доли поливных земель в регионах развитого орошения [13].

Однако межсекторальная конкуренция за воду особенно в вододефицитных регионах является сдерживающим фактором развития орошаемого земледелия [22] и требует новых разработок в сфере интегрированного управления водными ресурсами и использования альтернативных источников воды [9, 10, 11].

Снижение качества воды в результате антропогенной деятельности также накладывает дополнительные ограничения на её возможное использования, особенно в сельском и жилищно-коммунальном хозяйстве, питьевом водоснабжении [4, 20, 21]. По результатам исследований основных поверхностных водоисточников Волгоградской области [14] – Цимлянское и Варваровское водохранилища (Калачёвский район), Волго-Донской судоходный канал (шлюз 4-5), р. Волга (г. Камышин) – установлено, что воды данных объектов слабощелочные ($\text{pH} = 8,2-8,4$), средней жёсткости ($\text{Ж}^0 = 3,4-6,3$) с минерализацией от 450 до 850 мг/л. Отмечается повышенное содержание железа (0,2-0,6 мг/л), марганца (0,05-0,2 мг/л) и хлоридов (57-145 мг/л).

В этой связи требуется регулярное ведение мониторинга за состоянием природных вод, используемых на орошение, в целях оперативного принятия управленческих и технических решений по повышению их качества, сохранению экологической устойчивости орошаемых земель [7, 18, 19].

На закрытых водоёмах в зоне активной хозяйственной деятельности при слабоинтенсивной конвекции водной массы в сочетании с высокой солнечной инсоляцией проблема загрязнения воды стоит еще более остро. Это обусловлено кумулятивным эффектом загрязнителей, поступающих с водосборной площади, и продуктов разложения гидробиоценоза. Использование воды на технические и хозяйственные нужды из таких водоисточников требует разработки индивидуальных специализированных систем водоподготовки.

В настоящее время ведутся работы по повышению эффективности очистки сточных вод птицеводческих [15] и животноводческих [12] предприятий, обезжелезивания подземных вод [1, 17] с использованием сорбционно-фильтрующих композиций [9, 3] для их использования в орошаемом земледелии. Если грязеёмкость таких традиционных грузов, как гравий, песок, активированный уголь, достаточно изучены и имеются практические рекомендации по применению в системах водоподготовки, то ионообменные и фильтрационные свойства природных и модифицированных мелиорантов, например, на основе алюмосиликатов, требуют дополнительных исследований.

В связи с этим, цель исследования состояла в изучении качества воды в закрытом поверхностном водоисточнике с разработкой мероприятий по повышению продуктивности использования оросительной воды и водоподготовке для систем прецизионного орошения на примере опытной станции «Орошаемая» ВНИИОЗ.

Материалы и методы. Исследования проводили в зоне действия участка орошения, расположенного на территории землепользования опытной станции «Орошаемая» ВНИИОЗ (п. Водный, г. Волгоград) и находящегося в составе Городищенской оросительной системы с локальными водозаборами из Варваровского и Береславского водохранилищ, искусственного пруда «Верхний» на местном стоке, воды которого и служили объектом наблюдения.

Пруд (рисунок 1) образован в результате перекрытия русла ерика Песчаный земляной плотиной с системой водослива. Наиболее глубокие участки до 7,2 м расположены у плотины, по устью русла ерика средняя глубина составляет 4,3 м. Площадь пруда 0,055 км², а водосборная территория – 43 км².



Рисунок 1 – Спутниковый снимок пруда «Верхний» на территории землепользования опытной станции «Орошаемая» ВНИИОЗ

Figure 1 – Satellite image of the Verkhniy pond on the land use territory of the Irrigation experimental station of VNIIOZ

Качественные показатели воды – pH и ионный состав легкорастворимых солей, определяли в аналитической лаборатории ВНИИОЗ по общепринятым гостированным методикам.

Пробы воды отбирали с мая по август по стационарным постам А и В с глубины 0,2-0,3 м в чистые пластиковые бутылки объёмом 1500 мл, предварительно ополоснутые исследуемой водой.

Для оценки пригодности воды для орошения использовали ирригационный коэффициент (Х. Стеблер, 1932) K_i и коэффициент магниевого осолонцевания (И. Саболич, К. Дараб, 1964) K_{Mg} , учитывающие ионный состав воды в мг-экв/дм³ [2, 16]:

при $[Cl^-] + [SO_4^{2-}] > [Na^+] > [Cl^-]$ –

$$K_i = \frac{288}{[Na^+ + 4 \cdot [Cl^-]]};$$

при $[Na^+] < [Cl^-]$ –

$$K_i = \frac{288}{5 \cdot [Cl^-]};$$

$$K_{Mg} = \frac{[Mg^{2+}] \cdot 100}{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}.$$

Результаты и обсуждение. Пруд «Верхний» используется хозяйством в качестве источника воды для орошения кормовых культур круговыми дождевальными машинами «Фрегат» 1, 2, 3 и 4 (рисунок 1) оросительной нормой от 3600 до 4200 м³/га в зависимости от обеспеченности года естественными осадками. Однако сезонная наполняемость пруда талыми водами и испаряемость с поверхности зачастую не обеспечивают орошаемую площадь дождеванием расчётной оросительной нормой. Для повышения продуктивности использования оросительной воды перспективным представляется организация модульных участков капельного орошения I, II, III и IV площадью от 25 до 35 га (рисунок 1) без реконструкции оросительной сети, что позволит увеличить долю орошаемых земель в хозяйстве и сэкономить не менее 25 % воды относительно применяемого способа полива.

Учитывая, что работоспособность капельного орошения во многом зависит от качества используемой воды в системе, в период проведения поливов культур в 2023 году были проведены исследования минерализации, ионного состава и активности катионов водорода (таблица 1) на участке подпора ерика (пост А) и в приплотинном створе (пост В) с определением щелочной характеристики и опасности магниевого осолонцевания почвы (таблица 2).

Таблица 1 – Качество воды в пруде «Верхний», мг/дм³
Table 1 – Water quality in the «Verkhniy» pond, mg/dm³

Показатель / Index	Май / May		Июнь / June		Июль / July		Август / August		ПДК / МРС*
	А	В	А	В	А	В	А	В	
pH, ед. / units	8,1	8,0	8,6	8,7	9,2	9,3	8,8	9,1	-
Cl ⁻	202	213	231	238	263	270	309	302	300
CO ₃ ²⁻	7	4	2	13	18	11	4	14	-
HCO ₃ ⁻	267	94	340	328	342	318	417	388	-
SO ₄ ²⁻	298	453	573	264	750	926	751	921	100
Na ⁺ + K ⁺	182	178	296	206	233	233	242	241	120 / 50
Ca ²⁺	65	55	75	90	230	185	200	195	180
Mg ²⁺	67	82	140	55	95	162	134	177	40
Минерализация / Mineralization	1088	1079	1657	1194	1931	2105	2057	2238	-

* Для водных объектов рыбохозяйственного значения (Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 г. с изм. на 22.08.2023 г.) / For water bodies of fishery importance (Order of the Ministry of Agriculture of Russia dated 13.12.2016 as amended on 22.08.2023)

Хлориды, карбонаты, гидрокарбонаты и сульфаты, а также катионы калия, натрия, кальция и магния относятся к первой группе компонентов минерального состава воды, определяющие её минерализацию. Результаты лабораторных исследований приведённых компонентов (таблица 1) свидетельствуют об ухудшении качества воды в течение поливного периода. Особо следует отметить превышение относительно значения предельно допустимой концентрации (применительно к водным объектам рыбохозяйственного значения) сульфатов – от 2,9 до 9,2 раз, Na^+ (в том числе K^+) – в 2,0 раза, Mg^{2+} – от 1,5 до более чем 4,0 раз. Общая минерализация по стационарным постам А и В возрастает соответственно с 1088 и 1079 мг/дм³ в мае до 2057 и 2238 мг/дм³ в августе.

Усреднённые значения ирригационного коэффициента $K_i = 7,48$ свидетельствуют о неудовлетворительном качестве воды, а коэффициента магниевое осолонцевания $K_{\text{Mg}} = 57,88$ – о вредном воздействии на мелиоративное состояние почв (таблица 2). В целом исследуемая вода в пруде «Верхний» относится к минерализованной, сульфатно-хлоридного класса [2].

Таблица 2 – Пригодность воды в пруде «Верхний» для орошения
Table 2 – Suitability of water in the «Verkhniy» pond for irrigation

Показатель / Index	Май / May		Июнь / June		Июль / July		Август / August		Среднее / Average
	A	B	A	B	A	B	A	B	
K_i^*	9,37	9,05	7,39	8,03	7,23	7,09	6,34	6,46	7,48
K_{Mg}^{**}	62,98	71,1	75,5	50,2	40,5	59,1	52,5	59,97	57,88
* > 18 – хорошее / good, от 18 до 6 – удовлетворительное / satisfactory, от 5,9 до 1,2 – неудовлетворительное / unsatisfactory, < 1,2 – непригодная для орошения / unsuitable for irrigation; ** ≥ 50 – вредное действие магния на почву / harmful effects of magnesium on soil									

Помимо опасности «магниевое засоления» почвы, высокие концентрации магния и натрия в воде способствуют осаждению солей на стенки капельниц, вызывая их закупорку, а в сочетании с другими солями – интенсифицируют коррозионные процессы в металлических частях оросительной системы.

Для приведения качественных показателей воды к нормативным в целях бесперебойной работы систем капельного полива, а также сохранения мелиоративного состояния почв модульных участков, орошаемых капельным способом, разработаны способ водоподготовки и фильтровальная установка с ионообменной фильтрующей загрузкой из природных минералов.

Особенность технологии водоподготовки заключается в том, что фильтрацию воды в фильтре 1-ой ступени проводят в направлении снизу вверх с образованием псевдооживленного слоя, а в фильтре 2-ой ступени – сверху вниз. Регенерацию загрузки в обоих фильтрах проводят во взвешенном слое.

Создание псевдооживленного слоя способствует интенсивному перемешиванию и устранению застойных зон, увеличению поверхности контакта фаз – воды и загрузки.

В качестве загрузки в фильтре 1-ой ступени применяют модифицированный глауконит, а в фильтре 2-ой ступени – композицию из 2-х и более компонентов, расположенных послойно. Причём нижний слой – это модифицированный глауконит (не менее 40% от общего объёма загрузки в фильтре), а отношение плотностей гранул слоёв композиции каждого последующего к предыдущему составляет не менее 1,3. Отношение высоты загрузки в фильтрах 1-ой и 2-ой ступеней к высоте фильтров составляет 0,40 : 0,55 – 1,0, что обусловлено изменением порозности загрузки – 0,6-0,7 во взвешенном состоянии против 0,4 в неподвижном состоянии.

Модифицированный глауконит за счёт слоистой структуры обладает высокой селективностью, способностью к регенерации, широким спектром физико-механических, фильтрационных и катионообменных свойств. В его составе: 3,0 – 10,0% K_2O ; до 3,5% Na_2O ; 7,0 – 18,0% Al_2O_3 ; 7,0 – 11,0% Fe_2O_3 и FeO ; 2,5 – 7,0% MgO ; 29,0 – 56,0% SiO_2 ; 5,0 – 13,5% H_2O ; до 3% P_2O_5 ; и ещё более 20 микроэлементов в форме обменных катионов.

В качестве дополнительных слоёв композиции могут быть использованы шунгизит, антрацит, керамзит, активированный уголь, характеристики которых приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика компонентов композиции загрузки
Table 3 – Characteristics of the components of the loading composition

Показатель / Index	Фильтрующая загрузка / Filter loading		
	глауконит / modified glauconite	шунгизит / shungizite, антрацит / anthracite, керамзит / expanded clay	уголь / activated carbon
Порозность / Porosity, %	20-30	37-47	15-97
Гранулометрический состав, мм / Grading, mm	0,1-0,5	0,5-1,0	1,0-2,5
Плотность, кг/м ³ / Density, kg·m ⁻³	2200-2900	1200-1800	600-900
Скорость осаждения, см/с / Speed deposition, cm·s ⁻¹	16-25	13-15	< 13

В режиме подготовки (рисунок 2) вода подаётся насосной станцией 1 по распределительному трубопроводу 2 в фильтр 1-ой ступени 3, при этом вентили 4, 5 и 6 находятся в соответствующих движению потока положениях. В фильтре 1-ой ступени вода проходит через слой загрузки 7 в направлении снизу вверх с образованием псевдоожиженного слоя. Далее вода по соединительному трубопроводу 8 транспортируется в фильтр 2-ой ступени 9 в направлении сверху вниз. При прохождении воды через слои загрузки 10 с разным гранулометрическим составом, крупная фракция задерживает грубодисперсные примеси, а более мелкая фракция – тонкодисперсные. Далее подготовленная вода поступает по распределительному трубопроводу в поливную сеть.

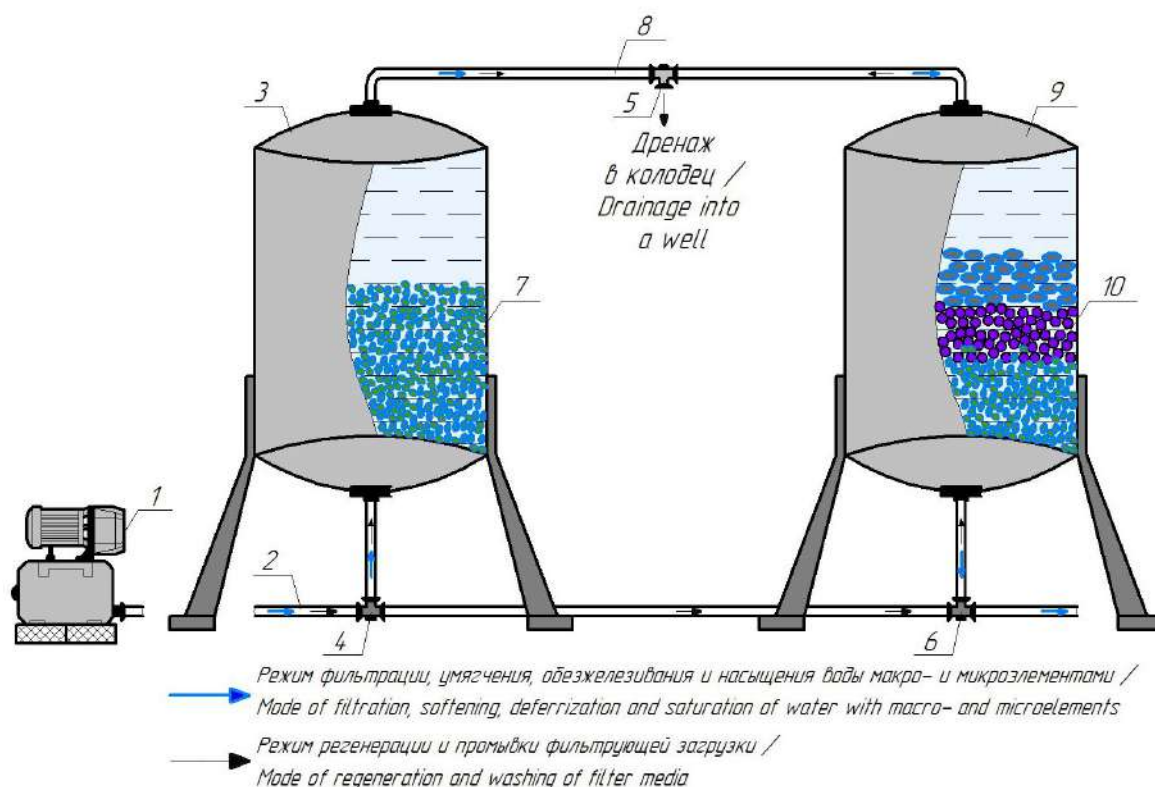
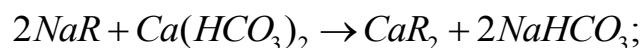
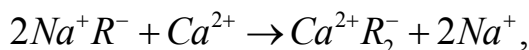
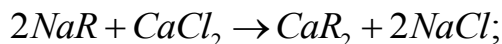
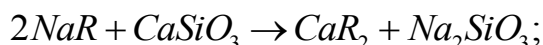
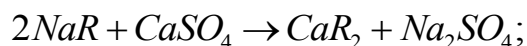


Рисунок 2 – Схема фильтровальной установки (патент 2606779) /
Figure 2 – Diagram of the filter unit (patent 2606779)

На модифицированной глауконитовой загрузке реакции замещения катионов Ca^{2+} катионами Na^+ , в молекулярной и ионной форме представлены уравнениями:

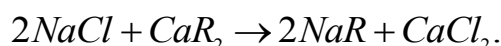




где R – сложный радикал катионита, образующий с ионами Ca, Mg и Fe нерастворимые в воде соединения и выполняющий роль аниона; NaR – натрий-катионит; CaR₂ и др. – солевые формы катионита.

Уравнения реакций с солями магния и железа аналогичные. Таким образом, на модифицированной глауконитовой загрузке фильтрация сопровождается умягчением, обезжелезиванием и обогащением воды макро- и микроэлементами.

В процессе водоподготовки глауконит постепенно истощается и теряет катионнообменную способность. Восстановление ёмкости поглощения проводится путём пропускания раствора NaCl (соотношение воды и хлористого натрия 0,9 – 0,92 : 0,1 – 0,08) по уравнениям:



Для солей MgR₂ и FeR₂ реакции регенерации будут аналогичными.

Восстановление высших окислов марганца на поверхности гранул глауконита проводится путём пропускания раствора KMnO₄ из расчёта 1 мг/л перманганата калия окисляет 1,06 мг/л железа или 0,52 мг/л марганца.

В режиме восстановления ёмкости глауконита регенерант насосной станцией 1 подаётся по распределительному трубопроводу 2 в фильтры 1-ой 3 и 2-ой 9 ступеней в направлении снизу вверх с образованием в них псевдоожиженного слоя загрузки, при этом вентили 4, 5 и 6 находятся в соответствующих движению потока положениях. Регенерант при прохождении через слои загрузки 7 и 10 вымывает из них уловленные грубо- и тонкодисперсные примеси и восстанавливает их свойства. Отработанный регенерант по соединительному трубопроводу 8 отводится в дренажный колодец.

После восстановления свойств загрузки проводится её промывка водой от остатков регенеранта по аналогичной схеме. При этом слои загрузки в каждом фильтре под действием сил тяжести осаждаются и с учётом физико-механических свойств занимают исходное положение.

Заключение. Оценка ирригационных свойств воды в пруде «Верхний» на местном стоке на территории землепользования опытной станции «Орошаемая» ВНИИОЗ показывает высокую вероятность магниевого осолонцевания почв при регулярном орошении сельскохозяйственных культур, а также снижения работоспособности систем капельного полива вследствие «зарастания» капельных трубопроводов и самих капельниц солями магния и натрия, окисления металлических элементов оросительной сети.

Для качественной подготовки минерализованных вод в целях безопасной эксплуатации систем капельного полива и сохранения мелиоративного состояния орошаемых участков разработана 2-х ступенчатая фильтровальная установка с засыпкой из модифицированных природных алюмосиликатов. Процесс водоподготовки в условиях взвешенного слоя загрузки позволяет одновременно улавливать не только механические примеси, но и соли, а также проводить умягчение и обезжелезивание воды. При этом происходит обогащение воды оксидами Si, K, Mg, P, другими микроэлементами, необходимыми для защиты и питания растений. Например, оксид кремния переходит в состояние биогенного кремния, который в почве трансформируется в нитриты кремния, силаны и алкосиланы, токсичные для вредителей и возбудителей болезней, но безопасные для сельскохозяйственных культур. Кремниевая кислота выполняет фитосанитарную функцию, снижая популяцию сапрофитных грибов, в том числе корневых гнилей.

Conclusions. Based on the results of the assessment of the irrigation properties of water in the Verkhniy pond, a high probability of magnesium alkalization of soils with regular irrigation of agricultural crops was revealed, as well as a decrease in the performance of drip irrigation systems due to the negative impact of magnesium and sodium salts on the elements of the irrigation network. A filter unit with a backfill of modified natural aluminosilicates has been developed for high-quality preparation

of mineralized waters for the safe operation of drip irrigation systems and the preservation of the meliorative state of irrigated areas. The process of water treatment in conditions of a suspended loading layer allows for the simultaneous capture of mechanical impurities and salts, softening and deironing of water.

Библиографический список

1. Овчинников А. С. и др. Анализ эффективности работы фильтрующих загрузок при обезжелезивании воды подземных водоисточников для систем капельного орошения. Известия НВ АУК. 2021. № 2 (62). С. 330-338.
2. Безднина С. Я. Качество воды для орошения: принципы и методы оценки. М.: Издательство «РОМА», 1997. 185 с.
3. Бочарников В. С., Мещеряков М. П., Денисова М. А. Исследование сорбционных свойств сорбентов с использованием ферритовых реагентов при очистке сточных вод. Известия НВ АУК. 2019. № 1 (53). С. 242-249.
4. Никаноров А. М. и др. Динамика качества поверхностных вод юга России. Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2013. № 6. С. 57-72.
5. Дубенок Н. Н. Теоретические основы обоснования комплексных мелиораций и управление мелиоративными режимами в агроландшафтах степной и лесостепной зоне. Научно-агрономический журнал. 2023. № 4 (123). С. 16-21.
6. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Многолетние исследования гидротермического режима агроценозов и системы комбинированного орошения для его регулирования. Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 2. С. 3-7.
7. Мелихов В. В. и др. Качество поверхностных вод и их влияние на экологическую устойчивость агроландшафтов. Известия НВ АУК. 2019. № 4 (56). С. 48-55.
8. Кружилин И. П. Мелиорация земель – необходимое условие высокого уровня развития сельскохозяйственного производства. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 1. С. 16-19.
9. Ламскова М. И., Новиков А. Е. Возможности и перспективы очистки сточных, оборотных и хозяйственно-бытовых вод природными алюмосиликатами. Известия Волгоградского государственного технического университета. 2014. № 1 (128). С. 77-80.
10. Манжина С. А., Власов М. В. Агроэкологическая оценка хозяйственно-бытовых сточных вод в целях их применения для орошения. Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 1. С. 132-149.
11. Манжина С. А. Основные стимулы для использования сточных вод в целях орошения: лучшие мировые практики. Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 2. С. 145-167.
12. Мещеряков М. П., Болотин Д. А., Веденеева В. А. Интенсификация биологических методов очистки животноводческих стоков при их использовании в мелиоративном земледелии. Известия НВ АУК. 2021. № 4 (64). С. 472-481.
13. Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство): Национальный доклад. М.: ООО «Изд-во МБА», 2021. Т. 3. 700 с.
14. Новиков А. Е., Ламскова М. И., Филимонов М. И. Оценка водных бассейнов Волгоградской области. Аграрный научный журнал. 2014. № 12. С. 26-29.
15. Овчинников А. С., Бочарников В. С., Денисова М. А. Технология очистки стоков птицеводческих предприятий с использованием природных сорбентов при добавлении ферритной суспензии. Известия НВ АУК. 2019. № 1 (53). С. 15-22.
16. Мелихов В. В. и др. Проектирование и расчёт систем дождевания и капельного орошения сельскохозяйственных культур. Волгоград: ООО «СФЕРА», 2017. 168 с.
17. Дугин Е. А. и др. Технология и блочно-модульная установка подготовки подземных вод для водоснабжения автономных объектов ЖКХ. Экология и водное хозяйство. 2019. № 2 (02). С. 22-34.
18. Тихонова М. К., Медведева Л. Н. Организация биосферного мониторинга на внутренних водоёмах юга России. Известия НВ АУК. 2022. № 4 (68). С. 523-534.
19. Новиков А. Е. Экологическая устойчивость орошаемых агроландшафтов Волго-Донского междуречья. Сельский механизатор. 2021. № 12. С. 24-25.
20. Ma L. et al. Assessing surface water quality for sustainable irrigation in Tarim Basin: a study in the summer irrigation period. Applied Water Science. 2024. V. 14. 171 p.
21. Kitila K. et al. Characterization and Mapping of Soil Salinity Status at Small-Scale Irrigation Farm: The Case of Fantale Irrigation Project Sites. International Journal of Science, Technology and Society. 2024. No 12 (3). Pp. 108-119.
22. Suresh S. Intersectoral Competition for Water Between Users and Uses in Tamil Nadu-India. Front. Earth Sci. 2021. No 9. P. 663198.

References

1. Analysis of the efficiency of filtration media in the deironing of water from underground water sources for drip irrigation systems. Izvestiya NV AUK. 2021. № 2 (62). Pp. 330-338.
2. Bezdina S. Y. Water Quality for Irrigation: Principles and Methods of Assessment. Moscow, Roma Publ., 1997. 185 p.
3. Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P., Denisova M. A. Study of sorption properties of sorbents using ferrite reagents in wastewater treatment. Izvestiya NV AUK. 2019. № 1 (53). Pp. 242-249.

4. Nikanorov A. M., et al. Dynamics of surface water quality in the south of Russia. *Water Management in Russia: Problems, Technologies, Management*. 2013. № 6. Pp. 57-72.
5. Dubenok N. N. Theoretical foundations of substantiation of complex land reclamation and management of reclamation regimes in agrolandscapes of the steppe and forest-steppe zone. *Scientific and Agronomic Journal*. 2023. № 4 (123). Pp. 16-21.
6. Dubenok N. N., Mayer A. V. Long-term Studies of the Hydrothermal Regime of Agrocenoses and Combined Irrigation Systems for Its Regulation. *Russian Agricultural Science*. 2022. № 2. Pp. 3-7.
7. Melikhov V. V., et al. Surface Water Quality and Their Impact on the Ecological Sustainability of Agrolandscapes. *Izvestiya NV AUK*. 2019. № 4 (56). Pp. 48-55.
8. Kruzhilin I. P. Land reclamation is a necessary condition for a high level of development of agricultural production. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2013. № 1. Pp. 16-19.
9. Lamskova M. I., Novikov A. E. Possibilities and Prospects for Wastewater Treatment, Circulating and Domestic Water Treatment by Natural Aluminosilicates. *Proceedings of the Volgograd State Technical University*. 2014. № 1 (128). Pp. 77-80.
10. Manzhina S. A., Vlasov M. V. Agroecological Assessment of Domestic Wastewater for Irrigation. *Land reclamation and hydraulic engineering*. 2023. V. 13. № 1. Pp. 132-149.
11. Manzhina S. A. Main incentives for the use of wastewater for irrigation: the best world practices. *Land reclamation and hydraulic engineering*. 2023. V. 13. № 2. Pp. 145-167.
12. Meshcheryakov M. P., Bolotin D. A., Vedeneeva V. A. Intensification of Biological Methods of Livestock Wastewater Treatment in Their Use in Reclamation Agriculture. *Izvestiya NV AUK*. 2021. № 4 (64). Pp. 472-481.
13. Global Climate and Soil Cover of Russia: Manifestations of Drought, Measures of Prevention, Control, Elimination of Consequences and Adaptation Measures (Agriculture and Forestry): National Report. Moscow: OOO "Izdvo MBA", 2021. V. 3. 700 p.
14. Novikov A. E., Lamskova M. I., Filimonov M. I. Assessment of water basins of the Volgograd region. *Agrarian Scientific Journal*. 2014. № 12. Pp. 26-29.
15. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Denisova M. A. Technology of Wastewater Treatment of Poultry Enterprises Using Natural Sorbents with the Addition of Ferritic Suspension. *Izvestiya NV AUK*. 2019. № 1 (53). Pp. 15-22.
16. Melikhov V. V. et al. Design and calculation of sprinkling and drip irrigation systems of agricultural crops. Volgograd: OOO "SFERA", 2017. 168 p.
17. Dugin E. A. et al. Technology and block-modular installation of underground water preparation for water supply of autonomous housing and communal services. *Ecology and water management*. 2019. № 2 (02). Pp. 22-34.
18. Tikhonova M. K., Medvedeva L. N. Organization of Biosphere Monitoring in Inland Waters of the South of Russia. *Izvestiya NV AUK*. 2022. № 4 (68). Pp. 523-534.
19. Novikov A. E. Ecological stability of irrigated agrolandscapes of the Volga-Don interfluvium. *Rural machine operator*. 2021. № 12. Pp. 24-25.
20. Ma L. et al. Assessing surface water quality for sustainable irrigation in Tarim Basin: a study in the summer irrigation period. *Applied Water Science*. 2024. V. 14. 171 p.
21. Kitila K. et al. Characterization and Mapping of Soil Salinity Status at Small-Scale Irrigation Farm: The Case of Fantale Irrigation Project Sites. *International Journal of Science, Technology and Society*. 2024. No 12 (3). Pp. 108-119.
22. Suresh S. Intersectoral Competition for Water Between Users and Uses in Tamil Nadu-India. *Front. Earth Sci*. 2021. No 9. P. 663198.

Информация об авторах

Новиков Андрей Евгеньевич, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, директор, ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГМ им. А.Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, д. 9); заведующий кафедрой «Процессы и аппараты химических и пищевых производств», ВолгГТУ (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28), ORCID: 0000-0002-8051-4786, e-mail: ae_novikov@mail.ru

Дубенок Николай Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева (Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), ORCID: 0000-0002-9059-9023, e-mail: ndubenok@rgau-msha.ru

Торопов Алексей Юрьевич, научный сотрудник, ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГМ им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, д. 9), ORCID: 0000-0002-8798-0296, e-mail: vnioz-algo@yandex.ru

Author's Information

Novikov Andrey Evgenievich, Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of RAS, Director, The All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture is a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov» (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev St., 9); Head of the Department "Processes and Devices of Chemical and Food Production", Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, Lenin Ave., 28), ORCID: 0000-0002-8051-4786, e-mail: ae_novikov@mail.ru

Dubenok Nikolay Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of RAS, Head of the Department of Agricultural Land Reclamation, Forestry and Land Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Timiryazev State Agrarian University" (Russian Federation, 127434, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), ORCID: 0000-0002-9059-9023, e-mail: ndubenok@rgau-msha.ru

Toropov Aleksey Yurievich, Researcher, The All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture is a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov» (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), ORCID: 0000-0002-8798-0296, e-mail: vnioz-algo@yandex.ru

**INVESTIGATION OF VERTICAL VELOCITY IN A HYDROCYCLONE CLARIFIER
OF THE IRRIGATION WATER**¹Degtyarev G. V., ¹Degtyareva O. G., ²Nikolov O. O., ¹Degtyarev V. G.¹Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin
Krasnodar, Russian Federation²Limited Liability Company "Design Expert Association "Engineering Center"
Krasnodar, Russian Federation

Corresponding author E-mail: cst2007@mail.ru

Received 23.08.2024

Submitted 01.11.2024

Abstract

Introduction. Food independence is an important indicator for the independence of the country as a whole. For the country's self-sufficiency, it is necessary to expand the agroindustry complex in territories that can be adapted for agricultural production. Process automation allows you to use large areas with lower operating costs. This process has not bypassed water treatment either. Automation of irrigation systems places increased demands on water quality. The work is devoted to the analysis in order to further optimize existing technical solutions for water treatment. This will make it possible to bring the water quality up to the requirements acceptable for irrigation systems. **Object.** The object of research is a complex system – a hydrocyclone clarifier, namely the hydrodynamic processes occurring in the apparatus, studied to optimize the design and technological parameters. **Materials and methods.** Modeling and investigation of the complex process of changing the vertical velocity was carried out in two stages. At the first stage, an experiment on a 170 mm diameter hydrocyclone clarifier was carried out using a numerical method based on the ParaView and OpenFOAM software package. The limit of the vertical velocity change at each point in the left and right parts of the device from the central axis is set at the set speed at the entrance to the device and in a limited section along the radius and a database in the form of a matrix is obtained. At the second stage, the obtained array of experimental data on velocity changes reflecting the physics of the processes occurring in the clarifying hydrocyclone when affecting the function was digitally analyzed to obtain dependencies and extremes of the function, as well as the effect of changes in process parameters on the response function, for which the vertical velocity in the clarifying hydrocyclone is assumed. **Results and conclusion.** During the experiment and digital analysis, it was found that in a 170 mm diameter hydrocyclone with a cross section of – 50 mm, during the transition from the cylindrical to the conical part, the vertical velocity varies in relative units from 2.0 to 4.0 m/s on the left side and from 4 to 2 m/s on the right side of the apparatus. At the same time, under certain conditions, there is a change in the flow movement, which is confirmed by a change of sign. Under certain conditions, the vertical velocity has zero values and extremes. The data on the change in vertical velocity in the hydrocyclone clarifiers depending on the velocity at the entrance to the apparatus at each point of the apparatus are summarized. These studies make it possible to model the optimal design and technological parameters of a hydrocyclone clarifier for given field conditions to bring water quality up to the requirements acceptable for irrigation.

Keywords: hydrocyclones-clarifiers, radial velocity, mathematical modeling, hydrodynamics of hydrocyclones.**Citation.** Degtyarev G. V., Degtyareva O. G., Nikolov O. O., Degtyarev V. G. Investigation of vertical velocity in a hydrocyclone clarifier of the irrigation water. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 321-331 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-35.**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 628.1

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКОРОСТИ В ГИДРОЦИКЛОНЕ-ОСВЕТИТЕЛЕ
ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ**¹Дегтярев Г. В., доктор технических наук, профессор¹Дегтярева О. Г., доктор технических наук, доцент²Николов О. О., главный инженер проекта¹Дегтярев В. Г., кандидат технических наук, доцент¹ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина
г. Краснодар, Российская Федерация²ООО ПЭО «Центр инжиниринг»
г. Краснодар, Российская Федерация**Актуальность.** Продовольственная независимость является важным показателем для независимости страны в целом. Для самообеспечения страны необходимо расширять агропромышленный комплекс на территориях, которые можно адаптировать под сельскохозяйственное производство. Автоматизация процессов позволяет задействовать большие площади при меньших эксплуатационных затратах.

тационных затратах. Этот процесс не обошел и водоподготовку. Автоматизация оросительных систем предъявляет повышенные требования к качеству воды. Работа посвящена анализу с целью последующей оптимизации существующих технических решений по водоподготовке, что позволит довести качество воды до требований приемлемых для оросительных систем. **Объект.** Объектом исследований является сложная система – гидроциклон-осветлитель, а именно гидродинамические процессы, происходящие в аппарате, изучаемые для оптимизации конструктивно-технологических параметров. **Материалы и методы.** Моделирование и исследование сложного процесса изменения вертикальной скорости осуществлено в два этапа. На первом этапе численным методом на базе комплекса программных продуктов ParaView и OpenFOAM был осуществлен эксперимент на гидроциклоне-осветлителе диаметром 170 мм, установлен предел изменения вертикальной скорости в каждой точке в левой и правой части аппарата от центральной оси при установленной скорости на входе в аппарат и в ограниченном сечении по радиусу и получена база данных в виде матрицы. На втором этапе полученный массив экспериментальных данных изменения скорости, отражающих физику происходящих процессов в гидроциклоне-осветлителе при влиянии на функцию был подвергнут цифровому анализу для получения зависимостей и экстремумов функции, а также влияния изменения параметров процесса на функцию отклика, за которую принята вертикальная скорость в гидроциклоне-осветлителе. **Результаты и выводы.** В ходе эксперимента и цифрового анализа установлено, что в гидроциклоне диаметром 170 мм на сечении – 50 мм при переходе из цилиндрической в коническую часть вертикальная скорость изменяется в относительных единицах от 2,0 до 4,0 м/с по левой стороне и от 4,0 до 2,0 м/с по правой стороне аппарата, при этом при определенных условиях происходит изменение движения потока, что подтверждается сменой знака. Также при определенных условиях вертикальная скорость имеет нулевые значения и экстремумы. Обобщены данные об изменении вертикальной скорости в гидроциклоне-осветлителе в зависимости от скорости на входе в аппарат в каждой точке аппарата. Данные исследования позволяют замоделировать оптимальные конструктивно-технологические параметры гидроциклона-осветлителя для заданных природных условий довести качество воды до требований приемлемых для орошения.

Ключевые слова: гидроциклоны-осветлители, радиальная скорость, математическое моделирование, гидродинамика гидроциклонов.

Цитирование. Дегтярев Г. В., Дегтярева О. Г., Николов О. О., Дегтярев В. Г. Исследование вертикальной скорости в гидроциклоне-осветлителе оросительной воды. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 321-331. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-35.

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 глобальных изменений климата и растущих потребностей человечества в продовольствии обеспечение сельского хозяйства достаточными объемами воды для орошения становится одной из ключевых задач. К сожалению, чистая пресная вода – это ограниченный ресурс и ее растрата на орошение традиционными способами является не только неэффективной, но и крайне затратной.

Существуют различные методы оптимизации водопользования в сельском хозяйстве. Один из них – это использование систем капельного орошения, которые значительно сокращают водные потери и обеспечивают более точное распределение влаги. Другой подход – это использование дождевальных установок, которые могут эффективно распределять воду. Но для перечисленных методов требуется именно чистая вода. Возникает вопрос как получить чистую оросительную воду для организации высокоэффективного орошения.

Стоит рассмотреть возможность очистки воды с использованием гидроциклонов-осветлителей оросительной воды [1]. Это решение имеет множество преимуществ, которые делают его привлекательным в условиях современного сельского хозяйства. При этом данные аппараты хорошо себя зарекомендовали и используются уже не одно десятилетие [2]. Их основное преимущество заключается в высокой эффективности и низких эксплуатационных расходах. В отличие от фильтрационных систем, которые требуют частой замены и очистки, гидроциклоны могут работать долгое время без вмешательства, что значительно снижает затраты на техническое обслуживание. Также стоит отметить, что гидроциклоны способны обрабатывать большие объемы воды, что делает их идеальными для использования в масштабных сельскохозяйственных проектах [3].

Использование гидроциклонов в гидромелиорации открывает новые горизонты для оптимизации водопользования в сельском хозяйстве [4]. Это решение не только обеспечивает эффективность орошения, но и позволяет более рационально использовать ресурсы, что крайне важно в условиях современной продовольственной безопасности [5].

Целью работы является обоснование конструктивно-технологических параметров гидроциклонов-осветлителей посредством детализированного исследования вертикальной скорости в значимых сечениях, а именно при переходе от цилиндрической к конической части аппарата, в технологии очистки воды для целей орошения.

Материалы и методы. Исследование вертикальной скорости является сложным процессом, в котором необходимо учитывать ряд основных факторов, влияющих и характеризующих этот процесс [6, 7]. При формировании математических моделей необходимо учитывать сложность объекта исследования, в том числе обусловленную нелинейностью поведения ряда факторов [8]. Что приводит к недостоверности при малом количестве экспериментов, в связи с этим необходимо многократно воспроизводить эксперимент и собирать большой объем экспериментальных данных, затрудняющих их обработку [9, 10]. Процесс усложняется еще и тем, что сложно осуществить замеры скоростей в гидроциклоне без моделирования в современных программных комплексах [11, 12]. Для анализа использовался программный продукт OpenFOAM, имитирующий физический процесс поведения жидкости в теле гидроциклона при помощи искусственной системы. Для чистоты эксперимента и точности воспроизведения аппарата, он был замоделирован в 3D виде с использованием программного продукта FreeCAD. Фотофиксация и сопоставление скоростей осуществлялась при помощи сетки, наложенной в системе Salome. За окончательную визуализацию отвечал программный комплекс ParaView.

Для исследования математическим анализом вертикальной скорости в теле гидроциклона была использована модель гидроциклона диаметром 170 мм с наложенной сеткой, изображенная на рисунке 1. Вертикальная скорость исследовалась в значимых для аппарата сечениях и в данном случае констатировалось ее изменение в сечении – 50 мм по конусу от перехода цилиндрической части в коническую по правой и левой стороне от оси отдельно. В результате имитации физического процесса изменения радиальной скорости в зависимости от скорости входящего потока $V_{вх} = 10, 15$ и 20 м/с получены визуализированные данные в виде растровых моделей, содержащих цветовые карты изменения скорости (рисунок 2).

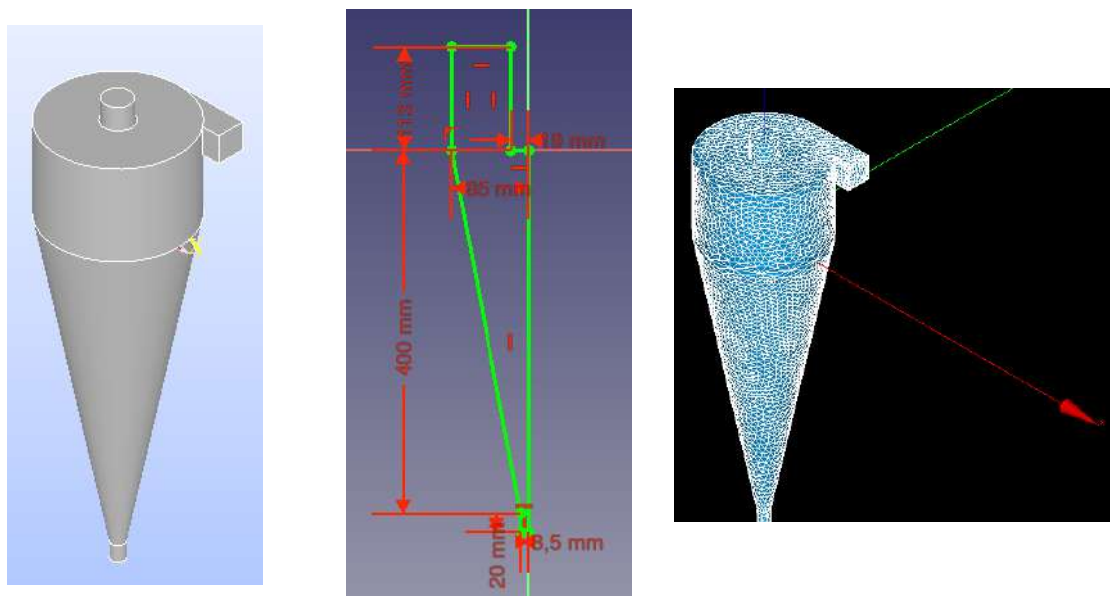


Рисунок 1 – Модель гидроциклона-осветлителя
Figure 1 – Model of a hydrocyclone clarifier

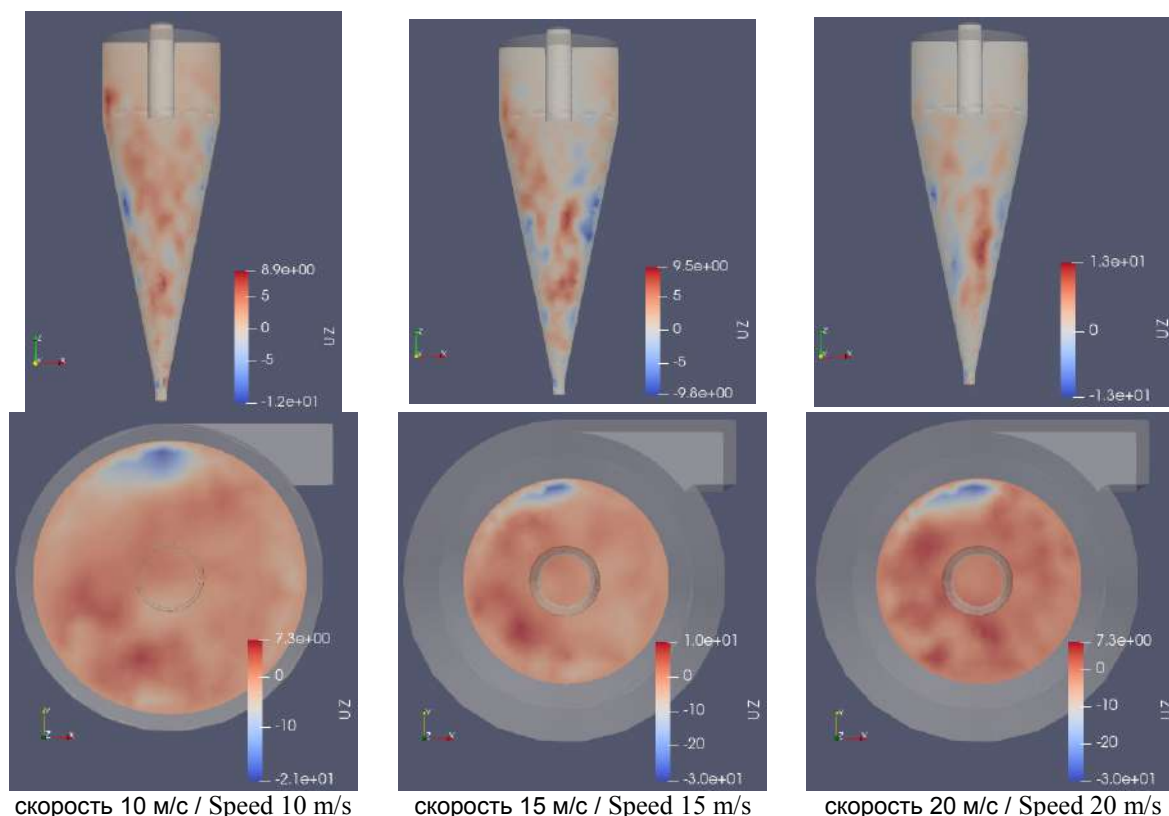


Рисунок 2 – Цветовые карты изменения вертикальной скорости в гидроциклоне
Figure 2 – Color maps of vertical velocity changes in a hydrocyclone

Для дальнейшего анализа использовались результаты экспериментов изменения вертикальной скорости в каждой точке по радиусу гидроциклона слева и справа от воздушного шнура в зависимости от скорости на входном патрубке. Проведенный с представленными факторами эксперимент позволил сформировать базу данных, фрагмент которой имеет следующий вид: $[-75,38; 10,00; 1,20], [-75,20; 10,00; 1,18], \dots [-1,53; 10,00; 2,05], [-1,35; 10,00; 2,03] \dots [-75,38; 15,00; -0,81], [-75,20; 15,00; -0,78], \dots [-1,35; 15,00; 1,44], [-1,18; 15,00; 1,46], \dots [-75,38; 20,00; 0,17], [-75,20; 20,00; 0,20], \dots [-1,35; 20,00; -0,20], [-1,18; 20,00; -0,19] \dots$

Данные приводятся в виде матрицы для удобства их использования в программе wxMaxima и вывода математических взаимосвязей посредством файла `s:squares_estimates`, представляющего нижеследующее: $(M, [x, y, z], z = a + b \cdot x + c \cdot y + d \cdot x \cdot y + e \cdot x^2 + f \cdot y^2, [a, b, c, d, e, f])$. Приведенное дало возможность получить нижеследующий вид математической модели вертикальной скорости (м/с) в правой части гидроциклона в зависимости от исследуемых факторов:

$$Z(x, y) = 6,84642 - 0,02942 \cdot x - 0,75974 \cdot y + 0,00752 \cdot x \cdot y - 0,00138 \cdot x^2 + 0,0182 \cdot y^2,$$

и в левой части:

$$Z(x, y) = 2,77919 - 0,12412 \cdot x - 0,21095 \cdot y - 0,00472 \cdot x \cdot y - 0,00244 \cdot x^2 - 0,00127 \cdot y^2.$$

Результаты и обсуждения. Реализованные численные исследования с применением многофункциональных программных комплексов позволили получить поверхности функции отклика изменения вертикальной скорости. Поверхности функции отклика по математической модели изменения скорости вертикальной в гидроциклоне диаметром 170 мм в сечении по конусу – 50 мм по левой и правой стороне от положения на радиусе и скорости входящего потока $V_{вх}$ (м/с) при одном тангенциальном входе представлены на рисунке 3.

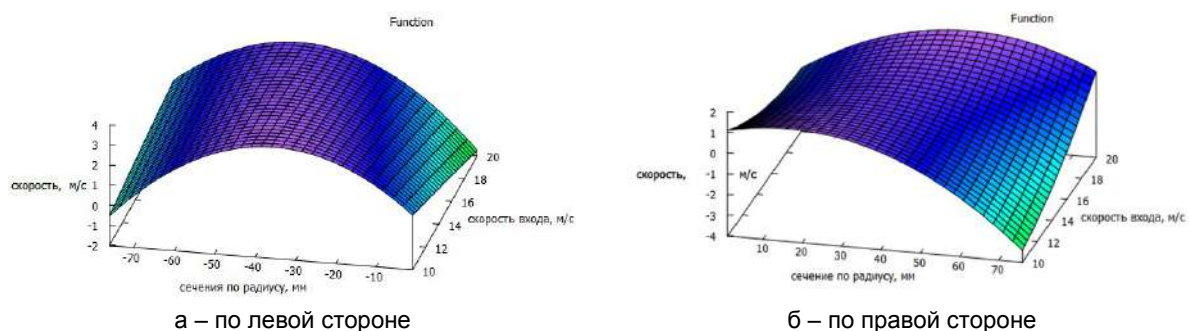


Рисунок 3 – Отклики вертикальных скоростей визуализированные по математическим моделям
Figure 3 – Vertical velocity responses visualized using mathematical models

В соответствии с целью исследований вначале по левой стороне аппарата, намечено выявить влияние радиуса гидроциклона, фиксируемого по оси ОХ и изменяющегося от -76 до -1 мм и входящей в аппарат скорости, варьируемой от 10 до 20 м/с, что привело к возможному изменению вертикальной скорости от -2 до $+4$ м/с. В связи с тем, что визуализированный математический образ выражен активно выгнутой поверхностью, можно однозначно утверждать о наличии экстремальных ситуаций, что подтвердится в дальнейшем анализе.

Изменение скорости в вертикальном направлении по правой стороне радиуса было рассмотрено в вышеуказанном порядке и позволило установить, что при изменении аргументов по оси ОХ в пределах от $76,0$ до $1,0$ мм и по оси ОУ при скоростях на входе в гидроциклон от 10 до 20 м/с, значения вертикальной скорости (м/с), то есть функция отклика, изменяются от $-4,0$ до $+2,0$ м/с. При этом поверхность отклика представляет собой сложно выгнутую плоскость, что указывает на наличие экстремальных значений в исследуемом диапазоне аргументов.

Дальнейшее исследование процесса изменения вертикальной скорости в гидроциклоне диаметром 170 мм в сечении по конусу -50 мм по левой и правой сторонам от положения на радиусе и скорости входящего потока $V_{вх}$ (м/с) при одном тангенциальном входе и исследуемых факторах требует от исследователя провести разрез уже полученных поверхностей отклика линиями одинаковых значений, которые точно отображают фактические значения исследуемых скоростей. Это можно выполнить с помощью файла contour plot в той же программе, как показано на рисунке 4.

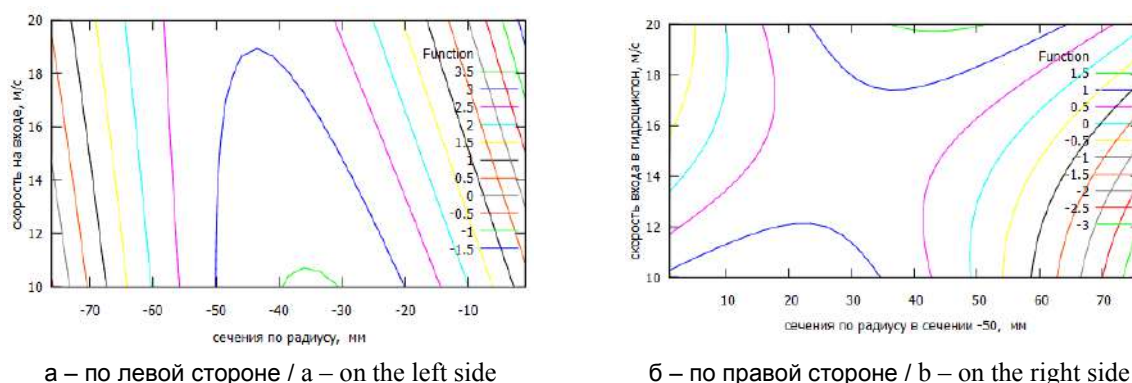


Рисунок 4 – Линии одинаковых отметок по визуализированной функции
Figure 4 – Lines of equal levels on the surface of the response function

Продолжая планомерное движение к реализации выше намеченной цели, а именно изучение поведения скорости вертикальной по правой стороне от положения на радиусе позволяет видеть, что при изменении аргументов по оси ОХ, в каждой точке по радиусу в гидроциклоне от $-76,0$ до $-1,0$ мм, а также по оси ОУ, скорости на входе в гидроциклон от

10 до 20 м/с, значения вертикальной скорости (м/с), то есть функция отклика, изменяется от $-1,5$ до $+3,5$ м/с. В то же самое время приведенная визуализация линий одинаковых отметок утвердила предположение наличия экстремумов по функциям.

В свою очередь изучение, детализирующее линий одинаковых отметок по визуализированной функции при тех же параметрах функции отклика, позволяет видеть ее изменение от $-3,0$ до $1,5$ м/с по уточненным данным. При этом явно подтвердилось предположение, что функция отклика обладает экстремальными значениями в исследуемом диапазоне аргументов.

В рамках нашего исследования мы подробно изучили математическую модель изменения вертикальной скорости в гидроциклоне-осветлителе с диаметром 170 мм, сосредоточившись на сечении у основания конуса, расположенного на 50 мм от перехода между цилиндрической и конической частями. Мы рассмотрели этот процесс как с правой, так и с левой стороны относительно оси, используя один тангенциальный вход. Исследование предполагает, что каждый аргумент будет выводиться на стабилизированные уровни. Начнем с того, что установим постоянные уровни скорости на входе в устройство, используя следующие функции: $F_1(x; 10)$, $F_2(x; 15)$, и $F_3(x; 20)$.

Анализ по левой стороне $F_1(x; 10)$; $F_2(x; 15)$; $F_3(x; 20)$ позволил получить следующие упрощенные уравнения:

$$F_1(x; 10) = -0,00244 \cdot x^2 - 0,17132 \cdot x + 0,54269;$$

$$F_2(x; 15) = -0,00244 \cdot x^2 - 0,19492 \cdot x - 0,67081;$$

$$F_3(x; 20) = -0,00244 \cdot x^2 - 0,21852 \cdot x - 1,94781.$$

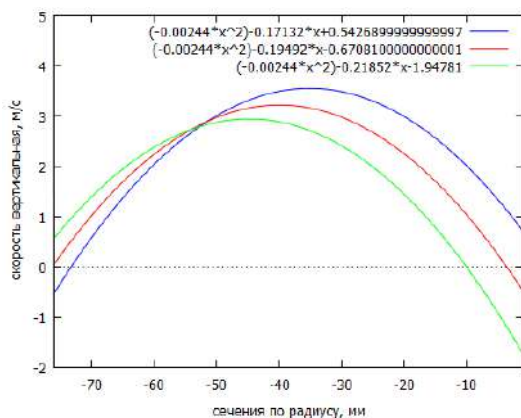
Анализ функции отклика при постоянной скорости на входе в аппарат по правой стороне $F_1(x; 10)$; $F_2(x; 15)$; $F_3(x; 20)$ позволил получить нижеследующие упрощенные уравнения:

$$F_1(x; 10) = -0,00138 \cdot x^2 + 0,04578 \cdot x + 1,06902;$$

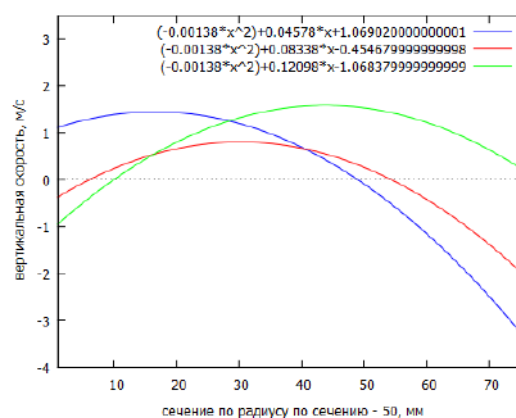
$$F_2(x; 15) = -0,00138 \cdot x^2 + 0,08338 \cdot x - 0,45468;$$

$$F_3(x; 20) = -0,00138 \cdot x^2 + 0,12098 \cdot x - 1,06838.$$

Графическая интерпретация уравнений представлена на рисунке 5.



а – по левой стороне / a – on the left side



б – по правой стороне / b – on the right side

Рисунок 5 – Параметры вертикальной скорости (м/с) внутри аппарата при одинаковых входных скоростях $F_1(x; 10)$; $F_2(x; 15)$; $F_3(x; 20)$

Figure 5 – Vertical velocity parameters (m/s) inside the device at the same input speeds $F_1(x; 10)$; $F_2(x; 15)$; $F_3(x; 20)$

Прежде всего необходимо отметить, что связь между функцией отклика, то есть вертикальной скоростью и аргументами, а именно сечением по радиусу в гидроциклоне при любой постоянной скорости на входе в аппарат по левой и правой сторонам имеет экстремумы только положительные во всем диапазоне изменения постоянных скоростей на входе в аппарат.

Анализ математической модели, в том числе детализированный по левой стороне:

– при стабильном входящем потоке в гидроциклон $F_1(x; 10)$, максимальная скорость 3,54 м/с достигнута на радиусе – 34,58 мм. Вертикальная скорость на исследуемом расстоянии – 1 мм возносится до наибольшего значения +0,71 м/с. Однако дальнейшее развитие процесса переводит скорость в разряд отрицательных при значении – 0,53 м/с. Смена знака скорости с – на + предполагает переход через нулевое значение при положении – 73,22 мм.

– исследуя входной параметр при состоянии $F_2(x; 15)$ отмечаем наибольшее значения +3,22 м/с при расстоянии по сечению – 40,28 мм. В сечении – 1,0 мм вертикальная скорость меняет направление и составляет – 0,50 м/с, но не достигает максимума во всем диапазоне. Достигнув по радиусу значения – 76 мм функция изменит знак и станет равной +0,03 м/с, при этом, естественно, при смене знака произойдёт пересечение нулевой отметки, что реализуется в точке на радиусе со значением – 3,56 мм.

– при средних постоянных скоростях на входе в аппарат $F_3(x; 20)$ позволяет фиксировать экстремальное значение функции по максимуму равному +2,94 м/с при сечении по радиусу равному – 44,93 мм. При сечении – 1,0 мм значение вертикальной скорости меняет направление и переходит к отрицательным значениям и становится равным – 1,74 мм/с, и это наибольшее отрицательное значение скорости для данного сечения. В сечении аппарата – 76 мм направление вертикальной скорости меняется, значение становится положительным и равным +0,56 м/с и это наибольшее положительное значение для данного сечения. Нулевое значение функции фиксируется в сечении по радиусу равному – 9,97 мм.

Анализ математической модели, в том числе детализированный по правой стороне:

– при минимально стабильной скорости на входе в устройство $F_1(x; 10)$ фиксируется экстремальное значение функции по максимуму, равное +1,45 м/с при радиусе сечения 16,52 мм. При радиусе сечения +1,0 мм вертикальная скорость будет равна 1,10 м/с, что является максимальным положительным значением скорости для данного сечения. При расстоянии по диаметру равному 76 мм, то есть у стенки аппарата вертикальная скорость меняет направление и значение равно – 3,43 м/с и это наибольшее отрицательное значение скорости для данного сечения. Нулевое значение функции фиксируется в сечении по радиусу равному 49,70 мм;

– при средней постоянной скорости на входе в аппарат $F_2(x; 15)$ позволяет фиксировать экстремальное значение функции равное 0,80 м/с в сечении по радиусу +30,08 мм. Около оси аппарата при расстоянии по радиусу равному 1,0 мм направление вертикальной скорости меняется и значение становится равным – 0,40 м/с. При расстоянии по радиусу равному 76 мм, то есть у стенки аппарата вертикальная скорость значительно увеличивается и соответствует – 2,10 м/с. Нулевые значения функции фиксируются в двух сечениях по радиусу равных +6,13 и 54,49 мм;

– при наибольшей постоянной скорости на входе в аппарат $F_3(x; 20)$ позволяет фиксировать экстремальное значение функции равное 1,58 м/с в сечении по радиусу +44,76 мм. Около оси аппарата при расстоянии по диаметру равному 1,0 мм направление вертикальной скорости меняется и значение становится равным – 0,96 м/с – это наименьшее отрицательное значение скорости для данного сечения. При расстоянии по радиусу равному 76 мм, то есть у стенки аппарата вертикальная скорость снова меняет направление и незначительно уменьшается, и соответствует значению +0,14 м/с и это наибольшее положительное значение скорости для данного сечения. Нулевое значение функции фиксируется в сечении по радиусу равному 10,02 мм.

Далее осуществим установку на постоянные уровни расстояния по радиусу аппарата и воспользовавшись файлом plot 2d ($[F_1(x), F_2(x), F_3(x)]$), при следующих аргументах $F_1(x; -76)$; $F_2(x; -37,5)$; $F_3(x; -1)$, а [x label, скорость на входе в гидроциклон, м/с], [y label, радиальная скорость, м/с], получили следующие упрощенные уравнения по левой стороне аппарата:

$$F_1(-76; y) = -0,00127 \cdot y^2 + 0,14777 \cdot y - 1,88113;$$

$$F_2(-37,5; y) = -0,00127 \cdot y^2 - 0,03395 \cdot y + 4,00244;$$

$$F_3(-1; y) = -0,00127 \cdot y^2 - 0,20623 \cdot y + 2,90087.$$

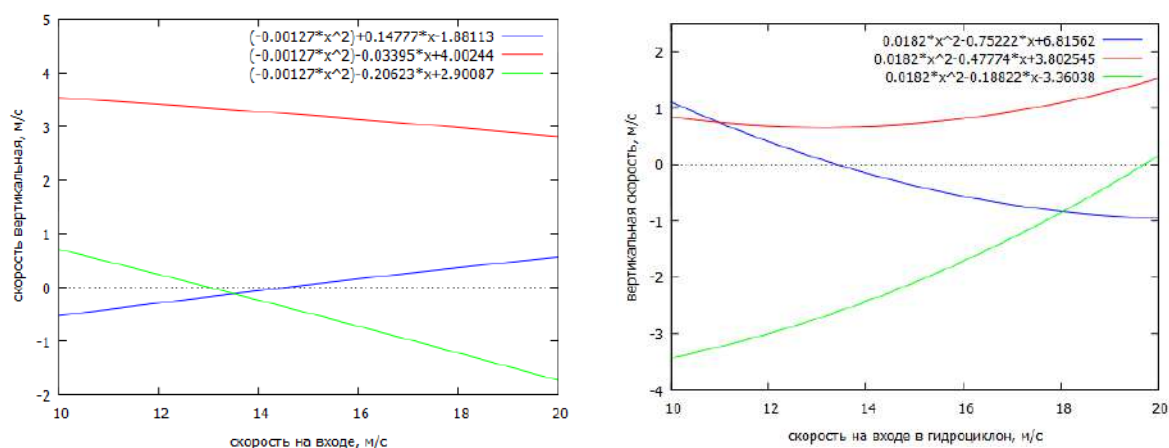
Осуществив установку на постоянные уровни расстояния по радиусу аппарата и воспользовавшись файлом plot 2d ($F_1(x)$, $F_2(x)$, $F_3(x)$), при следующих аргументах $F_1(x; 76)$; $F_2(x; 37,5)$; $F_3(x; 1)$, а [x label, скорость на входе в гидроциклон, м/с], [y label, радиальная скорость, м/с], получили следующие упрощенные уравнения по правой стороне аппарата:

$$F_1(76; y) = 0,0182 \cdot y^2 - 0,18822 \cdot y - 3,36038;$$

$$F_2(37,5; y) = 0,0182 \cdot y^2 - 0,47774 \cdot y + 3,802545;$$

$$F_3(1; y) = 0,0182 \cdot y^2 - 0,75222 \cdot y + 6,81562.$$

Графическая интерпретация уравнений представлена на рисунке 6.



а – по левой стороне / a – on the left side

б – по правой стороне / b – on the right side

Рисунок 6 – Значения изменения вертикальной скорости (м/с) в гидроциклон при постоянных расстояниях по радиусу аппарата $F_1(x; -76/76)$; $F_2(x; -37,5/37,5)$; $F_3(x; -1/1)$

Figure 6 – The values of the change in vertical velocity (m/s) in a hydrocyclone at constant distances along the radius of the device $F_1(x; -76/76)$; $F_2(x; -37,5/37,5)$; $F_3(x; -1/1)$

Установлено, что изменение вертикальной скорости в правой и левой части гидроциклона существенно отличаются. Связь между функцией отклика в левой части аппарата при любых постоянных расстояниях по радиусу $F_1(x; -76)$; $F_2(x; -37,5)$; $F_3(x; -1)$ всегда практически линейная, а в правой части аппарата при постоянных расстояниях по радиусу $F_1(x; 76)$; $F_2(x; 37,5)$; $F_3(x; 1)$ в сечении по конусу 50 мм в гидроциклоне диаметром 170 мм функция отклика имеет каждый раз разнонаправленные конечные результаты.

Анализ математической модели, функции отклика и графической интерпретации вертикальной скорости по левой стороне позволяет констатировать, что:

- когда радиус установки $F_1(x; -76)$ максимально приближен к стенке и входная скорость в гидроциклон составляет 10 м/с, вертикальная скорость достигает $V_{\text{вер}} = -0,54$ м/с. При увеличении скорости на входе до 20 м/с направление вертикальной скорости меняется, однако ее величина остается в сходном диапазоне, равняясь примерно $V_{\text{вер}} = +0,57$ м/с. Нулевое значение этой функции наблюдается при входной скорости, достигающей 14,68 м/с;

- при $F_2(x; -37,5)$, $V_{\text{вх}} = 10$ м/с – $V_{\text{вер max}} = +3,52$ м/с, при $V_{\text{вх}} = 20$ м/с, вертикальная скорость будет снижаться и достигнет значения равного $V_{\text{вер}} = +2,81$ м/с и это наибольшее положительное значение вертикальной скорости для данного сечения;

- при наименьшем постоянном расстоянии по радиусу аппарата $F_3(x; -1)$, то есть ближайшему к воздушному шнуру при скорости на входе в гидроциклон равной 10 м/с значение вертикальной скорости будет равно $V_{\text{вер}} = +0,70$ м/с, при скорости на входе в гидроциклон 20 м/с значение вертикальной скорости значительно увеличивается, но меняет направление и составляет $V_{\text{вер}} = -1,73$ м/с – это наименьшее отрицательное значение вертикальной скорости для данного сечения. Нулевое значение функции фиксируется при скорости на входе в гидроциклон равной 13,01 м/с.

Анализ математической модели, функции отклика и графической интерпретации вертикальной скорости по правой стороне позволяет констатировать, что:

– при максимальном постоянном радиусе гидроциклона $F_1(x; 76)$, то есть вблизи его стенки, вертикальная скорость постоянно стремится сменить знак от самого большого отрицательного значения $V_{\text{вер}} = -3,44$ м/с (при входной скорости 10 м/с) до положительного значения $V_{\text{вер}} = +0,15$ м/с (при входной скорости 20 м/с). Вертикальная составляющая скорости становится равной нулю при первоначальной скорости 19,74 м/с;

– при постоянном среднем радиусе устройства $F_2(x; 37,5)$ наибольшее снижение вертикальной скорости до значения $V_{\text{вер}} = +0,66$ м/с достигается при скорости подачи в гидроциклон, равной 12,87 м/с. Если же скорость подачи в гидроциклон равна 10 м/с, вертикальная скорость несколько возрастает до значения $V_{\text{вер}} = 0,84$ м/с. А при возведении параметра ввода до наибольшего значения 20 м/с, исследуемая функция стремится практически к удвоению показателей дойдя до $V_{\text{вер}} = +1,54$ м/с;

– при минимальном фиксированном радиальном расстоянии прибора $F_3(x; -1)$, вертикальная скорость в сечении, находящемся около центральной оси, постепенно изменяется от своего максимального положительного значения $V_{\text{вер}} = +1,13$ м/с (что соответствует входной скорости 10 м/с) до наибольшего отрицательного значения $V_{\text{вер}} = -0,95$ м/с (при входной скорости 20 м/с). Вертикальная скорость становится нулевой при входной скорости 13,42 м/с;

– при радиусе на устройстве $F_3(x; -1)$, исследуемый в сечении параметр, близок к оси аппарата и постепенно изменяется от своего максимального положительного значения $V_{\text{вер}} = +1,13$ м/с (при $V_{\text{вх}} = 10$ м/с), до максимального отрицательного значения $V_{\text{вер}} = -0,95$ м/с (при $V_{\text{вх}} = 20$ м/с). Смена знака скорости с + на – предполагает переход через нулевое значение при входном параметре – 13,42 м/с.

Заключение. В результате проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1. Информация о изменении вертикальной скорости и гидродинамических процессах поможет усовершенствовать конструктивно-технологические параметры гидроциклона-осветлителя для реальных условий эксплуатации.

2. Анализ поверхности функции отклика по математической модели изменения вертикальной скорости позволяет констатировать, что по левой стороне она изменяется от $-2,0$ до $+4,0$ м/с, а по правой стороне – от $-4,0$ до $+2,0$ м/с, при этом имеются экстремальные значения.

3. Анализ линий равных уровней по левой и правой стороне позволил констатировать изменение скорости $-1,5$ до $+3,5$ м/с и от $-3,0$ до $+1,5$ м/с. При этом также подтвердилось наличие экстремальных значений в исследуемом диапазоне аргументов.

4. Смена знаков экстремумов по функции требует дальнейшего изучения процессов гидродинамики в аппарате с учетом компонентов тангенциальной и радиальной скоростей в совокупности.

Conclusions. As a result of the research, the following conclusions can be drawn:

1. Information on changes in vertical velocity and hydrodynamic processes can help improve the design and technological parameters of the hydro-cyclone clarifier for real-world operational conditions.

2. The analysis of the response surface function from the mathematical model of vertical velocity change shows that on the left side, it varies from -2.0 to $+4.0$ m/s, and on the right side, from -4.0 to $+2.0$ m/s. There are factor combinations that lead to extreme values.

3. The analysis of contour lines for the response function on both sides provided refined data on vertical velocity change, with actual changes ranging from -1.5 to $+3.5$ m/s on the left, and from -3.0 to $+1.5$ m/s on the right. This also confirmed the presence of extreme values within the examined range.

4. The change in signs of the extremes in the function requires further study of hydrodynamic processes in the device, considering the components of tangential and radial velocities together.

Библиографический список

1. Лагуткин М. Г., Баранова Е. Ю., Пигарев В. М. Очистка оборотной воды от механических примесей в цилиндрикоконических гидроциклонах с приемным бункером. Безопасность труда в промышленности. 2013. № 3. С. 24-28.

2. Ламскова М. И. и др. Оптимизация конструктивно-режимных параметров гидроциклона с учетом натурных исследований. Природообустройство. 2020. № 4. С. 61-67.

3. Голованчиков А. Б. и др. Моделирование процессов разделения неоднородных жидкостных систем в гидроциклоне с учётом критериев подобию. Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2018. № 2. С. 34-38.

4. Дегтярев Г. В., Свистунов Ю. А. Характеристики низконапорных гидроциклонов - осветлителей воды НГО-1 и НГО-2. Мелиорация и водное хозяйство. 2006. № 3. С. 34-35.
5. Ламскова М. И. и др. Разработка двухкамерного гидроциклона для узлов водоподготовки оросительных систем. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 3 (79). С. 104-109.
6. Ламскова М. И., Филимонов М. И., Новиков А. Е. Использование закрученных потоков и сорбционных эффектов при водоочистке в низконапорных оросительных системах с локальной подачей. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 4 (24). С. 189-201.
7. Дегтярев Г. В. Сравнительный анализ процессов в низконапорных гидроциклонах-осветлителях различных модификаций. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2006. № 6. С. 115-118.
8. Yablonskiy V. O. Modeling of Viscoplastic Fluids Separation in a Cylindroconical Hydrocyclone by Pressure Flotation. Chemical and Petroleum Engineering. 2023. Vol. 59. No. 3-4. Pp. 191-197.
9. Дегтярев Г. В. Статистические математические модели процессов в низконапорных гидроциклонах в зависимости от конструктивных и технологических факторов. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2006. № 3. С. 202-212.
10. Yablonskiy V. O. Modeling the Effect of Design Parameters of a Cylindrical Hydrocyclone on Flotation Cleaning Performance of Viscoplastic Fluids. Chemical and Petroleum Engineering. 2023. Vol. 58. No. 9-10. Pp. 831-838.
11. Епутаев Г. А., Данилова М. Г., Варламов Б. С. Траектории движения магнитных частиц в дисковом сепараторе при мокром обогащении железосодержащих материалов. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № S16. С. 529-537.
12. Лагуткин М. Г., Михальченкова А. Н., Бутрин М. М. Смешение пенообразующих жидкостей в гидроциклонах. Безопасность труда в промышленности. 2016. № 9. С. 26-32.

References

1. Lagutkin M. G., Baranova E. Yu., Pigarev V. M. Treatment of Recycled Water from Mechanical Impurities in Cylindrical-Conical Hydrocyclones with a Receiving Hopper. Occupational safety in industry. 2013. № 3. Pp. 24-28.
2. Lamskova M. I. et al. Optimization of the Hydrocyclone Design and Regime Parameters Taking into Account Field Studies. Environmental Engineering. 2020. № 4. Pp. 61-67.
3. Modeling of Separation Processes of Inhomogeneous Fluid Systems in a Hydrocyclone Taking into Account Similarity Criteria. Chemical and oil and gas engineering. 2018. № 2. Pp. 34-38.
4. Degtyarev G. V., Svistunov Y. A. Characteristics of low-pressure hydrocyclones - water clarifiers NGO-1 and NGO-2. Land reclamation and water management. 2006. № 3. Pp. 34-35.
5. Lamskova M. I. et al. Development of a two-chamber hydrocyclone for water treatment units of irrigation systems. Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2020. № 3 (79). Pp. 104-109.
6. Lamskova M. I., Filimonov M. I., Novikov A. E. Use of swirling flows and sorption effects in water treatment in low-pressure irrigation systems with local supply. Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2016. № 4 (24). Pp. 189-201.
7. Degtyarev G. V. Comparative analysis of processes in low-pressure hydrocyclones-clarifications of various modifications. Proceedings of Higher Educational Institutions. North Caucasus region. Technical Sciences. 2006. № 6. Pp. 115-118.
8. Yablonskiy V. O. Modeling of Viscoplastic Fluids Separation in a Cylindroconical Hydrocyclone by Pressure Flotation. Chemical and Petroleum Engineering. 2023. Vol. 59. No. 3-4. Pp. 191-197.
9. Degtyarev G. V. Statistical Mathematical Models of Processes in Low-Pressure Hydrocyclones Depending on Design and Technological Factors. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2006. № 3. Pp. 202-212.
10. Yablonskiy V. O. Modeling the Effect of Design Parameters of a Cylindrical Hydrocyclone on Flotation Cleaning Performance of Viscoplastic Fluids. Chemical and Petroleum Engineering. 2023. Vol. 58. No. 9-10. Pp. 831-838.
11. Eputaev G. A., Danilova M. G., Varlamov B. S. Magnetic Particle Motion Trajectories in a Disc Separator at Wet Enrichment of Iron-Containing Materials. Mining Information and Analytical Bulletin. 2009. № S16. Pp. 529-537.
12. Lagutkin M. G., Mikhachenkova A. N., Butrin M. M. Mixing of foaming liquids in hydrocyclones. Occupational safety in industry. 2016. № 9. Pp. 26-32.

Информация об авторах

Дегтярев Георгий Владимирович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), e-mail: degtyarev.g.v@mail.ru

Дегтярева Ольга Георгиевна, доктор технических наук, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), e-mail: marhotgeo@mail.ru

Николов Олег Олегович, главный инженер проектов ООО ПЭО «Центр инжиниринг» (Российская Федерация, 350089, г. Краснодар, ул. им. генерала И.Л. Шифрина, 1/1, к. 21), e-mail: eltsen2020@gmail.com

Дегтярев Владимир Георгиевич, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), e-mail: cst2007@mail.ru

Author's Information

Degtyarev Georgy Vladimirovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin str., 13), e-mail: degtyarev.g.v@mail.ru

Degtyareva Olga Georgievna, Doctor of Engineering Sciences, Head of the Department, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin str., 13), e-mail: marxotgeo@mail.ru
Nikolov Oleg Olegovich, Chief Project Engineer, Limited Liability Company "Design Expert Association "Engineering Center" (Russian Federation, 350089, Krasnodar, General I. L. Shifrin str., 1/1, room 21), e-mail: eltsen2020@gmail.com
Degtyarev Vladimir Georgievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin str., 13), e-mail: cst2007@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-36

OPTIMIZATION OF LITTERLESS MANURE DISINFECTION PARAMETERS DURING ITS DISPOSAL

^{1,2}Limarenko N. V., ¹Uspensky I. A., ¹Yukhin I. A., ¹Mitrokhin S. V., ¹Barinova E. V.,
¹Odinokova A. P.

¹Ryazan Agrotechnological University named after P. A. Kostychev

Ryazan, Russian Federation

²Don State Technical University

Rostov-on-Don, Russian Federation

Corresponding author E-mail: limarenkodstu@yandex.ru

Received 11.10.2024

Submitted 14.11.2024

The study was carried out within the framework of the State Task of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on the topic: "Development of a digital platform for increasing energy efficiency in the disinfection of bespodstyl manure"

Summary

The study was carried out within the framework of the State Assignment of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on the topic: "Development of a digital platform for increasing energy efficiency in the disinfection of bedding-free manure".

Abstract

Introduction. Since 2019, the departmental project "Digital Agriculture" has been implemented in Russia. It has been proven that the creation and implementation of digital products aimed at increasing energy efficiency in the disinfection of organic waste is a relevant and significant area for science and practice. A special place in the functionality of the created software is given to algorithms for finding optimal parameters for given conditions. The development of this software is an iterative task and requires a significant empirical base. The computing core of these algorithms is often based on statistical models with the help of which it is possible to simulate the effectiveness of a particular operation. The purpose of the study is to obtain the parameters of the disinfection operation by the combined physicochemical action of hydrogen peroxide and mechanical vibrations at an ultrasound frequency that provide the minimum permissible value of specific energy capacity under the imposed sanitary and bacteriological restrictions. **Object.** The object of this study is the optimization of the parameters of the operation of disinfection of pig litterless manure and wastewater in an ultrasonic bath by solving the optimization problem using the existing statistical model. The study is based on the analysis of previous developments, scientific research and international experience in this area. **Materials and methods.** The study is based on mathematical optimization methods, principles of assessing the specific energy capacity of technical means, and the use of applied software products. Specific energy capacity was adopted as the target function, the exposure time, the ambient temperature in the working chamber, and the concentration of hydrogen peroxide were adopted as variable factors. The number of helminth eggs and larvae and the number of cysts of intestinal pathogenic protozoa per 100 ml were used as limitations. The number of parameters selected as limitations was assessed using laboratory methods in an accredited laboratory. **Results and conclusion.** As a result of solving the optimization problem, optimal parameters of the operation were obtained, ensuring compliance with sanitary and epidemiological requirements with the minimum permissible energy costs. The obtained data allow us to move on to the next stage of creating a digital platform.

Keywords: pig manure, manure disinfection, manure utilization, manure disinfection process parameters.

Citation. Limarenko N. V., Uspensky I. A., Yukhin I. A., Mitrokhin S. V., Barinova E. V., Odinokova A. P. Optimization of litterless manure disinfection parameters during its disposal. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 331-340 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-36.

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 and approved the presentation.

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

УДК 636.08

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА
ПРИ ЕГО УТИЛИЗАЦИИ**^{1,2}Лимаренко Н. В., доктор технических наук, профессор¹Успенский И. А., доктор технических наук, профессор¹Юхин И. А., доктор технических наук, профессор¹Митрохин С. В., аспирант¹Баринаева Е. В., аспирант¹Одинокова А. П., аспирант¹ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева
г. Рязань, Российская Федерация²ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Исследование выполнено в рамках Госзадания Министерства сельского хозяйства Российской Федерации на тему: «Разработка цифровой платформы повышения энергетической эффективности при обеззараживании бесподстилочного навоза»

Актуальность. С 2019 г. в России реализуется ведомственный проект "Цифровое сельское хозяйство". Доказано, что создание и внедрение цифровых продуктов, направленных на повышение энергетической эффективности при обеззараживании органических отходов, является актуальным и значимым направлением для науки и практики. Особое место в функционале создаваемого программного обеспечения отводится алгоритмам поиска оптимальных для заданных условий параметров. Разработка данного программного обеспечения является итерационной задачей и требует значительной эмпирической базы. В основе вычислительного ядра данных алгоритмов зачастую лежат статистические модели, с помощью которых возможно моделирование эффективности той или иной операции. Цель исследования – получение параметров операции обеззараживания комбинированным физико-химическим воздействием пероксида водорода и механических колебаний на частоте ультразвука, обеспечивающих минимально допустимое значение удельной энергоёмкости при предъявляемых санитарно-бактериологических ограничениях. **Объект.** Объектом данного исследования является оптимизация параметров операции обеззараживания свиного бесподстилочного навоза и стоков в ультразвуковой ванне путём решения оптимизационной задачи по имеющейся статистической модели. Исследование основывается на анализе предыдущих работ, научных изысканиях и международном опыте в данной области. **Материалы и методы.** Исследование базируется на методах математической оптимизации, принципах оценки удельной энергоёмкости технических средств, а также использовании прикладных программных продуктов. В качестве целевой функции была принята удельная энергоёмкость, варьируемыми факторами приняты продолжительность экспозиции, температура среды в рабочей камере, концентрация пероксида водорода. Ограничениями число яиц и личинок гельминтов и число цист кишечных патогенных простейших на 100 мл. Оценка числа параметров, выбранных в качестве ограничений, осуществлялась лабораторными методами в аккредитованной лаборатории. **Результаты и выводы.** В результате решения оптимизационной задачи были получены оптимальные параметры операции, обеспечивающие соблюдение санитарно-эпидемиологических требований при минимально допустимых затратах энергии. Полученные данные позволяют перейти к последующему этапу создания цифровой платформы.

Ключевые слова: свиной бесподстилочный навоз, обеззараживание навоза, утилизация навоза, параметры процесса обеззараживания навоза.

Цитирование. Лимаренко Н. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Митрохин С. В., Баринаева Е. В., Одинокова А. П. Оптимизация параметров обеззараживания бесподстилочного навоза при его утилизации. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 331-340. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-36.

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. Сельское хозяйство является одной из ведущих отраслей народного хозяйства, поскольку обеспечивает продовольственные запасы страны, параллельно выступая как загрязнитель окружающей среды. Известно, что вред экологии причиняет такая отрасль сельского хозяйства, как животноводство. Отходы животноводства наносят существенный ущерб природе, выступая источником негативного воздействия по всем направ-

лениям: воздух, подземные и поверхностные воды, почва. Согласно обзору мировых практик^{1,2,3}, в сфере законодательства, регламентирующего права человека в области экологической безопасности, можно сделать вывод, что благоприятная окружающая среда с достоверной информацией о её состоянии является общим приоритетом. Изменение климата, глобальные экологические проблемы, сложившаяся экологическая ситуация в результате высокого уровня антропогенного воздействия на природную среду, последствия прошлой экономической деятельности напрямую затрагивают интересы Российской Федерации и её граждан. С целью сохранения благоприятной окружающей среды для удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений Президентом РФ 30 апреля 2012 г. утверждается Государственная политика в области экологического развития России на период до 2030 года⁴, определяющая основные задачи политики государства в области экологического развития. В рамках реализации данной политики запускается в работу крупномасштабный механизм модернизации законодательной базы РФ. Происходит внесение поправок в действующее законодательство, а также принятие новых законодательных документов. Одним из таких документов является Указ Президента РФ от 8 февраля 2021 г. N 76 "О мерах по реализации государственной научно-технической политики в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений" на период 2021-2030 гг. Новая законодательная база даёт представление о том, что экологизация сельского хозяйства с внедрением в неё перспективных научно-технических разработок, современных IT-продуктов является одним из приоритетных направлений в политике России по охране окружающей среды [1, 2]. Следовательно, в рамках реализации Государственной экологической политики страны деятельность с отходами животноводства должна сопровождаться разработкой производительных, энергоэффективных и экологически безопасных технических средств.

Среди отходов животноводства максимальную опасность для окружающей среды представляет свиной навоз [1-4]. Составляющими свиного навоза являются тяжёлые металлы, представляющие слабоизученные компоненты с присутствием патогенной микрофлоры. Прикладная значимость данного вопроса подтверждается его регулярным освещением прессой и интернет-изданиями. Обеззараживание свиного навоза является наиболее ресурсозатратной частью процесса деятельности по обращению с отходами свиноводства и подвергается государственному контролю [5-8]. С 1 марта 2023 г., в соответствии с ФЗ от 14 июля 2022 г. № 248-ФЗ "О побочных продуктах животноводства и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации", навоз, а в частности и свиной навоз, отнесен к статусу побочных продуктов животноводства. Закон регламентирует всю цепочку обращения таких продуктов: хранение, обработку, переработку, транспортировку, реализацию и использование в сельхозпроизводстве. С момента начала действия данного закона все жесткие требования экологического законодательства к свиному навозу как к отходу уже неприменимы. С одной стороны, это можно рассматривать как послабление законодательства, но с другой стороны, позволяет сделать весь процесс по обращению со свиным навозом максимально прозрачным для контролирующих органов и в случае выявления нарушений перевести свиной навоз обратно в статус отхода с применением жесточайших мер наказания за нарушение природоохранного законодательства, что является стимулом для сельхозпроизводителей по поиску и внедрению высокоэффективных способов обеззараживания свиного навоза.

Согласно анализу проблематики [8-10], установлено, что наиболее предпочтительным способом обеззараживания свиного навоза является тот, который сочетает в себе высокую рентабельность процесса с минимальной экологической нагрузкой. В настоящее время в мировой практике пока не найдено универсального подхода, решающего данную проблему. Процесс цифровизации сельского хозяйства определяет необходимость создания цифровой платформы повышения энергетической эффективности при обеззараживании бесподстилочного навоза. Первым этапом разработки цифровой платформы является

¹ Декларация по окружающей среде и развитию <https://base.garant.ru/2541177/>

² Всемирная хартия охраны природы https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/charter_for_nature.shtml

³ Декларация Конференции Организации Объединенных Наций по проблемам окружающей человека среды https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/declarathenv.shtml

⁴ Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года (утв. Президентом РФ от 30 апреля 2012 г.). Раздел 1, ст. 1-2.

получение статистической модели. Статистическая модель оценки удельной энергоёмкости при обеззараживании свежего свиного бесподстилочного навоза в виде полинома второго порядка позволяет провести оценку удельной энергоёмкости с подбором оптимальных параметров [10-13].

Цель настоящего исследования состоит в получении параметров операции обеззараживания комбинированным физико-химическим воздействием пероксида водорода и механических колебаний на частоте ультразвука, обеспечивающих минимально допустимое значение удельной энергоёмкости при предъявляемых санитарно-бактериологических ограничениях.

Материалы и методы. Объектом оптимизации являлись параметры операции обеззараживания свиного бесподстилочного навоза и стоков в ультразвуковой ванне. Выбранному критерию оптимальности соответствует целевая функция в виде полинома второй степени, представляющего собой зависимость критерия оптимальности от конструктивно-технологических параметров операции обеззараживания [10, 11]. Варьируемыми факторами выступают: продолжительность экспозиции X_1 , температура среды в рабочей камере X_2 , концентрация пероксида водорода X_3 . Ограничениями число яиц и личинок гельминтов и число цист кишечных патогенных простейших (ЦКПП) на 100 мл. В качестве параметра назначения операции обеззараживания бесподстилочного навоза и стоков свиноводства была принята удельная энергоёмкость. Влияние рассмотренных факторов на удельную энергоёмкость интенсификации их обеззараживания механическими колебаниями на частоте ультразвука в сочетании с пероксидом формализуется моделью, кВт·ч/м³:

$$N_{уд} = 3,52 + 3,70 \cdot x_1^2 + 3,12 \cdot x_2^2 + 2,97 \cdot x_3^2. \quad (1)$$

На основании выбранных: критерия оптимальности, ограничений, целевой функции и параметра целевой функции, оптимизационная задача с технико-экономической и математической точек зрения сводится к следующему.

С технико-экономической точки зрения: «Нахождение значений факторов, оказывающих влияние на удельную энергоёмкость обеззараживания свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков и обеспечивающих её минимальное значение, при соблюдении санитарно-эпидемиологических требований» [14]. В качестве санитарно-бактериологических требований, выступающих ограничениями, рассматривались следующие нормативно-правовые документы^{5, 6}. С математической точки зрения: «Нахождение минимума целевой функции в некоторой области конечномерного векторного пространства, ограниченной набором линейных и нелинейных неравенств» [15]. Анализ источников [5, 7, 9, 10] показал отсутствие унифицированного подхода получения наилучшего решения в доступных условиях, соответственно достоверность результата оптимизационной задачи во многом зависит от обоснованности используемого методического алгоритма. В качестве критериев эффективности методических алгоритмов оптимизации чаще всего принимают: точность определения результатов оптимизации и временные затраты на ЭВМ. Перспективными методическими алгоритмами оптимизации в задачах эксплуатации техники считаются: метод градиентной оценки поверхности, крутого восхождения или спуска, а также полного перебора, симплекс-метод, метод обобщенного понижающего градиента (ОПГ), метод эволюционного поиска решения и др.^{7, 8, 9} Ниже на рисунках 1 и 2 представлена графическая интерпретация решаемой оптимизационной задачи.

⁵ Ветеринарно-санитарные правила подготовки к использованию в качестве органических удобрений навоза, помета и стоков при инфекционных и инвазионных болезнях животных и птицы: 13-7-2/1027: утв. зам. нач. деп-та ветеринарии Минсельхозпрода России В. В. Селиверстов 04.08.1997 № 13-7-2/1027.

⁶ Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия: ГОСТ 33830-2016: межгосударственный стандарт.: принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 28.06.2016 № 49.

⁷ Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: уч. пособие для ВУЗов / В. Е. Гмурман. – М.: Высш. шк. – 2003. – 479 с.

⁸ Моисеев, Н. Н. Математические задачи системного анализа / Н. Н. Моисеев – М.: Наука, 1981. – 488 с.

⁹ Реклейтис, Г. Оптимизация в технике: в 2-х кн. кн. 1. пер. с англ. / Г. Реклейтис, А. Рейвиндран, К. Рэгсдел. – М.: Мир, 1986. – 349 с.

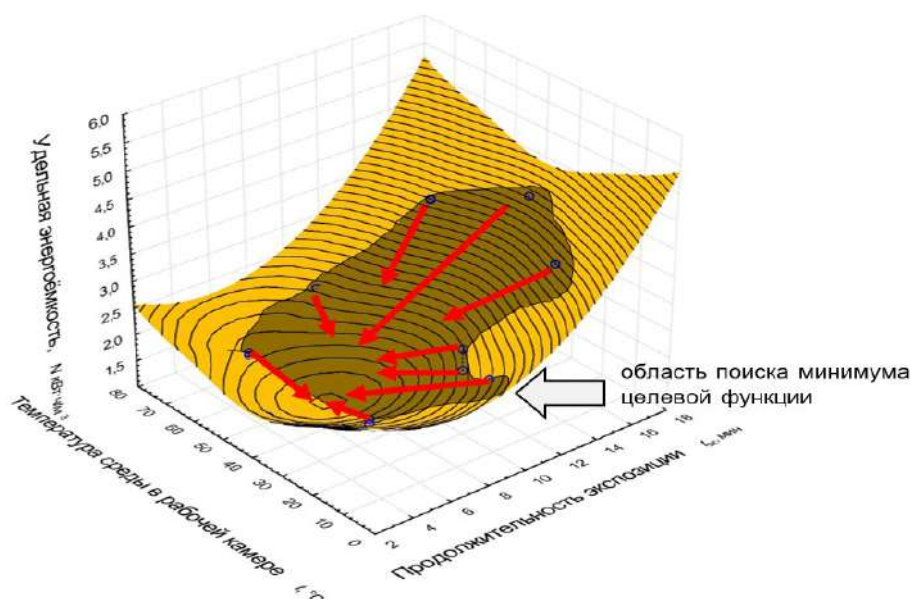


Рисунок 1 – Графическое представление оптимизационной задачи
Figure 1 – Graphical representation of the optimization problem

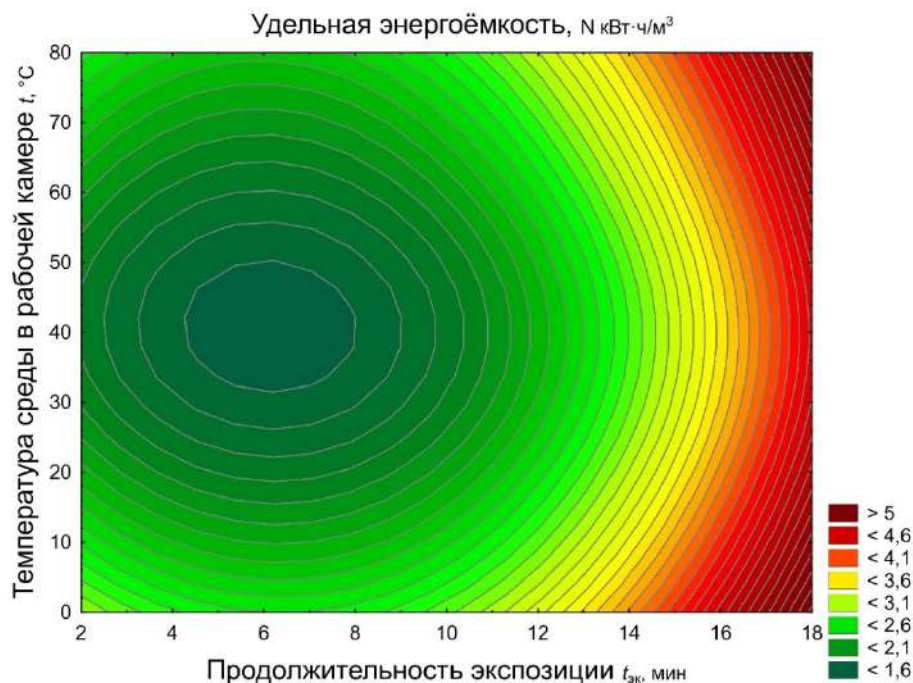


Рисунок 2 – Карта итерационных зон оптимизационной задачи
Figure 2 – Map of iteration zones of the optimization problem

Суть симплекс-метод (метод Нелдера-Мида) заключается в численной оптимизации в многомерных пространствах путём использования набора точек (симплекс) и изменения их формы и размеров в процессе приближения к оптимальному решению простыми итеративными операциями⁶. Достоинствами симплекс-метода являются: возможность использования для не гладких и не выпуклых функций; не требует аналитического вычисления градиента целевой функции; не имеет явных ограничений по области применения. Недостатками симплекс-метода являются: низкая эффективность в случае больших размерностей и сложных функций; не гарантирует нахождение глобального оптимума.

Суть метода ОПГ заключается в использовании информации о градиенте (или производной) функции при итерационном движении в направлении, ведущем к уменьшению значения функции⁶.

Достоинствами ОПГ метода являются: эффективность в задачах с гладкими функциями и большими размерностями; возможность адаптации для различных вариаций, таких как стохастический градиентный спуск.

Недостатками ОПГ метода являются: принятие локальных оптимумов за глобальные; необходимость вычисления градиента, что часто является ресурсозатратным; не гарантирует оптимальное решение.

Суть метода эволюционного поиска решения заключается в использовании семантических персептронов нейросетевой структуры⁶.

Достоинствами метода эволюционного поиска решений являются: возможность использования в разнообразных задачах, включая задачи оптимизации с не гладкими функциями; не требует информации о градиенте или аналитических вычислениях; позволяет обнаруживать глобальные оптимумы.

Недостатками метода эволюционного поиска решений являются: большое количество вычислений, особенно при больших размерностях; многоитерационность оптимума; сложность выбора подходящих параметров, характеризующих эволюцию, может быть сложным.

В качестве инструмента решения поставленной задачи используем надстройку «Поиск решения» в среде Excel. Интерфейс используемого инструмента представлен на рисунке 3.

Параметры поиска решения

Оптимизировать целевую функцию: $Nуд = 3,52 + 3,70 \cdot x_1^2 + 3,12 \cdot x_2^2 + 2,97 \cdot x_3^2$

До: ☐ Максимум ☒ Минимум ☒ Значения: 1,4
или

Изменяя ячейки переменных:

В соответствии с ограничениями:

☒ Сделать переменные без ограничений неотрицательными

Выберите метод решения:

Метод решения:
Поиск решения лин. задач симплекс-методом
Эволюционный поиск решения

Для гладких нелинейных задач используйте поиск решения нелинейных задач методом ОПГ, для линейных задач - поиск решения линейных задач симплекс-методом, а для негладких задач - эволюционный поиск решения.

Добавить
Изменить
Удалить
Сбросить
Загрузить/сохранить
Параметры

Справка Найти решение Заккрыть

Рисунок 3 – Каптура модуля «Поиск решений» методических алгоритмов оптимизационных задач приложения Excel

Figure 3 – Capture of the «Search for Solutions» module of methodological algorithms for optimization problems of the Excel application

Для оценки достоверности выбранных методов оптимизационная задача решалась поочередно с использованием симплекс-метода, метода ОПГ и метода эволюционного поиска и метода полного перебора. Результаты решений сравнивались по критериям сходимости, точности и вычислительных затрат. Известно, что симплекс-метод показывает стабильные результаты при небольших размерностях, однако его эффективность значительно снижается в многомерных пространствах. Метод ОПГ оказывается наиболее подходящим для задач с большими размерностями, но требует предварительной фильтрации данных для минимизации попадания в локальные минимумы. Эволюционный поиск обеспечивает высокую вероятность нахождения глобального оптимума, однако требует значительных вычислительных ресурсов и времени. Исходя из изложенного, а также основываясь на результатах предварительных исследований можно сделать вывод о том, что выбор метода оптимизации основывается с учётом характеристик решаемой задачи и доступных ресурсов.

Результаты и обсуждение. В результате решения оптимизационной задачи методом полного перебора, получены следующие оптимальные параметры обеспечивающие соблюдение санитарно-эпидемиологических требований: оптимальная продолжительность экспозиции $t_{экспт} = 11,72$ мин.; оптимальная температура среды в рабочей камере $t_{опт} = 13,37$ °С, оптимальная концентрация пероксида водорода $\omega_{опт} = 11$ мг/л, при этом удельная энергоёмкость составила $N = 1,67$ кВт·ч/м³.

Аналитическое решение оптимизационной задачи симплекс-методом свидетельствует о выполнении поставленных ограничений по минимальному количеству ЦКПП, а также яиц и личинок гельминтов. С целью повышения достоверности полученных результатов аналитического решения оптимизационной задачи было принято решение о сравнении полученных результатов симплекс-методом, с результатами полученными, не линейным методом обобщенного понижающего градиента и эволюционного поиска решения.

Результаты решения оптимизационной задачи и полученные оптимальные параметры обеззараживания представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты решения оптимизационной задачи и полученные оптимальные параметры обеззараживания

Table 1 – Results of solving the optimization problem and the obtained optimal disinfection parameters

№	Оптимальные параметры / Optimal parameters	Метод решения оптимизационной задачи / Method for solving an optimization problem		
		Симплекс-метод / Simplex method	Нелинейный метод обобщенного понижающего градиента / Nonlinear Generalized Reduction Gradient Method	Эволюционный поиск решения / Evolutionary search for a solution
1	Продолжительность экспозиции $t_{экспт}$, мин. / Duration of exposure to $t_{экспт}$, min.	11,72	12,01	11,89
2	Температура среды в рабочей камере $t_{опт}$, °С / Temperature of the medium in the working chamber $t_{опт}$, °С	13,37	13,41	14,07
3	Концентрация пероксида водорода $\omega_{опт}$, мг/л / Hydrogen peroxide concentration $\omega_{опт}$, mg/l	11,00	11,91	11,54
Целевая функция → min / Objective function → min				
4	Удельная энергоёмкость N , кВт·ч/м ³ / Specific energy capacity N , kWh/m ³	1,67	1,69	1,68
Ограничения / Restrictions				
5	Число ЦКПП, экз/100 мл / Number of CPC, ind./100 ml	0	0	0
6	Число яиц и личинок гельминтов, экз/100 мл / Number of helminth eggs and larvae, ind./100 ml	0	1	0

Проанализировав данные, представленные в таблице 1, можно сделать следующие выводы: результаты поиска минимума целевой функции каждым из методов показали схожие результаты, минимальное значение удельной энергоёмкости операции обеззараживания может быть обеспечено использованием следующих сочетаний диапазонов варьируемых факторов: продолжительность экспозиции от 11,72 до 12,01 минут, температура среды в рабочей камере от 13,37 до 14,07 °С, концентрация пероксида водорода от 11,00 до 11,91 мг/литр.

Заключение. На основе математической модели в виде полинома второго порядка, отражающей зависимость удельной энергоёмкости процесса обеззараживания бесподстильного свиного навоза от технологических факторов и используемой в качестве целевой функции, была решена оптимизационная задача. Для повышения достоверности и представительности результатов решения оптимизационной задачи использовались симплекс-метод, метод нелинейного обобщенного понижающего градиента и эволюционный поиск решения. Результаты поиска минимума целевой функции каждым из методов показали схожие результаты, представленные ниже в виде диапазонов: продолжительность экспозиции от 11,72 до 12,01 минут, температура среды в рабочей камере от 13,37 до 14,07 °С, концентрация пероксида водорода от 11,00 до 11,91 мг/литр. Сочетания факторов в указанных диапазонах обеспечивают минимально возможное в данных условиях значение удельной энергоёмкости обеззараживания от 1,67 до 1,69 кВт·ч/м³. Оценка ограничений осуществлялась лабораторными методами в аккредитованной ветеринарной лаборатории и показала приемлемый их уровень. Следовательно, можно сделать вывод, что сочетание установленных оптимальных параметров дает наилучший энергетический эффект, а полученные результаты исследования позволяют перейти к следующим этапам создания цифровой платформы повышения эффективности обращения с отходами животноводства.

Conclusions. On the basis of a mathematical model in the form of a second-order polynomial reflecting the dependence of the specific energy intensity of the disinfection process of lint-free pig manure on the temperature of the medium in the working chamber, the duration of exposure and a given concentration (ex/100 ml) of hydrogen peroxide, optimal design and technological parameters were obtained for carrying out the operation in compliance with sanitary and epidemiological requirements. The combination of the set optimal parameters gives the best energy effect. The obtained research results allow us to move on to the next stages of creating a digital platform.

Библиографический список

1. Қосимов Х. О. Загрязнения окружающей среды отходами сельскохозяйственных животных. TADQIQOTLAR. 2024. Т. 30. № 1. С. 182-187.
2. Воронин Б. А., Воронина Я. В. Эколого-экономические аспекты использования в аграрном производстве отходов животноводства. Аграрное и земельное право. 2023. № 7 (223). С. 43-45.
3. Бадмаев Ю. Ц. Совершенствование технологии анаэробной переработки навозных стоков свиноводства в условиях Республики Бурятия: диссертация. Улан-Удэ, 2018. 156 с.
4. Каюмов Т. Х. Энергетические затраты системы переработки отходов метановым сбраживанием. Экономика и социум. 2024. № 2-1 (117). С. 1075-1080.
5. Головкин А. Н., Бондаренко А. М., Хаценко А. В. Оптимизация процесса глубокой переработки жидкого навоза животноводческих предприятий. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 2 (100). С. 125-128.
6. Шалавина Е. В. Повышение эффективности переработки жидкой фракции свиного навоза путем оптимизации технологических процессов и формирования адаптивных технологий. Техника и технологии в животноводстве. 2015. № 4 (20). С. 156-161.
7. Гринев П. И., Гринева Т. Т. Влияние технологических и технических решений на функционирование систем утилизации навоза. Техника и технологии в животноводстве. 2019. № 4 (36). С. 24-32.
8. Бавыкин А. М. и др. Способ переработки органических отходов в экологически чистое сырье: патент RU 2694563 С1 РФ: МПК C05F3/00; заявитель и патентообладатель ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии. № 2018109821; заявл. 20.03.2018; опубл. 25.07.2019, бюл. № 21.
9. Алтухов А. И., Дудин М. Н., Анищенко А. Н. Оптимизация энергопотребления на предприятиях АПК с использованием технологий "умное производство" (промышленный Интернет вещей). Проблемы рыночной экономики. 2019. № 1. С. 58-66.
10. Лимаренко Н. В., Успенский И. А., Юхин И. А. Способы и модели интенсификации обеззараживания отходов агропромышленного комплекса: монография. Рязань: РГАТУ, 2023. 174 с.
11. Лимаренко Н.В., Успенский И.А., Юхин И.А. и др. Цифровые инструменты повышения эффективности экспериментальных исследований энергоёмкости обеззараживания свиного бесподстильного навоза механическими колебаниями на частоте ультразвука. Техника и оборудование для села. 2024. № 6 (324). С. 23-28.

12. Лобачевский Я. П., Шемякин А. В., Лимаренко Н. В. и др. Контрфактуальный анализ эффективности обеззараживания органических отходов животноводства. Инженерные технологии и системы. 2023. № 4 (33). С. 466-489.

13. Бoryчев С. Н., Лимаренко Н. В., Успенский И. А. и др. Использование нечёткого моделирования при оценке интенсивности технологий утилизации органических отходов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 298-315.

14. Цогоева А. Р., Цогоев А. Ю., Датиева М. Ч. Методика решения оптимизационных задач с помощью программного средства MS Excel. iPolytech Journal. 2017. Т. 21. № 12 (131). С. 114-122.

15. Полушкина Т. В., Горбунова Е. Е., Бутюгина А. А. Применение экономико-математических моделей в агропромышленном комплексе. Актуальные вопросы современной экономики. 2021. № 2. С. 9-14.

References

1. Kosimov H. O. Environmental pollution by farm animal waste. TADQIQOTLAR. 2024. Vol. 30. No 1. Pp. 182-187.

2. Voronin B. A., Voronina Ya. V. Ecological and economic aspects of the use of livestock waste in agricultural production. Agrarian and land law. 2023. No 7 (223). Pp. 43-45.

3. Badmaev Yu. Ts. Improving the technology of anaerobic processing of pig manure sludge in the Republic of Buryatia: dissertation. Ulan-Ude, 2018. 156 p.

4. Kayumov T. Kh. Energy costs of the waste processing system by methane fermentation. Economy and Society. 2024. No 2-1 (117). Pp. 1075-1080.

5. Golovko A. N., Bondarenko A. M., Khatsenko A. V. Optimization of the process of deep processing of liquid manure of livestock enterprises. Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2023. No 2 (100). Pp. 125-128.

6. Shalavina E. V. Increasing the efficiency of processing the liquid fraction of pig manure by optimizing technological processes and forming adaptive technologies. Equipment and technologies in animal husbandry. 2015. No 4 (20). Pp. 156-161.

7. Gridnev P. I., Gridneva T. T. Influence of technological and technical solutions on the functioning of manure utilization systems. Equipment and technologies in animal husbandry. 2019. No 4(36). Pp. 24-32.

8. Bavykin A. M. et al. Method for Processing Organic Waste into Environmentally Friendly Raw Materials: Patent RU 2694563 C1 RF: IPC C05F3/00; applicant and patent holder of the All-Russian Research Institute of Agricultural Microbiology. № 2018109821; declared. 20.03.2018; publ. 25.07.2019, Bulletin № 21.

9. Altukhov A. I., Dudin M. N., Anishchenko A. N. Optimization of energy consumption at agricultural enterprises using smart manufacturing technologies (Industrial Internet of Things). Problems of the market economy. 2019. No 1. Pp. 58-66.

10. Limarenko N. V., Uspensky I. A., Yukhin I. A. Methods and models for intensifying the disinfection of waste from the agro-industrial complex: monograph. Ryazan State Agrarian University, 2023. 174 p.

11. Limarenko N. V., Uspensky I. A., Yukhin I. A., et al. Digital tools for improving the efficiency of experimental studies of the energy intensity of disinfection of pig litterless manure with mechanical vibrations at an ultrasound frequency. Machinery and equipment for the village. 2024. No 6 (324). Pp. 23-28.

12. Lobachevsky Ya. P., Shemyakin A. V., Limarenko N. V., et al. Counterfactual analysis of the efficiency of disinfection of organic livestock waste. Engineering technologies and systems. 2023. No 4 (33). Pp. 466-489.

13. Borychev S. N., Limarenko N. V., Uspensky I. A., et al. Use of fuzzy modeling in assessing the intensity of organic waste utilization technologies. News of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021 No 1 (61). Pp. 298-315.

14. Tsogoeva A. R., Tsogoev A. Yu., Datieva M. Ch. Methodology for solving optimization problems using MS Excel software. iPolytech Journal. 2017. Vol. 21. No 12 (131). Pp. 114-122.

15. Polushkina T. V., Gorbunova E. E., Butyugina A. A. Application of economic and mathematical models in the agro-industrial complex. Actual issues of modern economics. 2021. No 2. Pp. 9-14.

Информация об авторах

Лимаренко Николай Владимирович, доктор технических наук, профессор, Донской государственный технический университет (Российская Федерация, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1); профессор кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева» (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: limarenkodstu@yandex.ru

Успенский Иван Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта, РФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева» (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: ivan.uspensckij@ya.ru

Юхин Иван Александрович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева» (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: yuival@rambler.ru

Митрохин Сергей Викторович, аспирант, ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), e-mail: serg.m1trohin@yandex.ru

Барина Елена Владимировна, аспирант, «ФГБОУ ВО Рязанский агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: barinelen@yandex.ru

Одиноква Альбина Петровна, аспирант, «ФГБОУ ВО Рязанский агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: odinokovaap@yandex.ru

Author's Information

Limarenko Nikolay Vladimirovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Instrument Engineering and biomedical engineering, Don State Technical University (Russian Federation, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1); Professor of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), e-mail: limarenkodstu@yandex.ru

Uspensky Ivan Alekseevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), e-mail: ivan.uspensckij@ya.ru

Yukhin Ivan Aleksandrovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), e-mail: yuival@rambler.ru

Mitrokhin Sergei Viktorovich, graduate student of the department of technical operation of transport, Ryazan Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), e-mail: serg.m1trohin@yandex.ru

Barinova Elena Vladimirovna, graduate student of the department of technical operation of transport, Ryazan Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), e-mail: barinelena@yandex.ru

Odinokova Albina Petrovna, graduate student of the department of technical operation of transport, Ryazan Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), e-mail: odinokovaap@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-37

THE EFFICIENCY OF CAVITATION-SORPTION TECHNOLOGY FOR TREATMENT OF LIVESTOCK WASTEWATER

Mescheryakov M. P., Fomin S. D., Tronev S. V., Kuznetsova N. V., Mescheryakova E. G.

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: mmp-volgau@yandex.ru

Received 12.09.2024

Submitted 14.11.2024

Summary

The development of the livestock sector of agriculture in Russia is of a strategic nature. Over the past 5 years, according to Rosstat, the number of livestock has increased by an average of 3%, therefore, water consumption for livestock is also growing. Water on farms is needed not only for watering animals and preparing feed, but also for washing and disinfecting equipment and premises, treating animals, for the needs of staff, etc. Traditional cleaning systems are time-consuming, multi-stage in nature; require the use of various reagents. High efficiency of wastewater treatment can be achieved as a result of the use of combined technical and technological solutions, for example, cavitation and sorption methods, which will effectively and in a short time reduce the content of bio-pollutants, petroleum products, heavy metals in wastewater to MPC values in order to further supply them to irrigation fields or reuse in livestock production processes. Cavitation and sorption purification reactors can be used independently or be included in traditional technological schemes for cleaning livestock wastewater in order to shorten the cleaning time, increase the degree of purification or enhance directional action when cleaning from a certain type of pollutant.

Abstract

Introduction. The problem of cleaning livestock effluents is relevant for agriculture not only in the southern region, but also throughout the country, and is primarily related to their composition and volumes. Manure effluents contain various chemical compounds, microorganisms, heavy metals, which can pose an environmental hazard and lead to contamination of soil, groundwater and surface waters, serve as a source of spread of various pathogenic microorganisms and infections, therefore, pose an epidemiological danger. Effective treatment of livestock effluents will solve the problem of resource conservation associated with the rational use of water resources during irrigation. Livestock farms in the country are obliged to comply with legislative requirements that establish standards for the treatment and disposal of livestock wastewater; therefore they are interested not only economically, but also legally in the introduction and application of effective technological solutions in this area. **Object.** Livestock effluents of the farm of the Sole proprietor of the FARM Novoseltsev Yu. V., located in the Rostov region, the village of Zimovniki. **Materials and methods.** In the course of conducting theoretical research and writing a scientific article, the authors studied published materials describing the results of using cavitation and sorption methods for cleaning livestock wastewater. The methodology of the experimental part corresponded to modern requirements. **Results and conclusions.** As a result of the research, a technological scheme for the treatment of livestock effluents was developed, based on a combination of cavitation and sorption purification methods, the dynamics of indicators such as the amount of suspended solids, the content of ammonium salts in livestock effluents, the pH level during their purification as a result of cavitation exposure with a coefficient of 0.01 and 0.03 and the use of natural zeolite fractions 1-2, 3-5, 5-8 mm. It was found that the optimal values within the MPC were fixed as a result of the use of natural zeolite with a fraction size of 3-5 mm and cavitation effect with a coefficient of 0.01 as a filtration load in a sorption reactor. The effectiveness of the proposed technology has been proven, since, in the optimal variant, dangerous concentrations of suspended solids decreased by 98.2%, ammonium salts by 92.4% and reached acceptable concentrations, the pH level normalized. Statis-

tical processing of the obtained experimental data was carried out; the presented graphical dependences of the studied processes were studied. In conclusion, conclusions are drawn about the expediency and effectiveness of the proposed technology in agriculture.

Keywords: livestock effluents, natural sorbent, purification of livestock effluents, cavitation, combined technologies for purification of livestock effluents.

Citation. Mescheryakov M. P., Fomin S. D., Tronev S. V., Kuznetsova N. V., Mescheryakova E. G. The efficiency of cavitation-sorption technology for treatment of livestock wastewater. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 340-348 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-37.

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 638.3

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАВИТАЦИОННО-СОРБЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ

Мещеряков М. П., доктор технических наук, доцент
Фомин С. Д., доктор технических наук, профессор
Тронеv С. В., доктор технических наук, профессор
Кузнецова Н. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Мещерякова Е. Г., старший преподаватель

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Проблема очистки животноводческих стоков актуальна для сельского хозяйства не только южного региона, но и всей страны и связана, в первую очередь, с их составом и объемами. Навозные стоки содержат различные химические соединения, микроорганизмы, тяжелые металлы, которые могут представлять экологическую опасность и привести к загрязнению почвы, грунтовых и поверхностных вод, служить источником распространения различных патогенных микроорганизмов и инфекций, следовательно, представлять эпидемиологическую опасность. Эффективная очистка животноводческих стоков позволит решить проблему ресурсосбережения, связанную с рациональным использованием водных ресурсов при орошении. Животноводческие хозяйства страны обязаны соблюдать законодательные требования, устанавливающие нормативы по очистке и утилизации животноводческих стоков, поэтому заинтересованы не только экономически, но и юридически во внедрении и применении эффективных технологических решений в этой сфере. **Объект.** Животноводческие стоки хозяйства ИП Глава КФХ Новосельцев Ю. В., расположенного в Ростовской области, поселок Зимовники. **Материалы и методы.** В ходе проведения теоретических исследований и написания научной статьи авторами были изучены опубликованные материалы, описывающие результаты применения для очистки животноводческих стоков кавитационного и сорбционного методов. Методика проведения опытно-экспериментальной части соответствовала современным требованиям. **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований была разработана технологическая схема обработки животноводческих стоков на основе сочетания кавитационного и сорбционного метода очистки, изучена динамика показателей, таких как количество взвешенных веществ, содержание солей аммония в животноводческих стоках, уровень pH при их очистке в результате кавитационного воздействия с коэффициентом 0,01 и 0,03 и применении природного цеолита фракции 1-2, 3-5, 5-8 мм. Установлено, что оптимальные показатели в пределах ПДК были зафиксированы в результате применения в качестве фильтрационной загрузки в сорбционном реакторе природного цеолита с размером фракции 3-5 мм и кавитационного воздействия с коэффициентом 0,01. Доказана эффективность применения предлагаемой технологии, так как на оптимальном варианте опасные концентрации взвешенных веществ сократились на 98,2%, солей аммония на 92,4% и достигли допустимых концентраций, нормализовался уровень pH. Проведена статистическая обработка полученных экспериментальных данных, изучены представленные графические зависимости исследуемых процессов. В заключении сделаны выводы о целесообразности и эффективности применения предложенной технологии в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: животноводческие стоки, природные сорбенты, очистка животноводческих стоков, кавитация, комбинированные технологии очистки животноводческих стоков.

Цитирование. Мещеряков М. П., Фомин С. Д., Тронеv С. В., Кузнецова Н. В., Мещерякова Е. Г. Эффективность применения кавитационно-сорбционной технологии обработки животноводческих стоков. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 340-348. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-37.

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. Развитие животноводческой отрасли сельского хозяйства в России носит стратегический характер. За последние 5 лет по данным Росстата численность поголовья увеличилась в среднем на 3%, следовательно, растет и водопотребление на содержание скота. Вода на фермах нужна не только для поения животных и приготовления кормов, но и для мойки и дезинфекции оборудования и помещений, обработки животных, для нужд персонала и т.д. Современное фермерское хозяйство предусматривает не только эффективную систему водоснабжения, но и систему водоотведения, что призвано обеспечивать качественное функционирование всех технологических процессов предприятия. В результате проведения различных зоотехнических мероприятий образуется большое количество животноводческих стоков, необходимость их утилизации нормируется законодательством Российской Федерации и требует больших капитальных вложений со стороны собственника. Традиционные системы очистки длительны по времени, носят многоступенчатый характер, требуют использования различных реагентов [6, 9, 13].

Применение энергетически малозатратных, экологически безопасных и высокопроизводительных методов очистки животноводческих сточных вод позволит собственнику, занимающемуся промышленным животноводством решить ряд проблем:

- экономические – в первую очередь, будут связаны с сокращением капитальных затрат на строительство отстойников, покупку реагентов и т.д.;

- юридические – возможность применения новых малозатратных методов очистки и доочистки стоков будет стимулировать производителя к соблюдению законодательных требований;

- экологические – позволят решить проблемы, связанные с загрязнением почв, грунтовых и поверхностных вод, с распространением патогенных организмов, ресурсосбережения – экономии поливной воды.

Высокая эффективность очистки сточных вод может быть достигнута в результате применения комбинированных технико-технологических решений, например кавитационных и сорбционных методов, что позволит эффективно и в короткие сроки снижать содержание биополлютантов, нефтепродуктов, тяжелых металлов в стоках до значений ПДК с целью дальнейшей подачи их на поля орошения или повторного использования в технологических процессах животноводства [1, 7, 11]. Реакторы кавитационной и сорбционной очистки могут использоваться самостоятельно или быть включены в традиционные технологические схемы очистки животноводческих стоков с целью сокращения сроков очистки, повышения степени очистки или усиления направленного действия при очистке от определенного вида загрязнителя.

Проблема применения эффекта кавитации при подготовке животноводческих стоков рассматривалась в работах как отечественных, так и зарубежных авторов [4, 12]. Основные преимущества этого метода, по мнению исследователей, заключаются в:

- бактерицидном действии – гибель патогенной микрофлоры достигается в короткий промежуток времени (до 10 мин.);

- разрушение семян сорных растений, находящихся в животноводческих стоках;

- возможность быстрого разделения навозных стоков на жидкую и твердую фракции для дальнейшего использования на полях орошения и в качестве органических удобрений;

- экономические преимущества связаны со снижением расходов на строительство прудов-отстойников, покупку реагентов и удобрений, сокращением затрат на поливную воду.

Сорбционный метод предлагается использовать совместно с кавитационным для достижения большей эффективности в процессе подготовки животноводческих стоков, так как в результате применения данной технологии часть проблем остается нерешенной, в частности, для устранения неприятного запаха или удаления аммонийного азота требуется 4-5 кратный проход стоков через кавитационный реактор, удаление ионов тяжелых металлов или нефтяных углеводородов, которые часто попадают в стоки в результате использования в хозяйствах горючесмазочных материалов, удобрений и кормовых добавок для животных тоже затру-

В качестве сорбционной загрузки в фильтре предлагается использовать природный минерал цеолит. В исследованиях многих авторов доказана эффективность применения данного сорбента для быстрого решения вышеуказанных проблем [2, 8, 14].

Цель проводимых нами исследований – изучение динамики изменений физико-химических свойств животноводческих стоков в зависимости от различных факторов в процессе очистки: число кавитаций и фракционный состав сорбционной загрузки.

Для достижения поставленной цели авторами в лабораторных условиях была разработана технологическая схема очистки животноводческих стоков с применением макетной установки, включающей кавитационный и сорбционный реакторы.

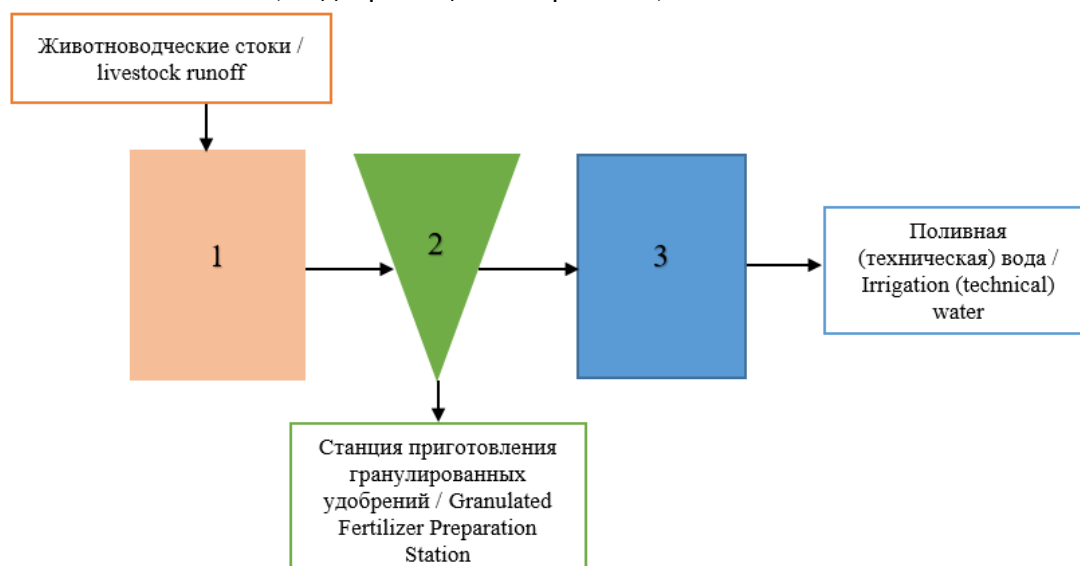
Материалы и методы. В процессе исследований была изучена динамика изменений физико-химических свойств животноводческих стоков в зависимости от различных факторов в процессе очистки: число кавитаций и фракционный состав сорбционной загрузки [3, 5, 10].

Очистка стоков проводилась в лабораторных условиях на макетной установке и имела трехступенчатый характер: обработка в кавитационном реакторе; разделение на жидкую фракцию и осадок; доочистка воды в сорбционном реакторе (рисунок 1).

Технические характеристики макетной установки:

- количество зон очистки, шт. – 3;
- установленная мощность эл., кВт – 4;
- объем рабочей кавитационной камеры, м³ – $15 \times 10^{-5} \text{ м}^3$;
- расход газового или другого топлива, м³ – нет;
- производительность, л/час – 5-10.

Влажность стоков, подвергающихся обработке, составляла не менее 80%.



1 – емкость кавитационного реактора/cavitation reactor capacity; 2 – гидроциклон-разделитель/hydrocyclone separator; 3 – сорбционный реактор/sorption reactor.

Рисунок 1 – Технологическая схема обработки животноводческих стоков
Figure 1 – Technological scheme of livestock wastewater treatment

Животноводческие стоки объемом 5 литров помещались в емкость реактора 1, где подвергались процессу гидродинамической кавитации, обработка проводилась 30 минут, после чего обработанная суспензия подавалась на гидроциклон 2, в котором происходило разделение жидкой и твердой фракции, далее осадок удалялся из нижней части гидроциклона, а загрязненная вода подвергалась очистке в сорбционном реакторе 3 через сорбционную загрузку, в качестве которой использовался природный цеолит различной фракции: 1-2 мм, 3-5 мм и 5-8 мм.

Эксперименты проводились в трехкратной повторности для каждого варианта при температуре окружающей среды от 15 до 25 °С.

Число кавитаций (кавитационный коэффициент) в жидкости рассчитывали по формуле:

$$\theta = \frac{p - p_w}{\frac{1}{2}\rho v^2} \quad (1)$$

где p – гидростатическое давление движущегося потока, Па; p_w – давление насыщенных паров, Па; ρ – плотность жидкости, кг/м³; v – скорость потока на входе в систему, м/с.

В результате изменения числа оборотов электродвигателя меняли число кавитаций $\theta=0,01 - 0,03$.

В одинаковом объеме исследуемого раствора 500 мл определяли коллометрическим методом на КФК-2 начальное и конечное, т.е. после прохождения очистки стоков согласно схеме, содержание ионов аммония. Степень сорбции ионов определяли методом простой разности значений исходной и конечной концентрации.

Измерение массовой концентрации взвешенных веществ в животноводческих стоках проводили гравиметрическим методом согласно утвержденной методике ПНД Ф 14.1:2:4254-09. Данный показатель имеет значение при дальнейшем использовании стоков для полива в различных оросительных системах, особенно капельных, так как большое содержание взвеси забивает трубки и капельницы и быстро выводит их из строя.

Результаты и обсуждения. При проведении экспериментов были получены данные, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика физико-химических показателей животноводческих стоков в зависимости от числа кавитаций и фракционного состава сорбционной загрузки в процессе очистки

Table 1 – Dynamics of physico-chemical parameters of livestock effluents depending on the number of cavitations and the fractional composition of sorption loading in the purification process

Наименование изменяемого фактора / Name of the variable factor		Исследуемые показатели / The studied indicators		
		Взвешенные вещества (мг/дм ³) / Suspended solids (mg/dm ³)	Соли аммония (мг/дм ³) / Ammonium salts (mg/dm ³)	pH
		Допустимые концентрации / Acceptable concentrations		
		215	19	4,5-6,5
		Исходные показатели / Initial indicators		
		9432	238	8,2
Число кавитаций / Cavitation coefficient	Размер фракции цеолита, мм / The size of the zeolite fraction, mm	Показатели после очистки / Indicators after cleaning		
0,01	1-2	305	64	5,4
	3-5	166	18,2	6,0
	5-8	210	16,7	6,8
0,03	1-2	326	79	5,5
	3-5	183	28,6	6,7
	5-8	273	25,3	6,7

Анализ показателей позволяет сделать вывод, что применение в сорбционном реакторе загрузки природного цеолита с размером фракции 1-2 мм не является целесообразным вне зависимости от кавитационного воздействия на очищаемые стоки, так как в ходе эксперимента концентрации не всех исследуемых показателей снизились до допустимых значений, хотя степень очистки была существенной: количество взвешенных веществ сократилось в среднем на 96%, солей аммония на 70%, нормализовался уровень pH. При размере фракции природного цеолита 1-2 мм значения, более близкие к допустимым, были зафиксированы при числе кавитаций 0,01 (рисунки 2, 3).

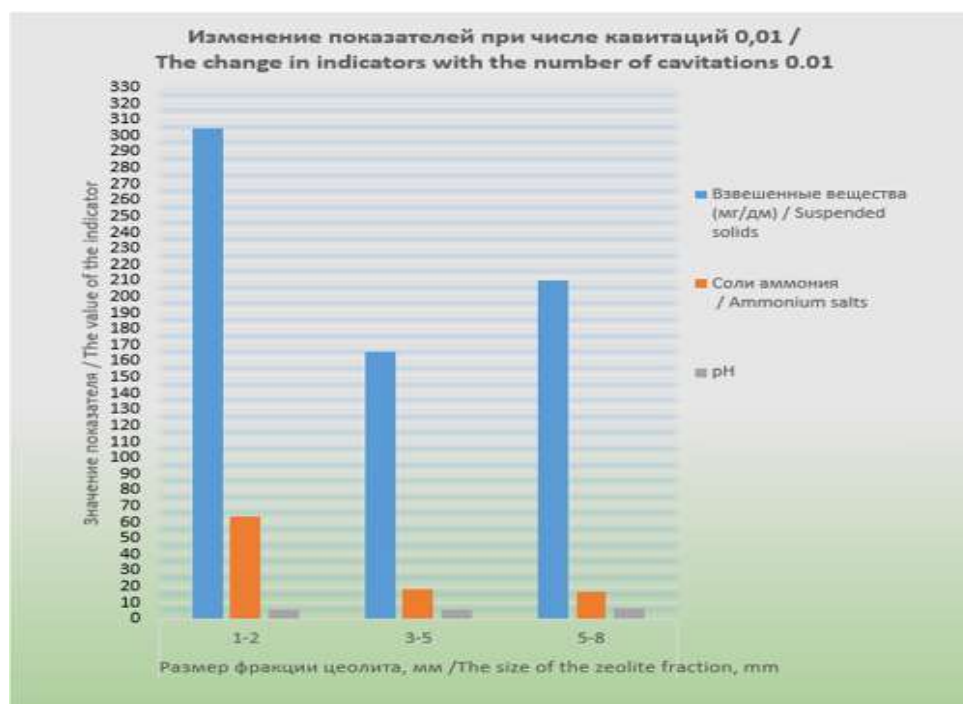


Рисунок 2 – Динамика исследуемых показателей при очистке животноводческих стоков при числе кавитаций 0,01 и различном фракционном составе природного цеолита в сорбционной загрузке
Figure 2 – The dynamics of the studied indicators in the treatment of livestock effluents with a number of cavitations of 0.01 and a different fractional composition of natural zeolite in sorption loading



Рисунок 3 – Динамика исследуемых показателей при очистке животноводческих стоков при числе кавитаций 0,03 и различном фракционном составе природного цеолита в сорбционной загрузке
Figure 3 – The dynamics of the studied indicators in the treatment of livestock effluents with a number of cavitations of 0.03 and a different fractional composition of natural zeolite in sorption loading

Применение природного цеолита с размером зерна 5-8 мм и числа кавитаций 0,03 в процессе очистки животноводческих стоков также не позволило достигнуть желаемого результата, по всем показателям наблюдалось превышение допустимых значений:

- взвешенных веществ на 27%, солей аммония на 33%, pH на 3%. Однако содержание солей аммония при числе кавитаций 0,01 было зафиксировано в пределах ПДК – 16,7 мг/дм³.

Использование в процессе сорбции фракции 3-5 мм при числе кавитации 0,03 не позволило достичь необходимой концентрации солей аммония, превышение составило 50,5%, и pH был выше на 3%. При этом содержание взвеси удалось снизить до 183 мг/дм³.

В ходе эксперимента оптимальные показатели в пределах ПДК были зафиксированы в результате применения в качестве фильтрационной загрузки в сорбционном реакторе природного цеолита с размером фракции 3-5 мм и кавитационного воздействия с коэффициентом 0,01.

В результате проведения экспериментальных исследований удалось не только достичь поставленной цели и изучить динамику изменений физико-химических свойств животноводческих стоков в зависимости от различных факторов в процессе очистки: число кавитаций и фракционный состав сорбционной загрузки, но и доказать эффективность применения предлагаемой технологии.

Выводы. В ходе проведенных нами исследований:

1. Разработана технологическая схема обработки животноводческих стоков на основе сочетания кавитационного и сорбционного метода очистки;

2. Изучена динамика показателей, таких как количество взвешенных веществ, содержание солей аммония в животноводческих стоках, уровень pH при их очистке в результате кавитационного воздействия с коэффициентом 0,01 и 0,03 и применении природного цеолита фракции 1-2, 3-5, 5-8 мм;

3. Установлено, что оптимальные показатели в пределах ПДК были зафиксированы в результате применения в качестве фильтрационной загрузки в сорбционном реакторе природного цеолита с размером фракции 3-5 мм и кавитационного воздействия с коэффициентом 0,01;

4. Доказана эффективность применения предлагаемой технологии, так как на оптимальном варианте опасные концентрации взвешенных веществ сократились на 98,2%, солей аммония на 92,4% и достигли допустимых концентраций, нормализовался уровень pH;

5. В результате применения предложенной технологии очистки животноводческих стоков полученную воду можно будет использовать в дальнейшем для орошения.

Conclusions. In the course of our research:

1. A technological scheme for the treatment of livestock effluents has been developed, based on a combination of cavitation and sorption purification methods;

2. The dynamics of indicators such as the amount of suspended solids, the content of ammonium salts in livestock runoff, the pH level during their purification as a result of radiation exposure with a coefficient of 0.01 and 0.03 and the use of natural zeolite fractions 1-2, 3-5, 5-8 mm were studied;

3. It was found that the optimal values within the MPC were fixed as a result of the use of natural zeolite with a fraction size of 3-5 mm and cavitation effect with a coefficient of 0.01 as a filtration load in a sorption reactor;

4. The effectiveness of the proposed technology has been proven, since in the optimal version, dangerous concentrations of suspended solids decreased by 98.2%, ammonium salts by 92.4% and reached acceptable concentrations, the pH level normalized;

5. As a result of the application of the proposed technology for cleaning livestock waste, the resulting water can be used in the future for irrigation.

Библиографический список

1. Абакирова С. З., Смаилова Т. Биохимические показатели сточных вод на разных этапах очищения. Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. 2023. № 1. С. 149-151.
2. Ерёмина Т. В., Ижунцов О. В. Средства очистки сточных вод на животноводческих комплексах. Вестник ВСГУТУ. 2014. № 6 (51). С. 79-85.
3. Комарова Е. В., Слабунова А. В., Харитонов С. Е. Применение эффекта кавитации при очистке сточных вод животноводства. Экология и водное хозяйство. 2021. Т. 3. № 2. С. 61-74.
4. Кузнецов Е. В. и др. Переработка отходов животноводческих предприятий. Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". 2019. № 3. С. 864-873.

5. Мещеряков М. П., Болотин Д. А., Веденеева В. А. Интенсификация биологических методов очистки животноводческих стоков при их использовании в мелиоративном земледелии. Известия Нижневолжского агро-университетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 472-481.
6. Носов С. И. и др. Технология организации использования особо ценных орошаемых земель сельхозпредприятия в проекте землеустройства. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2024. Т. 19. № 9 (236). С. 531-540.
7. Попов К. Л. Природный цеолит «Цеомикс» (Сокирнит) катионообменная загрузка для очистки от аммонийного азота. Научно-практический журнал «Экология производства». 2017. № 9. 92 с.
8. Смирнова Е. А., Пименов Н. В., Иванникова Р. Ф. Экологическая биотехнология: проблемы и перспективы. Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2023. № 11. С. 121-126.
9. Сторожук Т. А., Чехов А. А. Проектирование систем для обеззараживания животноводческих стоков. Эпоха науки. 2021. № 28. С. 18-20.
10. Цомбуева Б. В., Горяшкина З. В., Щербак Л. Ф. Метод очистки почвы от нефтяного загрязнения с помощью природных сорбентов. Вестник ВолГУ. Сер. 9. Естественные науки. 2017. Т. 7. № 2. С. 19-25.
11. Alekseeva T. P., et al. Assessment of effectiveness of zeolite in acceleration of oil degradation in soil. Siberian Research Institute of Agriculture and Peat, 2017. V. 33. I. 4. Pp. 85-91.
12. Bocharnikov V. S., Denisova M. A., Ovchinnikov A. S., Bocharnikova O. V., Kozinskaya O. V., Meshcheryakov M. P. Promising technology of wastewater treatment with natural ameliorants. Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex. AgroINNOVATION 2021. 2022. P. 012012.
13. Kochetov G., et al. Research of the treatment of depleted nickel-plating electrolytes by the ferritization method. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. V. 3 (6-93). Pp. 52-60.
14. Szogi A. A., Vanotti M. B., Kyoung S. Ro. Methods for treatment of animal manures to reduce nutrient pollution prior to soil application. Springer International Publishing AG (outside the USA), 2015.

References

1. Abakirova S. Z., Smailova T. Biochemical indicators of wastewater at different stages of purification. Proceedings of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic. 2023. № 1. Pp. 149-151.
2. Eremina T. V., Izhuncov O. V. Wastewater treatment facilities at livestock complexes. Vestnik VSSUTU. 2014. № 6 (51). Pp. 79-85.
3. Komarova E. V., Slabunova A. V., Kharitonov S. E. Application of the cavitation effect in the treatment of livestock wastewater. Ecology and water management. 2021. V. 3. № 2. Pp. 61-74.
4. Kuznetsov E. V., et al. Processing of waste from livestock enterprises. Electronic network polythematic journal "Scientific Works of KubSTU". 2019. № 3. Pp. 864-873.
5. Meshcheryakov M. P., Bolotin D. A., Vedeneeva V. A. Intensification of biological methods of livestock wastewater treatment when they are used in reclamation agriculture. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. № 4 (64). Pp. 472-481.
6. Nosov S. I., et al. Technology of organization of the use of especially valuable irrigated lands of an agricultural enterprise in the project of land management. Land management, cadastre and land monitoring. 2024. V. 19. № 9 (236). Pp. 531-540.
7. Popov K. L. Natural Zeolite "Zeomics" (Sokirnite): Cation Exchange Loading for Purification from Ammonium Nitrogen. Scientific and Practical Journal "Ecology of Production". 2017. № 9. 92 p.
8. Smirnova E. A., Pimenov N. V., Ivannikova R. F. Ecological biotechnology: problems and prospects. Veterinary Medicine, Animal Science and Biotechnology. 2023. № 11. Pp. 121-126.
9. Storozhuk T. A., Chekhov A. A. Design of systems for disinfection of livestock stock. The Age of Science. 2021. № 28. Pp. 18-20.
10. Tsombueva B. V., Goryashkova Z. V., Shcherbakova L. F. Method of Soil Cleaning from Oil Pollution Using Natural Sorbents. Vestnik VolSU. Ser. 9. Natural sciences. 2017. V. 7. № 2. Pp. 19-25.
11. Alekseeva T. P., et al. Assessment of effectiveness of zeolite in acceleration of oil degradation in soil. Siberian Research Institute of Agriculture and Peat, 2017. V. 33. I. 4. Pp. 85-91.
12. Bocharnikov V. S., Denisova M. A., Ovchinnikov A. S., Bocharnikova O. V., Kozinskaya O. V., Meshcheryakov M. P. Promising technology of wastewater treatment with natural ameliorants. Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex. AgroINNOVATION 2021. 2022. P. 012012.
13. Kochetov G., et al. Research of the treatment of depleted nickel-plating electrolytes by the ferritization method. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. V. 3 (6-93). Pp. 52-60.
14. Szogi A. A., Vanotti M. B., Kyoung S. Ro. Methods for treatment of animal manures to reduce nutrient pollution prior to soil application. Springer International Publishing AG (outside the USA), 2015.

Информация об авторах

Мещеряков Максим Павлович, доктор технических наук, заведующий кафедрой "Физика", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: maks-sln@yandex.ru

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор кафедры "Механика", профессор РАЕ, заведующий центром: Центр НАМСИ, научный редактор, заместитель главного редактора: редакция журнала «Известия НВ АУК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: fsd_58@mail.ru

Тронева Сергей Викторович, доктор технических наук, доцент кафедры "Эксплуатация и технический сервис машин в АПК" ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: stronev@mail.ru

Кузнецова Надежда Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры "Мелиорация земель и КИВР", заведующая отделом аспирантуры и докторантуры, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: aspirant@volgau.com

Мещерякова Елена Геннадьевна, старший преподаватель кафедры "Менеджмент и логистика в АПК" ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: ale-sn@yandex.ru

Author's Information

Meshcheryakov Maksim Pavlovich, Doctor of Engineering Sciences, Head of the Department of Physics, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: makc-sln@yandex.ru

Fomin Sergey Denisovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Professor of RAE, Head of the center: NAMS Center, Scientific editor, Deputy Editor-in-chief: editorial board of the journal Izvestia NV AUK, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: fsd_58@mail.ru

Tronev Sergey Viktorovich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: stronev@mail.ru

Kuznetsova Nadezhda Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Land Reclamation and KIVR, Head of the Department of Postgraduate Studies and Doctoral Studies, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: aspirant@volgau.com

Meshcheryakova Elena Gennadiyevna, Senior Lecturer at the Department of Management and Logistics in Agriculture, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: ale-sn@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-38

**CONCEPTUAL PROVISIONS OF SEED PREPARATION TECHNOLOGY LEAFLESS
JUZGUNA FOR SOWING BASED ON THE USE OF AUTOMATED PROCESSING LINE**^{1,2}Ryadnov A. I., ¹Fedorova O. A., ¹Sharipov R. V., ²Baykeeva S. H.¹*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*²*Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev
Astrakhan, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Received 17.09.2024

Submitted 13.11.2024

Summary

A pressing issue for a number of regions of the Russian Federation is combating desertification of agricultural lands. It is possible to reduce the rate of desertification of lands by using agrophyto-ameliorative plantations of leafless calligonum. A technology for preparing leafless calligonum seeds for sowing based on the use of an automated technological line is proposed, which allows for a significant increase in the field germination of seeds and a decrease in their consumption.

Abstract

Introduction. Combating desertification of lands is currently particularly relevant for a number of regions of the Russian Federation. Agricultural lands in the Republics of Dagestan and Kalmykia, Stavropol Region, Astrakhan, Volgograd and Rostov Regions are most susceptible to desertification. It is possible to reduce the rate of desertification of lands by using agrophytoameliorative plantings. At the same time, scientists recommend carrying out agroforestry amelioration using zonal technologies using, in particular, leafless calligonum. However, the field germination of this crop is only 25-26%, which indicates the need to make some adjustments to the elements of existing seed preparation technologies for sowing. It is necessary to develop a technology for preparing its seeds for sowing that could ensure high field germination of seeds and their survival rate on various types of soils based on automatic control of the technological process.

The purpose of the work is to propose conceptual provisions of the technology of preparation for sowing of leafless calligonum seeds using an automated technological line. **Materials and methods.** The results of the work are based on a detailed analysis of scientific articles, reports and presentations at scientific conferences related to research into technologies of preparation for sowing and sowing of seeds of crops used for agrophytoameliorative plantings. Possible technological operations for preparing leafless calligonum seeds for sowing, ensuring maximum seed safety and their field germination are considered. **Results and discussion.** High-quality seedlings of agricultural crops can be obtained by locally improving the quality of the soil where the seed is located after sowing by adding the necessary nutrient mixture to this place or by covering the seed with such a mixture before sowing. Preliminary studies have shown that the seeds of leafless calligonum have a field germination rate of at least 73% when sowing them in capsules made of a nutrient mixture based on biocompost. The mass of biocompost in the capsule mass should be at least 80 - 85%. The following elements of the technology for preparing leafless calligonum seeds for sowing based on their encapsulation are proposed: preparation of a nutrient mixture for making capsules; feeding the first portion of the nutrient mixture into the matrix; compaction of the first portion of the nutrient mixture in the matrix; separating one seed from the total mass of seeds connected to each other by wings and bristles and ensuring the seed feed into the matrix onto the compacted first portion of the nutrient mixture; feeding the second portion of the nutrient mixture into the matrix onto the seed and the first part of the nutrient mixture; compacting the second portion of the nutrient mixture in the matrix; coating the manufactured capsules with an adhesive liquid with subsequent coating with powder; drying the manufactured capsules and collecting

them in a bin. The noted elements of the technology for preparing the seeds of leafless chokeberry for sowing based on their encapsulation are implemented using an automated technological line for encapsulating non-flowing seeds, the diagram and operating principle of which are presented in the article. **Conclusions.** The proposed technology for preparing leafless calligonum seeds for sowing based on the use of an automated process line includes the following process operations: programming the control unit for the specified process parameters; starting the belt conveyor with automatic coordination of its movement and stops with the operation of all technical elements of the process line; feeding the first portion of the nutrient mixture to form the lower part of the capsule; compacting the first portion of the nutrient mixture with the creation of a depression for the seed; feeding the seed into the depression of the first portion of the nutrient mixture; feeding the second portion of the nutrient mixture to form the upper part of the capsule; compacting the second portion of the nutrient mixture with the formation of a capsule; coating the capsule with an adhesive liquid; dusting the capsule coated with an adhesive liquid; heating the manufactured capsules with the formation of a hardened crust on their surface; collecting ready capsules in a bunker. The implementation of the proposed conceptual provisions will allow automating the process of preparing leafless calligonum seeds for sowing, significantly reducing seed consumption and increasing their field germination.

Keywords: leafless juzgun, technology of seed preparation for sowing, seed encapsulation.

Citation. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Sharipov R. V., Baykeeva S. H. Conceptual provisions of the technology of preparing leafless juzgun seeds for sowing based on the use of an automated processing line. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 348-356 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-38.

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 631.53.01

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН ДЖУЗГУНА БЕЗЛИСТНОГО К ПОСЕВУ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

^{1,2}Ряднов А. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Федорова О. А., доктор технических наук, доцент

¹Шарипов Р. В., кандидат технических наук, доцент

²Байкеева С. Х., аспирант

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева

г. Астрахань, Российская Федерация

Актуальность. Борьба с опустыниванием земель особенно актуальна в настоящее время для ряда регионов Российской Федерации. В наибольшей степени подвержены опустыниванию земли сельскохозяйственного назначения Республик Дагестан и Калмыкия, Ставропольского края, Астраханской, Волгоградской и Ростовской областей. Снизить скорость опустынивания земель возможно путем использования агрофитомелиоративных насаждений. При этом учеными рекомендуется выполнять агролесомелиорацию по зональным технологиям с использованием, в частности, джужгуна безлистного. Однако полевая всхожесть этой культуры составляет всего 25-26%, что свидетельствует о необходимости внесения некоторых корректировок в элементы существующих технологий подготовки семян к их посеву. Необходимо разработать такую технологию подготовки его семян к посеву, которая могла бы обеспечить высокую полевую всхожесть семян и их приживаемость на различных типах почв на основе автоматического управления технологическим процессом. **Цель работы** – предложить концептуальные положения технологии подготовки к посеву семян джужгуна безлистного с использованием автоматизированной технологической линии. **Материалы и методы.** Результаты работы основаны на детальном анализе научных статей, отчетов и выступлений на научных конференциях, относящихся к исследованиям технологий подготовки к посеву и посева семян культур, используемых для агрофитомелиоративных насаждений. Рассмотрены возможные технологические операции по подготовке семян джужгуна безлистного к посеву, обеспечивающие максимальную сохранность семян и их полевую всхожесть. **Результаты и обсуждение.** При осуществлении операций по подготовке семян джужгуна безлистного важной особенностью является необходимость учета достаточно широкого спектра различных факторов, влияющих на сохранность семян от момента их посева до всходов. Следует отметить важнейшие из них: температура, влажность и тип почвы, обеспеченность семян питательными и защитными от болезней и вредителей элементами, их оптимальное сочетание. Учет указанных факторов при подготовке почвы перед посевом семян джужгуна безлистного и при его посеве является основной получения высококачественных всходов. Получить высококачественные всходы семян сельскохозяйственных культур возможно за счет

локального повышения качества почвы в месте нахождения семени после посева. Повысить содержание питательных веществ в почве в месте нахождения семени можно путем внесения в это место необходимой питательной смеси или покрытия семени до ее посева такой смесью. Предварительные исследования показали, что семена джугуна безлистного имеют полевую всхожесть не менее 73% при посеве их в капсулах, изготовленных из питательной смеси, основой которой является биокомпост, полученный путем ферментационной обработки смеси навоза, торфа и очеса льна, карбоксимелицеллюлозы, активатора роста и вспученного перлита. При этом очес льна и карбоксимелицеллюлоза являются армирующим компонентом капсулы, а вспученный перлит – наполнителем. Масса биокомпоста в массе капсулы должна составлять не менее 80-85 %. Элементами технологии подготовки к посеву семян джугуна безлистного на основе их капсулирования предлагаются следующие: подготовка питательной смеси для изготовления капсул; подача первой порции питательной смеси в матрицу; уплотнение первой порции питательной смеси в матрице; отделение одного семени от общей массы связанных между собой крылышками и щетинкой семян и обеспечение подачи семени в матрицу на уплотненную первую порцию питательной смеси; подача второй порции питательной смеси в матрицу на семя и первую часть питательной смеси; уплотнение второй порции питательной смеси в матрице; покрытие изготовленных капсул клеящей жидкостью с дальнейшим покрытием порошком; подсушка изготовленных капсул и сбор их в бункер. Отмеченные элементы технологии подготовки к посеву семян джугуна безлистного на основе их капсулирования реализуются применением автоматизированной технологической линии для капсулирования несыпучих семян, схема и принцип работы которой представлены в статье. **Выводы.** Предлагаемая технология подготовки семян джугуна безлистного к посеву на основе использования автоматизированной технологической линии включает следующие технологические операции:

- программирование блока управления на заданные параметры технологического процесса;
- запуск ленточного транспортера с автоматическим согласованием его движения и останов с функционированием всех технических элементов технологической линии;
- подача первой порции питательной смеси для формирования нижней доли капсулы;
- уплотнение первой порции питательной смеси с выполнением углубления для семени;
- подача семени в углубление первой порции питательной смеси;
- подача второй порции питательной смеси для формирования верхней доли капсулы;
- уплотнение второй порции питательной смеси с формированием капсулы;
- покрытие капсулы клеящей жидкостью;
- опудривание капсулы, покрытой клеящей жидкостью;
- подогрев изготовленных капсул с образованием упрочненной корки на их поверхности;
- сбор готовых капсул в бункер для дальнейшего посева их специализированной сеялкой.

Реализация предложенных концептуальных положений позволит автоматизировать процесс подготовки семян джугуна безлистного к посеву, существенно снизить расход семян и увеличить их полевую всхожесть.

Ключевые слова: джугун безлистный, технологии подготовки семян к посеву, капсулирование семян.

Цитирование. Ряднов А. И., Федорова О. А., Шарипов Р. В., Байкеева С. Х. Концептуальные положения технологии подготовки семян джугуна безлистного к посеву на основе использования автоматизированной технологической линии. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 348-356. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-38.

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. Борьба с опустыниванием земель особенно актуальна в настоящее время, как для ряда регионов Российской Федерации, так и для некоторых стран Африки, Центральной Азии и Австралии [1, 2, 3].

В Российской Федерации в наибольшей степени подвержены опустыниванию земли сельскохозяйственного назначения Республик Дагестан и Калмыкия, Ставропольского края, Астраханской, Волгоградской и Ростовской областей [2, 4, 5].

Снизить скорость опустынивания земель возможно путем использования агрофитомелиоративных насаждений [6, 7, 8].

При этом учеными рекомендуется выполнять агролесомелиорацию по зональным технологиям с использованием джугуна безлистного и терескена серого [5, 6, 7]. Однако при посеве семян, например джугуна безлистного, его полевая всхожесть составляет всего 25-26% [9], а приживаемость растений в первый год достигает только 72% [2], что свидетельствует о необходимости внесения некоторых корректировок в элементы существующих технологий подготовки семян к их посеву.

Как показано в материалах ряда научно-исследовательских работ [9, 10 и др.], для рекультивации пастбищных экосистем, склонных к деградации, достаточно широко используется джужгун безлистный. Эта культура не только предотвращает эрозионные процессы, но и позволяет осуществлять снегозадержание, что приводит к снижению промерзания почвы и увеличению ее влажности [11, 12]. Такой положительный эффект от использования джужгуна безлистного связан с его эколого-биологическими характеристиками. Эта культура (*Calligonum aphyllum*) относится к семейству гречишных. Она кустарникового вида высотой 2 м и более с мощной корневой системой, обеспечивающей противостояние переносу песка. Семена джужгуна безлистного крылатые, покрытые щетинками, хорошо переносятся ветром (рисунок 1).



а)



б)

Рисунок 1 – Семя (а) и куст (б) джужгуна безлистного
Figure 1 – Seed (a) and bush (b) of leafless juzgun

Из отмеченного выше следует, что исследования, направленные на эффективное использование джужгуна безлистного для сдерживания процесса деградации земель, имеют важное значение для ряда регионов Российской Федерации.

При использовании джужгуна безлистного для рекультивации экосистем необходимо разработать такую технологию подготовки его семян к посеву, которая могла бы обеспечить высокую полевую всхожесть семян и их приживаемость на различных типах почв на основе автоматического управления технологическим процессом.

Цель работы: предложить концептуальные положения технологии подготовки к посеву семян джужгуна безлистного с использованием автоматизированной технологической линии.

Материалы и методы. Результаты работы основаны на детальном анализе научных статей, отчетов и выступлений на научных конференциях, относящихся к исследованиям технологий подготовки к посеву и посева семян культур, используемых для агрофитомелиоративных насаждений. Рассмотрены возможные технологические операции по подготовке семян джужгуна безлистного к посеву, обеспечивающие максимальную сохранность семян и их полевую всхожесть.

Результаты и обсуждение. При осуществлении операций по подготовке семян джужгуна безлистного важной особенностью является необходимость учета достаточно широкого спектра различных факторов, влияющих на сохранность семян от момента их посева до всходов. Следует отметить важнейшие из них: температура, влажность и тип почвы, обеспеченность семян питательными и защитными от болезней и вредителей элементами, их оптимальное сочетание. Учет указанных факторов при подготовке почвы перед посевом семян джужгуна безлистного и при его посеве является основой получения высококачественных всходов (Ибрагимов К. М., Умаханов М. А. Эколого-биологическая характеристика и агротехника возделывания полупустынных кормовых растений. Махачкала: «Riso-Press», 2020. 63 с.).

Получить высококачественные всходы семян сельскохозяйственных культур возможно за счет локального повышения качества почвы в месте нахождения семени после посева. Так, локально повысить и сохранить влажность почвы при возделывании сельскохозяйственных культур можно путем применения гидрогеля [13]. Повысить содержание питательных веществ в почве в месте нахождения семени можно путем внесения в это место необходимой питательной смеси или покрытия семени до ее посева такой смесью.

Предварительные исследования показали, что полевая всхожесть семян джужгуна безлистного достигает 73% при посеве их в капсулах, изготовленных из питательной смеси, основой которой является биокомпост, полученный путем ферментационной обработки смеси навоза, торфа и очеса льна, карбоксимелицеллюлозы, активатора роста и вспученного перлита. При этом очес льна и карбоксимелицеллюлоза являются армирующим компонентом капсулы, а вспученный перлит – наполнителем. Масса биокомпоста в массе капсулы должна составлять не менее 80-85 %.

Элементами технологии подготовки к посеву семян джужгуна безлистного на основе их капсулирования предлагаются следующие:

- 1) подготовка питательной смеси для изготовления капсул;
- 2) подача первой порции питательной смеси в матрицу;
- 3) уплотнение первой порции питательной смеси в матрице;
- 4) отделение одного семени от общей массы связанных между собой крылышками и щетинкой семян и обеспечение подачи семени в матрицу на уплотненную первую порцию питательной смеси;
- 5) подача второй порции питательной смеси в матрицу на семя и первую часть питательной смеси;
- 6) уплотнение второй порции питательной смеси в матрице;
- 7) покрытие изготовленных капсул клеящей жидкостью с дальнейшим покрытием порошком;
- 8) подсушка изготовленных капсул и сбор их в бункер.

Отмеченные элементы технологии подготовки к посеву семян джужгуна безлистного на основе их капсулирования реализуются на основе применения автоматизированной технологической линии для капсулирования несыпучих семян, схема которой представлена на рисунке 2.

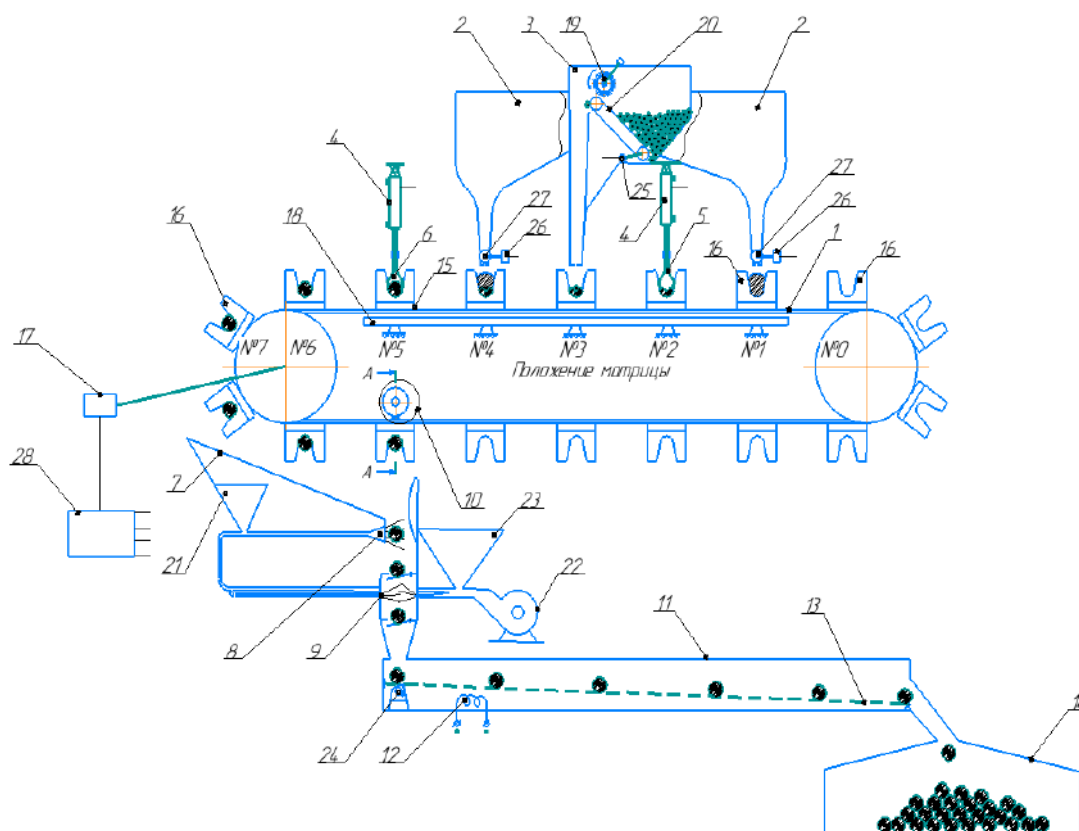


Рисунок 2 – Схема технологической линии для подготовки семян джужгуна безлистного к посеву

Figure 2 – The scheme of the technological line for the preparation of leafless juzgun seeds for sowing

Технологическая линия для подготовки семян джузгуна безлистного к посеву разработана авторами настоящей статьи и включает: ленточный транспортер 1 бесконечного типа (рисунок 2), бункер питательной смеси 2, бункер семян 3, актуаторы 4 с пуансонами 5 и 6, желоб 7, распылитель клеящей жидкости 8, распылитель порошка 9, выталкиватель капсулы 10, камеру подогрева капсул 11, оборудованную нагревательным элементом 12 и сеткой 13, установленной с наклоном в сторону бункера готовых капсул 14 (Ряднов А. И., Шарипов Р. В., Байкеева С. Х. Линия для капсулирования несypучих семян: патент на изобретение RU2812971 С1, 06.02.2024. Заявка № 2023105877 от 13.03.2023).

На ленточном транспортере 1 на равном друг от друга расстоянии закреплены столы 15 с матрицами 16. Ленточный транспортер 1 приводится в движение с помощью шагового двигателя 17. С внутренней стороны ленточного транспортера 1, под пятью столами 15 с матрицами 16 установлена опора 18.

На технологической линии установлены пуансоны двух видов: с выпуклой 5 и вогнутой 6 рабочими поверхностями.

Бункер питательной смеси 2 разделен на две секции. Из первой секции бункера 2 подается питательная смесь в матрицу 16 (положение матрицы № 1) под пуансон 5 с выпуклой рабочей поверхностью, а из второй секции – вторая часть питательной смеси в матрицу 16 (положение матрицы № 5) под пуансон 6 с вогнутой рабочей поверхностью.

Бункер семян 3 оборудован устройством поштучного отделения семян от их общей массы, находящихся в бункере 3. Устройство поштучного отделения семян от их общей массы состоит из щеточного механизма 19 и дозирующей ленты 20.

Клеящая жидкость к распылителю 8 поступает из емкости 21 с помощью воздушного потока, создающего вентилятором 22. Этот же вентилятор подает воздушный поток и к распылителю порошка 9, поступающего из емкости 23.

Сетка 13 подвержена вибрациям с помощью вибратора 24.

Технологическая линия для подготовки семян джузгуна безлистного работает следующим образом.

Управление установленными в технологической линии шаговыми двигателями 17, 25 и 26 соответственно приводов ленточного транспортера 1, дозирующей ленты 20 устройства поштучного отделения семян от их общей массы, находящихся в бункере 3, и заслонок-дозаторов 27 питательной смеси выполняется автоматически блоком управления 28, запрограммированным на заданный режим работы технологической линии.

До запуска технологической линии проверяется соответствие расположения вертикальных осей заслонок-дозаторов 27 питательной смеси, актуаторов 4 с пуансонами 5 и 6 и выгрузного окна бункера семян 3 с вертикальными осями соответствующих матриц 16. В этом положении ленточного транспортера 1 блок управления 28 подает сигнал шаговому двигателю 26 на открытие заслонки-дозатора 27 подачи первой части питательной смеси в матрицу 16 (положение матрицы № 1, матрица 16 расположена первой над опорой 18 при направлении движения ленточного транспортера против движения часовой стрелки). Первая часть питательной смеси подается в углубление матрицы 16. Затем блок управления 28 подает сигнал шаговому двигателю 17, который, вращая ведущее колесо ленточного транспортера 1, перемещает матрицы на один шаг. При этом заполненная первой частью питательной смеси матрица 16 устанавливается под пуансон 5 с выпуклой рабочей поверхностью (положение матрицы № 2). Ленточный транспортер 1 останавливается. После этого блок управления 28 включает, во-первых, актуатор 4, который приводит в движение пуансон 5 с выпуклой рабочей поверхностью, уплотняющий первую часть питательной смеси в углублении матрицы 16, и, во-вторых, подает сигнал шаговому двигателю 26 на открытие заслонки-дозатора 27 подачи первой части питательной смеси в очередную матрицу 16, углубление которой заполняется питательной смесью.

После следующего перемещения ленточного транспортера на один шаг и его остановки, блоком управления 28 подаются одновременно сигналы шаговым двигателям 25 и 26, а также актуатору 4 с пуансоном 5. В этот момент в матрицу 16 (положение матрицы № 3) на уплотненную первую часть питательной смеси из бункера семян 3 подается семя джузгуна безлистного, пуансон 5 уплотняет первую часть питательной смеси в углублении матрицы 16 (положение матрицы № 2) и подается первая часть питательной смеси в

углубление матрицы 16 (положение матрицы № 1). Затем перекрываются заслонки-дозаторы 27, останавливаются щеточный механизм 19 и дозирующая лента 20 бункера семян 3, пуансон 5 возвращается в исходное положение.

Блок управления 28 снова подает сигнал шаговому двигателю 17 на движение ленточного транспортера 1 с перемещением матриц на один шаг. После остановки ленточного транспортера 1 операции, описанные выше, повторяются. В матрицу 16, когда она находится в положении № 4, подается через заслонку-дозатор 27, которая открывается шаговым двигателем 26, управляемым блок управления 28, вторая часть питательной смеси.

Процесс повторяется до остановки ленточного транспортера 1 после очередного шага.

Когда матрица 16 находится в положении № 5, включается в работу актуатор 4 с пуансоном 6, имеющим вогнутую рабочую поверхность. При этом вторая часть питательной смеси уплотняется, капсула приобретает заданную рабочими поверхностями пуансонов форму, а семя джужгуна безлистного находится внутри капсулы.

Матрица 16 с капсулой после очередных перемещений ленточного транспортера оказывается в положении № 7. В этот момент ленточный транспортер меняет свое направление движения и матрица 16 поворачивается капсулой вниз. При этом капсула из матрицы 16 может или выпасть, или нет. В случае, если капсула выпадает из матрицы, она скатывается по желобу 7 в зону, в которой на капсулу наносится клеящая жидкость распылителем 8. В другом случае капсула выталкивается из матрицы 16 выталкивателем 10 и попадает в зону покрытия клеящей жидкостью. Капсула, покрытая клеящей жидкостью, перемещается вниз и попадает под поток порошка из распылителя 9. После опудривания капсула поступает на сетку 13, расположенную в камере подогрева капсул 11. За счет вибраций сетки 13 под действием вибратора 24 капсула перемещается в сторону бункера готовых капсул 14. За время движения капсулы по сетке 13 на капсуле под действием нагретого воздуха с помощью нагревательного элемента 12 образуется корка, которая предотвращает разрушение капсулы при падении в бункер 14, а также при транспортировке и посеве.

Посев семян джужгуна безлистного, заключенных в капсулы, на участках выращивания саженцев может, осуществляться специализированной сеялкой или сажалкой, например, однорядной картофелесажалкой СТ118, агрегируемой минитрактором.

Благодаря покрытию несypучих семян питательной смесью, сформированной в капсулы, покрытию клеящей жидкостью, опудриванию и подогреву изготовленных капсул для образования упроченной корки на их поверхности, а также использованию технических средств, обеспечивающих поточность технологической линии, достигается высокая производительность и качество капсулирования несypучих семян.

Подготовленные по предложенной технологии капсулы с семенами джужгуна безлистного высеваются специализированными сеялками.

Выводы. Предлагаемая технология подготовки семян джужгуна безлистного к посеву на основе использования автоматизированной технологической линии включает следующие технологические операции:

- программирование блока управления на заданные параметры технологического процесса;
- запуск ленточного транспортера с автоматическим согласованием его движения и остановок с функционированием всех технических элементов технологической линии;
- подача первой порции питательной смеси для формирования нижней доли капсулы;
- уплотнение первой порции питательной смеси с выполнением углубления для семени;
- подача семени в углубление первой порции питательной смеси;
- подача второй порции питательной смеси для формирования верхней доли капсулы;
- уплотнение второй порции питательной смеси с формированием капсулы;
- покрытие капсулы клеящей жидкостью;
- опудривание капсулы, покрытой клеящей жидкостью;
- подогрев изготовленных капсул с образованием упроченной корки на их поверхности;
- сбор готовых капсул в бункер для дальнейшего посева их специализированной сеялкой.

Реализация предложенных концептуальных положений позволит автоматизировать процесс подготовки семян джужгуна безлистного к посеву, существенно снизить расход семян и увеличить их полевую всхожесть.

Conclusions. The proposed technology for preparing leafless calligonum seeds for sowing based on the use of an automated process line includes the following process operations: programming the control unit for the specified process parameters; starting the belt conveyor with automatic coordination of its movement and stops with the operation of all technical elements of the process line; feeding the first portion of the nutrient mixture to form the lower part of the capsule; compacting the first portion of the nutrient mixture with the creation of a depression for the seed; feeding the seed into the depression of the first portion of the nutrient mixture; feeding the second portion of the nutrient mixture to form the upper part of the capsule; compacting the second portion of the nutrient mixture with the formation of a capsule; coating the capsule with an adhesive liquid; dusting the capsule coated with an adhesive liquid; heating the manufactured capsules with the formation of a hardened crust on their surface; collecting finished capsules in a hopper for further sowing with a specialized seeder. The implementation of the proposed conceptual provisions will allow automating the process of preparing leafless calligonum seeds for sowing, significantly reducing seed consumption and increasing their field germination.

Библиографический список

1. Дедова Э. Б., Маштыков К. В., Кониева Г. Н., Гольдварг Б. А. Фитомелиоративные приемы реставрации деградированных пастбищных угодий Северо-Западного Прикаспия. Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. Т. 65. № 4 (388). С. 348-350.
2. 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.
3. Шевченко В. А., Дедова Э. Б., Исаева С. Д. Комплексные мелиорации в борьбе с опустыниванием и деградацией земель. Научно-агрономический журнал. 2023. № 4 (123). С. 22-29.
4. Дедова Э. Б., Маштыков К. В., Кониева Г. Н., Гольдварг Б. А. Фитомелиоративные приемы реставрации деградированных пастбищных угодий Северо-Западного Прикаспия. Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 4 (388). С. 348-350.
5. Дедова Э. Б., Гольдварг Б. А., Цаган-Манджиев Н. Л. Деградация земель республики Калмыкия: проблемы и пути их восстановления. Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 63-71.
6. Адамова Р. М., Казиев М.-Р. А. Биологические ресурсы древесно-кустарниковой растительности и его значение для защитного лесоразведения. Известия Горского государственного аграрного университета. 2022. Т. 59. № 4. С. 250-262.
7. Адамова Р. М., Казиев М.-Р. А. Эколого-биологические аспекты формирования защитных лесных насаждений в аридных регионах. Аридные экосистемы. 2021. Т. 27. № 2 (87). С. 26-32.
8. Кулик К. Н., Беляев А. И., Пугачёва А. М. Роль защитного лесоразведения в борьбе с засухой и опустыниванием агроландшафтов. Аридные экосистемы. 2023. Т. 29. № 1 (94). С. 4-14.
9. Булахтина Г. К. Изучение адаптивного потенциала кормовых кустарниковых растений для использования в восстановлении деградированных полупустынных пастбищных экосистем. Аграрный вестник Урала. 2022. № 01 (216). С. 2-11.
10. Подопригорюв Ю. Н., Хюпинин А. А. Джугун безлистный (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Gürke) – эффективный фитомелиорант в засушливых условиях Северного Прикаспия. Известия НВ АУК. 2023. № 2 (70). С. 288-298.
11. Адамова Р. М., Казиев М.-Р. А. Эколого-биологические аспекты формирования защитных лесных насаждений в аридных регионах. Аридные экосистемы. 2021. Т. 27. № 2 (87). С. 26-32.
12. Тютюма Н. В., Булахтина Г. К., Кудряшов А. В., Кудряшова Н. И. Мелиоративная эффективность кустарниковых кулис на аридных пастбищах юга России. Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 1 (82). С. 62-68.
13. Цепляев А. Н. Теоретическое обоснование параметров машины для посадки картофеля с гидрогелем при орошении. Известия НВ АУК. 2023. 2(70). С. 499-507.

References

1. Dedova E. B., Mashtkov K. V., Konieva G. N., Goldvarg B. A. Phytomeliorative methods for restoration of degraded pasture lands of the North-West Caspian region. International agricultural journal. 2022. Vol. 65. No 4 (388). Pp. 348-350.
2. Shevchenko V. A., Dedova E. B., Dedova A. A., Shirokova V. A., Shabanov R. M. Agrophytomelioration in the fight against desertification and land degradation of arid territories. Fertility. 2024. No 3. Pp. 95-99.
3. Shevchenko V. A., Dedova E. B., Isaeva S. D. Integrated land reclamation in the fight against desertification and land degradation. Scientific and agronomic journal. 2023. No 4 (123). Pp. 22-29.
4. Dedova E. B., Mashtkov K. V., Konieva G. N., Goldvarg B. A. Phytomeliorative techniques for restoration of degraded pasture lands of the Northwestern Caspian Sea. International Agricultural Journal. 2022. No 4 (388). Pp. 348-350.
5. Dedova E. B., Goldvarg B. A., Tsaagan-Manjiev N. L. Land degradation of the Republic of Kalmykia: problems and ways of their restoration. Arid ecosystems. 2020. Vol. 26. No 2 (83). Pp. 63-71.
6. Adamova R. M., Kaziev M.-R. A. Biological resources of woody and shrubby vegetation and its importance for protective afforestation. Proceedings of the Gorsky State Agrarian University. 2022. Vol. 59. No 4. Pp. 250-262.
7. Adamova R. M., Kaziev M.-R. A. Ecological and biological aspects of the formation of protective forest plantations in arid regions. Arid ecosystems. 2021. Vol. 27. No 2 (87). Pp. 26-32.

8. Kulik K. N., Belyaev A. I., Pugacheva A. M. The role of protective afforestation in combating drought and desertification of agricultural landscapes. *Arid ecosystems*. 2023. Vol. 29. No 1 (94). Pp. 4-14.
9. Bulakhtina G. K. The study of the adaptive potential of forage shrub plants for use in the restoration of degraded semi-desert pasture ecosystems. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022. No 01 (216). Pp. 2-11.
10. Podoprigorov Yu. N., Khyupinin A. A. Leafless juzgun (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Gürke) is an effective phytomeliorant in the arid conditions of the Northern Caspian region. *Izvestia NV AUK*. 2023. No 2 (70). Pp. 288-298.
11. Adamova R. M., Kaziev M.-R. A. Ecological and biological aspects of the formation of protective forest plantations in arid regions. *Arid ecosystems*. 2021. Vol. 27. No 2 (87). Pp. 26-32.
12. Tyutyuma N. V., Bulakhtina G. K., Kudryashov A. V., Kudryashova N. I. Reclamation efficiency of shrub coults on arid pastures in the south of Russia. *Arid ecosystems*. 2020. V. 26. No 1 (82). Pp. 62-68.
13. Tseplyaev A. N. Theoretical substantiation of the parameters of a machine for planting potatoes with hydrogel under irrigation. *Izvestiya NV AUK*. 2023. No 2 (70). Pp. 499-507.

Информация об авторах

Ряднов Алексей Иванович, Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), профессор кафедры агротехнологий ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева (Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20а), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Федорова Ольга Алексеевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технические системы в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, e-mail: foa_77@mail.ru

Шарипов Ренат Вильевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6671-5357>, e-mail: renat_sharipov@mail.ru

Байкеева Светлана Хабдуловна, аспирант кафедры агротехнологий ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева (Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20а), ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7471-6650>, e-mail: 14ssh1994@mail.ru

Author's Information

Ryadnov Aleksey Ivanovich, Honored worker of the higher school of the Russian Federation, doctor of agricultural Sciences, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), Professor of the Department of Agricultural Technologies of the Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishcheva st., 20a), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Fedorova Olga Alekseevna, Doctor of Engineering Sciences, associate Professor, Professor of the Department "Technical systems in agriculture", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, e-mail: foa_77@mail.ru

Sharipov Renat Vilyevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Operation and Technical Service of Machines in the Agricultural Sector, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6671-5357>, e-mail: renat_sharipov@mail.ru

Baykeeva Svetlana Khabdulovna, postgraduate student of the Department of Agricultural Technologies of the Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishchev St., 20a), ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7471-6650>, e-mail: 14ssh1994@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-39

PROBLEMS OF AUTONOMOUS WIND POWER PLANTS AND WAYS TO OVERCOME THEM¹Eviev V. A., ¹Voronin S. M., ¹Kurepina N. L., ¹Okonov M. M., ²Yudaev I. V.

¹*Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov
Elista, Russian Federation*

²*Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin
Krasnodar, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: aviev@yandex.ru

Received 25.10.2024

Submitted 02.12.2024

Summary

The article provides an analysis of the existing problems in using wind power stations for supplying electricity to autonomous facilities located at significant distances from centralized power lines. The necessity of optimizing the operational wind speed is demonstrated, taking into account the identified battery storage and energy production periods of the wind power station. Recommendations are given for determining the parameters of these periods based on available meteorological data.

Abstract

Introduction. A pressing challenge in the sustainable development of rural and remote areas, distant from centralized power supplies, is ensuring a sufficient and reliable energy supply for essential activities. The most suitable technical solution to this problem is the use of renewable energy sources that harness local energy forms. **Materials and Methods.** Traditional approaches were employed to assess known wind en-

ergy resources using publicly available data. Additionally, the so-called battery storage and energy production periods of wind energy installations were considered significant factors in the analysis. **Results.** A well-functioning wind energy installation is characterized by a relationship between the specific electricity output and wind speed, with an emphasis on the speed range that maximizes production. For small-capacity wind stations, commonly used in remote and rural areas, this approach is not always feasible. The analysis conducted highlights the battery storage and energy production periods of small-capacity wind energy installations, assessing their duration based on developed algorithms that process meteorological statistical data. **Conclusions.** The findings allowed the determination of the optimal operational wind speed for the Rostov region, which can be adapted for Kalmykia under different battery storage systems. These findings are justified and differ from recommendations for selecting wind speed for centralized power supply but are not yet sufficient to serve as general guidelines for selecting the operational wind speed for autonomous wind power stations. The significant cost savings on autonomous power systems confirm the effectiveness of considering battery storage and energy production periods during system design.

Keywords: wind power plants, battery period, energy period, optimization of operating wind speed.

Citation. Eviev V. A., Voronin S. M., Kurepina N. L., Okonov M. M., Yudaev I. V. Problems of autonomous wind power plants and ways to overcome them. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 356-367 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-39.

Author Contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution, or analysis of the research. All authors have reviewed and approved the final version of the article.

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

УДК 621.311.26

ПРОБЛЕМЫ АВТОНОМНЫХ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ

¹Эвиев В. А., доктор технических наук, профессор

¹Воронин С. М., доктор технических наук, профессор

¹Курепина Н. Л., доктор биологических наук, профессор

¹Оконов М. М., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²Юдаев И. В., доктор технических наук, профессор

¹ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова»
г. Элиста, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»
г. Краснодар, Российская Федерация

Актуальность. Сегодня актуальной задачей устойчивого развития сельских и удаленных от централизованного электроснабжения территорий является обеспечение их качественной энергией в необходимом для жизнедеятельности количестве. Наиболее подходящим вариантом технического решения обозначенной проблемы является применение возобновляемых источников энергии, функционирующих на местных ее формах. **Материалы и методы.** В качестве методов анализа использовались традиционные подходы по оценке известных ресурсов энергии ветра – данные открытой информации. Кроме этого в качестве значимого фактора оценки использовались так называемые аккумуляторные и энергетические периоды работы ветроэнергетических установок. **Результаты.** Нормально функционирующая ветроэнергетическая установка характеризуется зависимостью удельной выработки электрической энергии в зависимости от скорости ветра, с выделением их всего диапазона этих скоростей значений, соответствующих максимуму выработке. Для ветроэлектростанций малой мощности, которые обычно используются на удаленных и сельских территориях, такой подход не всегда. Проведенный анализ позволяет выделить в работе маломощной ветроэнергетической установки выделить аккумуляторные и энергетические периоды, и оценить их длительность на основании разработанных алгоритмов обработки метеорологической статистической информации. **Выводы.** Полученные результаты позволили определить оптимальную рабочую скорость ветра для Ростовской области и могут быть интерпретированы для Калмыкии, при различных аккумуляторных системах. Они обоснованы и отличаются от рекомендаций по выбору рабочей скорости ветра для централизованного электроснабжения, но в то же время пока еще не могут служить основанием для общих рекомендаций по выбору рабочей скорости ветра автономных ветроэлектростанций. Получаемая значительная экономия средств на автономную систему электроснабжения подтверждает эффективность учета аккумуляторных и энергетических периодов при ее проектировании.

Ключевые слова: ветроэлектростанции, аккумуляторный период, энергетический период, оптимизация рабочей скорости ветра.

Цитирование. Эвиев В. А., Воронин С. М., Курепина Н. Л., Оконов М. М., Юдаев И. В. Проблемы автономных ветроэлектростанций и пути их преодоления. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 356-367. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-39.

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. Сегодня наиболее часто обсуждаемыми проблемами устойчивого развития территорий и улучшения жизни на них населения являются вопросы их обеспечения доступными видами энергии в достаточном для их нормального жизнеобеспечения количестве.

Значительная часть территории России находится в зоне децентрализованного электроснабжения, где потребность в электрической энергии обеспечивается объектами малой энергетики, а это – Дальний Восток, Курильские острова, Крайний Север, Сибирь, Бурятия, Якутия, Алтай и др. Но и там, где имеются централизованные сетевые структуры, не всегда ими охвачены потребители на сельскохозяйственных территориях, в рекреационных зонах, на пасеках, рыбоводческих и охотоведческих хозяйствах и т.п. Решение вопроса энергообеспечения потребителей очень часто осуществляется за счет применения дизельных и бензиновых генераторов, как наиболее удобных в эксплуатации технических средств. Но при этом очень много проблем не решаются полностью или совсем: логистика доставки углеводородного топлива, его постоянно растущая стоимость, вредное влияние на экологию окружающих место пользования территорий и др. [1, 2, 3].

Поэтому внедрение систем возобновляемой энергетики в настоящее время не только возможность эффективно использовать доступные местные ее ресурсы, но и возможность снизить антропогенное влияние энергетической отрасли на окружающее человека пространство. Наиболее доступными из возобновляемых источников энергии (ВИЭ) практически на всей территории России являются энергия ветра и энергия солнечного излучения [2, 3].

Россия обладает значительным техническим потенциалом ветроэнергетики – более 60 ПВт·ч электроэнергии в год. Эксплуатация крупных и, особенно, малых ветроэнергетических установок в России могла бы быть весьма эффективной. Так, районы российского Севера, и в частности Обская губа, Кольский полуостров и большая часть прибрежной полосы Дальнего Востока, относятся к наиболее ветреным зонам по мировой классификации [4, 5].

Россия обладает существенными по площади территориями, где коэффициент использования установленной мощности солнечной генерации превосходит среднеевропейские показатели [2, 5].

Постоянно меняющаяся экономическая, технологическая и социальная ситуация в России в целом существенно влияет на возможные пути развития сектора возобновляемой энергетики страны, что может быть осуществлено по разным подходам: от массового применения электростанций на возобновляемых источниках энергии до их использования лишь в минимальном объеме для решения узких задач по электро- и теплоснабжению [5, 6].

По состоянию на 01.04.2024 года в единой энергетической системе России эксплуатировались 26 крупных ветроэлектростанций с общей мощностью 2455,0 МВт, что составляет 0,92% всей установленной мощности энергосистемы, и 70 крупных солнечных электростанций – установленной мощностью 1788,3 МВт (0,70%) [7].

Энергия ветра характеризуется низкой плотностью, нерегулярностью и высокой стоимостью преобразования возобновляемой энергии в электрическую и тепловую. Однако низкая плотность энергии ветра не должна быть препятствием для применения ветроэлектростанций небольшой мощности в автономных системах электроснабжения, так как автономные объекты (домики рыбака и охотника, пасеки, овцеводческие точки, рекреационные сооружения, загородные дома и т.п.) характеризуются малой установленной потребляемой мощностью электроэнергии [8, 9, 10, 11].

Целью представленных в статье исследований является анализ энергетических характеристик ветрового потока и влияние их на стоимостные показатели применения ветроэнергетических установок для маломощных автономных потребителей через возможность аналитического моделирования продолжительности аккумуляторных и энергетических периодов генерирующих объектов.

Анализ и обсуждение. Маломощные автономные объекты электроснабжения должны бы быть наиболее предпочтительными для применения рассредоточенных возобновляемых источников энергии, каким является ветер. Однако на практике ветровая энергетика с большим трудом внедряется в автономные системы электроснабжения. Наиболее весомым сдерживающим фактором выступает высокая стоимость электроэнергии, получаемая от возобновляемых источников энергии, и пониженная, по сравнению с углеводородными источниками электроэнергии, надежность электроснабжения.

Для преодоления первой проблемы непрерывно работают над снижением стоимости преобразователей возобновляемой энергии, причем направления и подходы для улучшения конструкций и реализуемых способов работы преобразователей ветровой и солнечной энергии различны [6, 8, 12, 13].

Преобразование ветровой энергии, осуществляемой в ветроэнергетической генерирующей установке, практически достигло максимально возможного коэффициента использования мощности ветрового потока [14, 15, 16], и поэтому работы ведутся в направлении оптимизации рабочей скорости ветра [17, 18].

Удельная энергия ветра зависит от скорости ветра и практически (с учетом доступных метеоданных) определяется по формуле [12, 15]:

$$E_B = 3,6 \cdot \frac{\rho}{2} \cdot T \cdot \sum_j V_j^3 \cdot p_j \quad (1)$$

где: E_B – удельная энергия ветра (плотность), кВт·ч/м²; ρ – плотность воздуха при ветре, кг/м³; T – продолжительность года, ч. $T = 8760$ час; V_j – скорость ветра в j -тый промежуток ветра, м/с; p_j – вероятность j -той скорости ветра.

На рисунке 1 приведены графики годовой удельной энергии ветра для регионов с разной средней скоростью ветра.

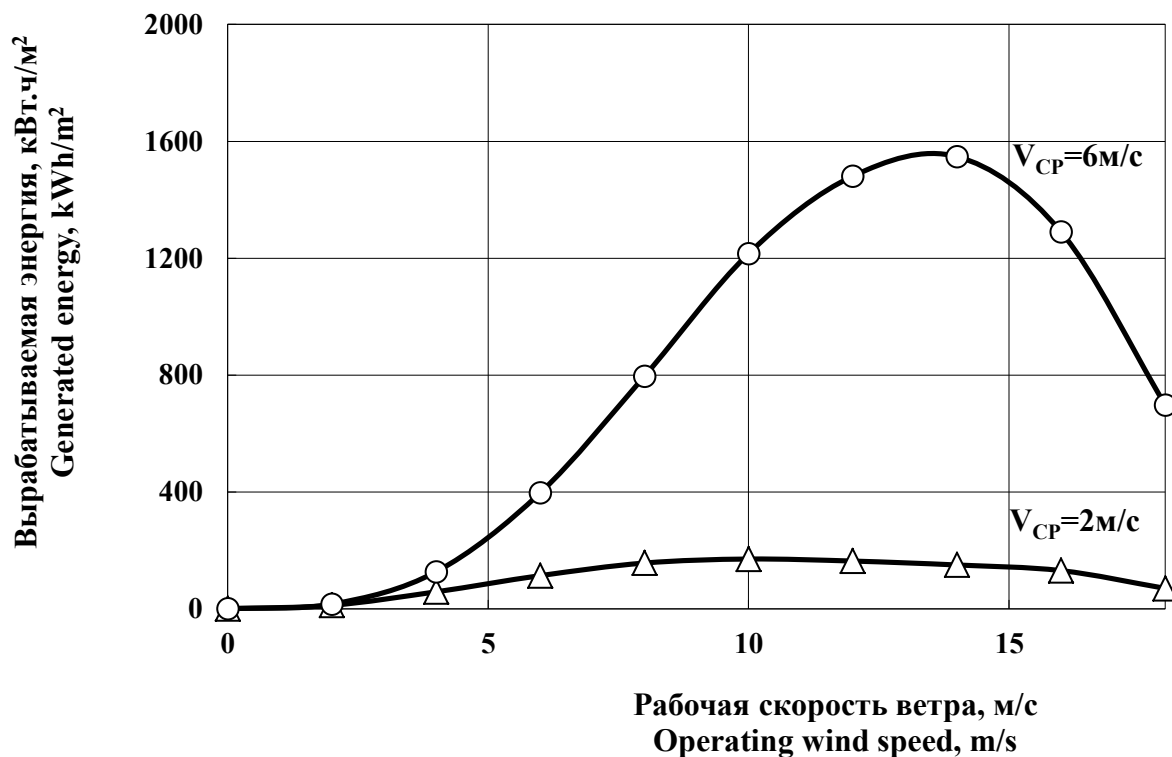


Рисунок 1 – Годовая удельная энергия ветра
Figure 1 – Annual specific wind energy

Таким образом, максимальная энергия ветра наблюдается при его скоростях $(2,5-4) \cdot V_{CP}$. Но, во-первых, не вся энергия ветра передается ветроколесу, что учитывается коэффициентом использования мощности ветрового потока [12, 15]. Кроме того, при ветрах менее $0,8V_P$ и более $1,2V_P$ (здесь V_P – рабочая скорость ветра для ветроэнергетической установки) электроэнергия нужного качества не вырабатывается. Так как потребителя интересует только та энергия ветра, которая может быть реально преобразована в электрическую, то, с учетом этого, рабочую скорость ветра рекомендуется принимать примерно в 1,5-2 раза больше среднегодовой скорости [14].

Эти рекомендации справедливы и полезны при проектировании крупных ветроэлектростанций, работающих параллельно с традиционными электростанциями, так как задачей в этом случае является максимально возможная выработка электроэнергии для общей сети.

Для проектирования как автономных ветроэлектростанций малой мощности, так и отдельных ветроэнергетических установок эти рекомендации не вполне обоснованы по причине того, что нерегулярность ветра неизбежно приводит к некоторому несовпадению периодов потребления электроэнергии и периодов поступления энергии ветра. Это требует аккумуляирования невостробованной потребителем энергии с последующим ее расходом, но уже от используемых аккумуляторов.

На рисунке 2 показаны качественные зависимости стоимости основных блоков автономной системы электроснабжения на основе ветроэнергетических установок и аккумуляторной батареи от рабочей скорости ветра.

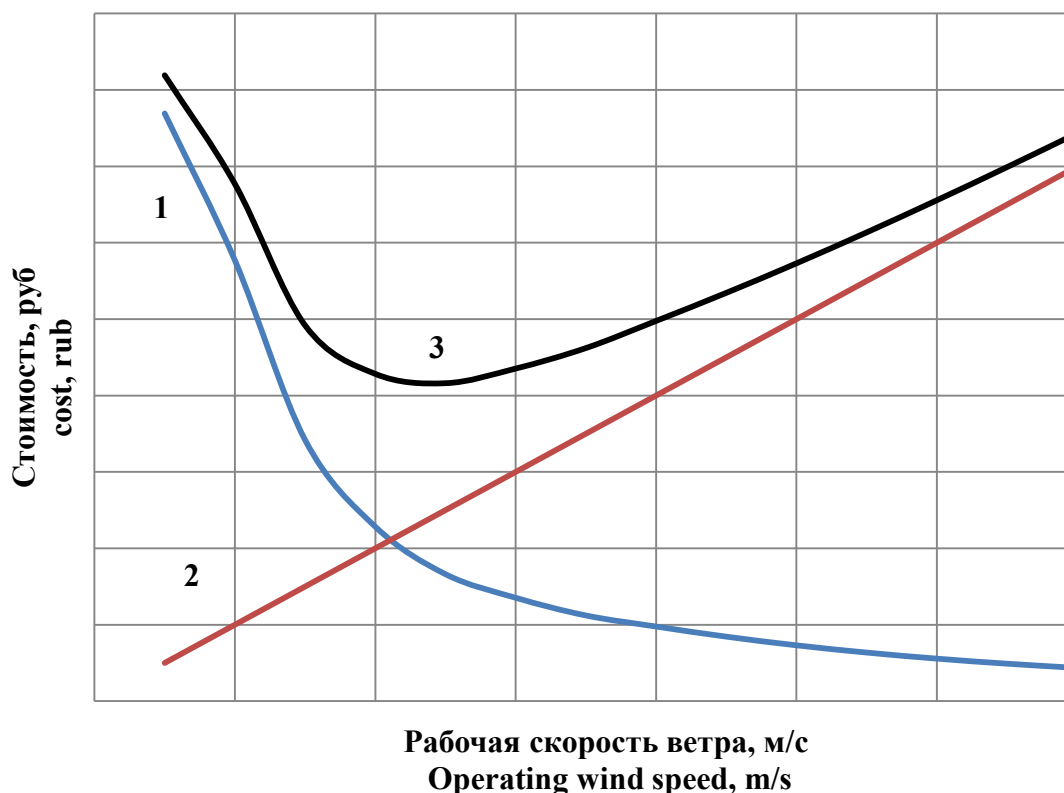


Рисунок 2 – Тенденции зависимости стоимости автономной системы электроснабжения на основе ветроэлектростанции малой мощности и аккумуляторных батарей от рабочей скорости ветра:

1 – стоимость ветроэлектростанции; 2 – стоимость аккумуляторных батарей;

3 – суммарная стоимость автономной системы электроснабжения

Figure 2 – Trends in the dependence of the cost of an autonomous power supply system based on a wind power plant and storage batteries on the operating wind speed: 1 – cost of a wind power plant;

2 – cost of storage batteries; 3 – total cost of an autonomous power supply system

При увеличении рабочей скорости ветра удельная ометаемая площадь ветроколеса, приведенная к единице мощности вырабатываемой энергии, а значит, и размеры ветроэнергетической установки, и ее материалоемкость, уменьшаются. Следовательно, уменьшается и стоимость самой ветроэлектростанции.

Но при увеличении рабочей скорости ветра увеличивается продолжительность периодов со скоростями ветра меньше $0,8V_P$, что приводит к увеличению емкости аккумуляторной батареи. И, напротив, при уменьшении рабочей скорости ветра растет стоимость ветроэнергетической установки, но уменьшается стоимость аккумуляторных батарей (см. рисунок 2). Кроме того, необходимое увеличение емкости аккумуляторной батареи потребует увеличить мощность ветроэлектростанции до значений, обеспечивающих зарядку аккумуляторов. То есть, потребуется увеличить ометаемую площадь ветроколеса, а значит, и материалоемкость, и стоимость отдельной ветроэнергетической установки.

Таким образом, стоимость ветроэнергостанции малой мощности и стоимость аккумуляторных батарей находятся в противоположных зависимостях от рабочей скорости ветра, а суммарная стоимость этих составляющих имеет экстремум – минимальное значение. Это предполагает наличие оптимальной рабочей скорости ветра, при которой суммарные затраты на создание автономной системы электроснабжения на основе ветроэлектростанции с аккумуляторным резервом будут наименьшими.

Если принять, что стоимость аккумуляторов и стоимость ветроэлектростанции пропорциональны емкости и мощности соответствующих узлов автономной системы электроснабжения, то целевая функция, определяющая оптимальную рабочую скорость ветра, будет иметь вид:

$$S_C = k_A C_A + k_B N_B \rightarrow \min \quad (2)$$

где: S_C – суммарная стоимость аккумуляторов и ветроэлектростанции, руб.; k_A, k_B – коэффициенты стоимости аккумуляторов и ветроэлектростанции соответственно, руб./А·ч, руб./Вт; C_A – требуемая емкость аккумуляторов, А·ч; N_B – требуемая мощность ветроэлектростанции, состоящей как минимум из одной ветроэнергетической установки, Вт.

Очевидно, что статистические характеристики непрерывных периодов с достаточной скоростью ветра (назовем их энергетическими периодами) и непрерывных периодов с недостаточной скоростью ветра (назовем их аккумуляторными периодами) наряду с графиком нагрузки определяют емкость аккумуляторных батарей и мощность ветроэлектростанции. То есть:

$$C_A = f\{N_H(\tau), t_A\} \quad (3)$$

$$N_B = f\{N_H(\tau), t_3, V_P\} \quad (4)$$

где: $N_H(\tau)$ – функция мощности нагрузки по времени (график нагрузки); t_A, t_3 – математические ожидания непрерывных аккумуляторных и энергетических периодов для выбранной рабочей скорости ветра, час; V_P – рабочая скорость ветра, м/с.

Функции (3) и (4) являются основой целевой функции, определяющей оптимальную рабочую скорость ветра, при которой суммарная стоимость автономной системы электроснабжения, а значит и стоимость электроэнергии, будут минимальными [8, 14, 19].

К сожалению, метеорологические службы (наземные и космические) не предоставляют статистических характеристик аккумуляторных и энергетических периодов, что требует выявлять эти данные путем различных математических обработок и (или) машинного моделирования [19, 20]. Учитывая важность этих параметров ветра, такие НИР проводятся, и довольно успешно. На наш взгляд, наиболее приемлемо для этих целей использовать данные NASA, собранные в «Архивах погоды» [21]. По разработанным в АЧГАА вычислительным алгоритмам (рисунки 3 и 4) [19, 20], удастся получить достаточные для инженерных расчетов данные о статистических характеристиках аккумуляторных и энергетических периодах.

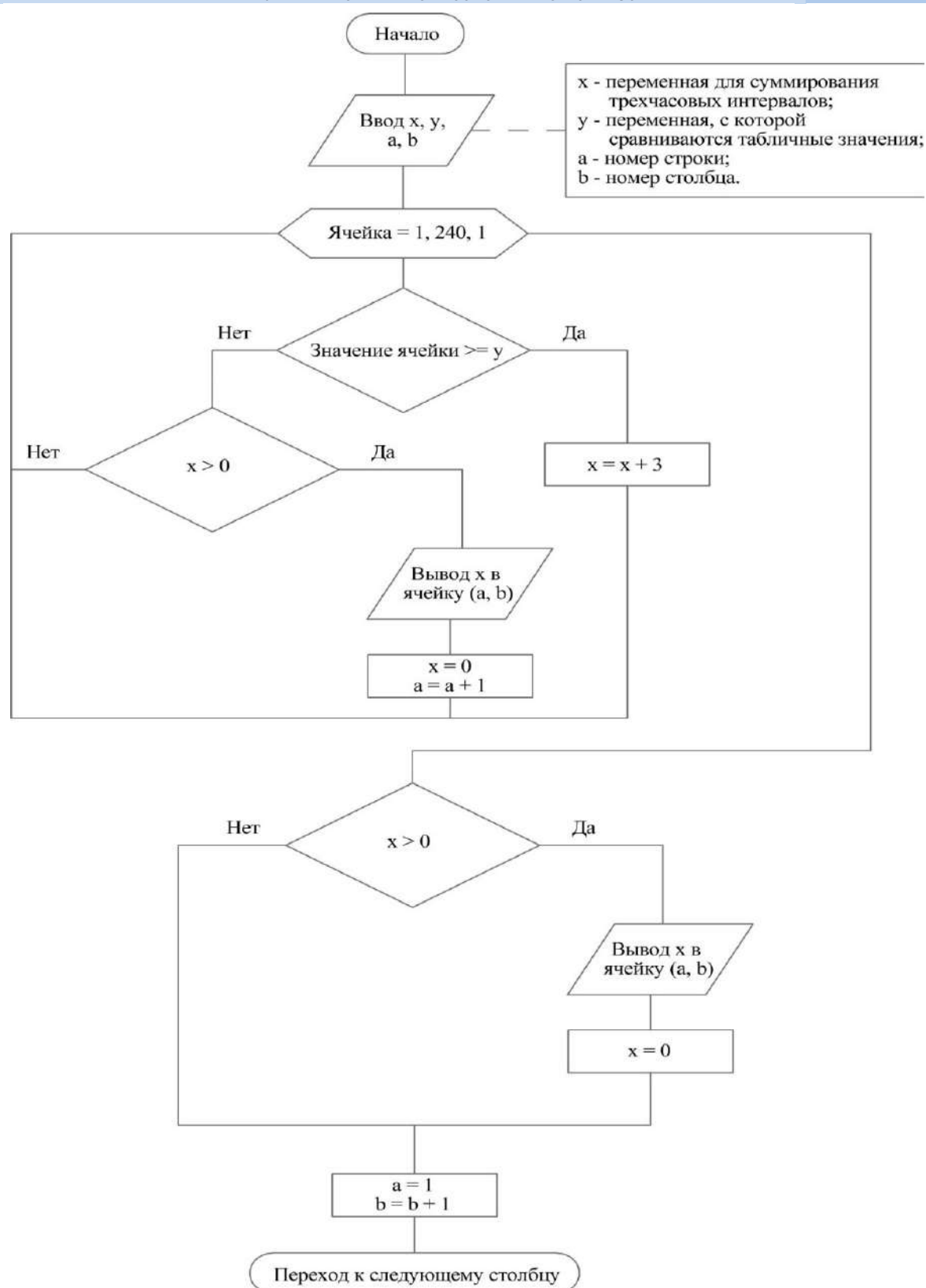


Рисунок 3 – Алгоритм получения табулированных данных о продолжительности аккумуляторных и энергетических периодах

Figure 3 – Algorithm for obtaining tabulated data on the duration of battery and energy periods

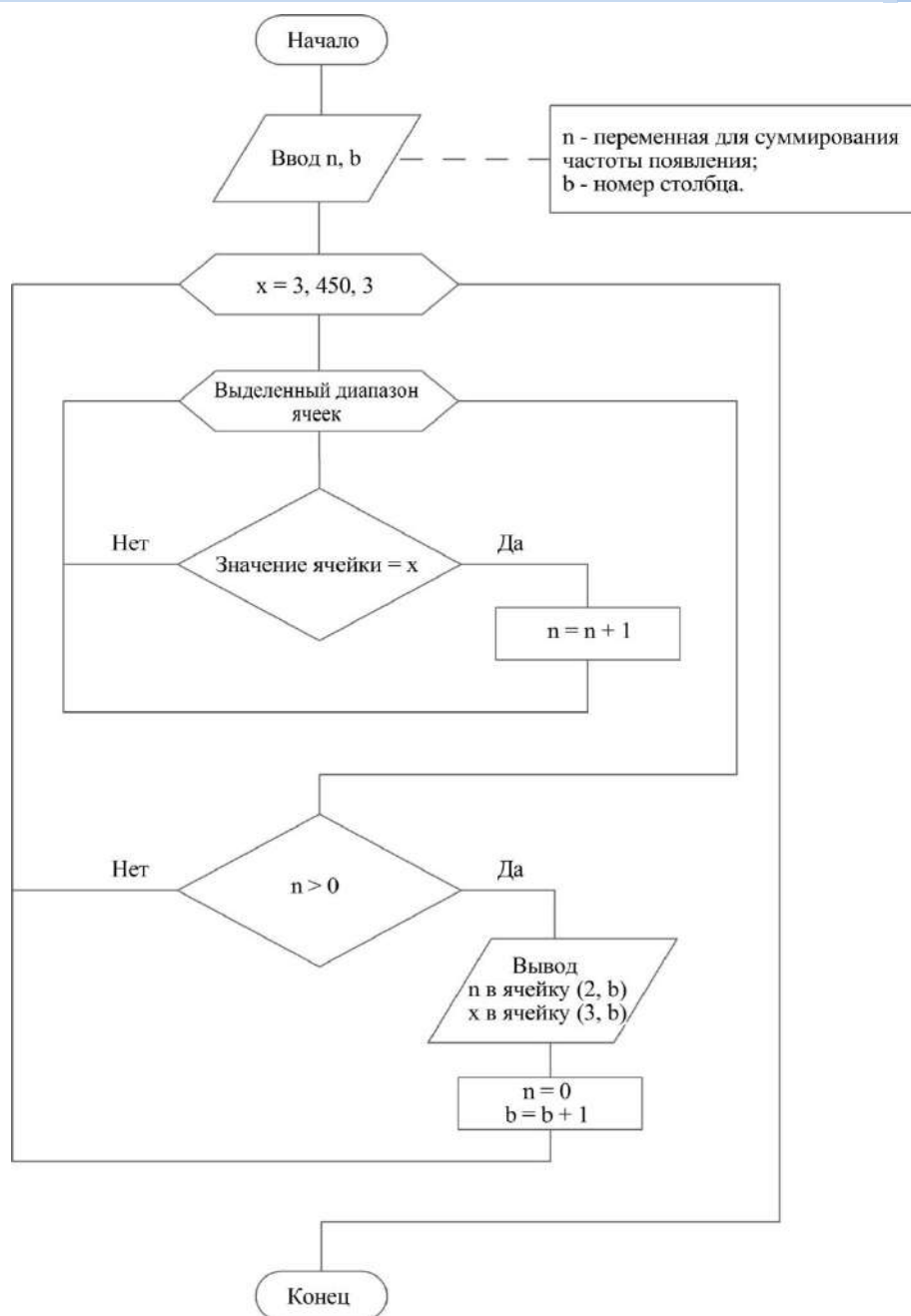


Рисунок 4 – Алгоритм выявления законов распределения продолжительности и статистических характеристик энергетических и аккумуляторных периодов

Figure 4 – Algorithm for identifying the laws of distribution of duration and statistical characteristics of energy and battery periods

Первый алгоритм (рисунок 3) предназначен для обработки справочных таблиц архива погоды по месяцам и получения табулированных данных уже о продолжительности энергетических и аккумуляторных периодов ветра. Второй алгоритм (рисунок 4), используя полученные табулированные данные, позволяет выявить законы распределения и статистические параметры аккумуляторных и энергетических периодов.

Данная методика успешно была реализована для условий Ростовской области, были получены графические (рисунки 5 и 6) и аналитические выражения функций аккумуляторных и энергетических периодов [19, 20].

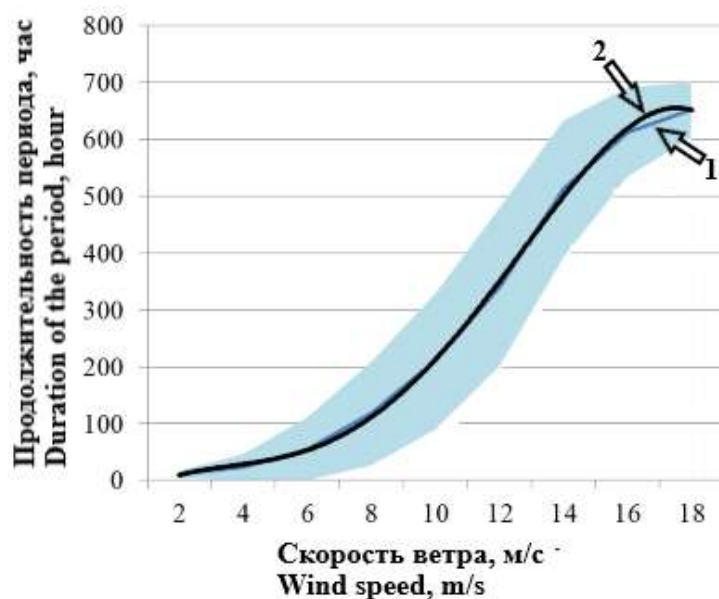


Рисунок 5 – Зависимость продолжительности (математического ожидания) аккумуляторного периода: 1 – экспериментальная зависимость; 2 – полиномиальная аппроксимация
Figure 5 – Dependence of the duration (mathematical expectation) of the accumulator period: 1 – experimental dependence; 2 – polynomial approximation

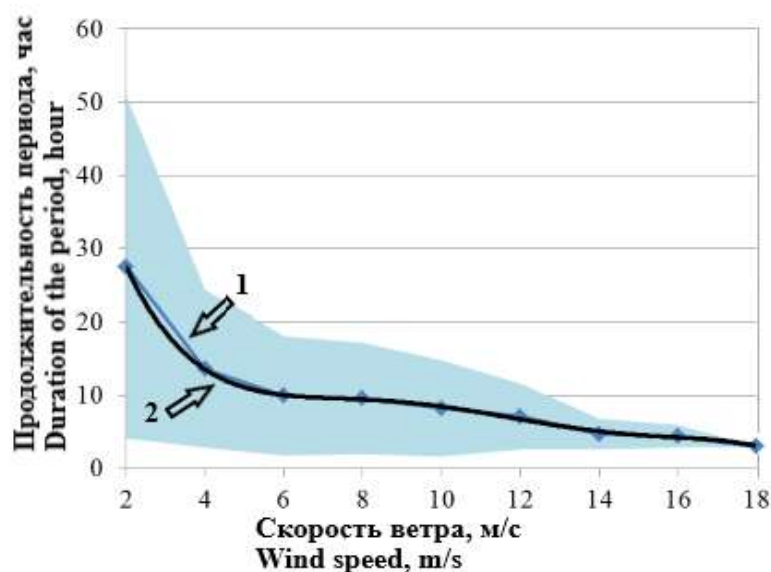


Рисунок 6 – Зависимость продолжительности (математического ожидания) энергетического периода: 1 – экспериментальная зависимость; 2 – полиномиальная аппроксимация
Figure 6 – Dependence of the duration (mathematical expectation) of the energy period: 1 – experimental dependence; 2 – polynomial approximation

Аналитические выражения тренда зависимостей имеют вид [6, 8]:

- для аккумуляторного периода:

$$t_A = -47,717 - 0,044 \cdot V^4 + 1,451 \cdot V^3 - 12,213 \cdot V^2 + 47,459 \cdot V \quad (5)$$

- для энергетического периода:

$$t_3 = 65,454 - 0,0004 \cdot V^5 + 0,023 \cdot V^4 - 0,52 \cdot V^3 + 5,51 \cdot V^2 - 28,088 \cdot V \quad (6)$$

Полученные результаты позволили определить оптимальную рабочую скорость ветра для Ростовской области, которая, при среднегодовой скорости 4,5 м/с, составила 5,5-6 м/с при различных аккумуляторных системах. То есть оптимальная рабочая скорость ветра, при которой суммарная стоимость автономной системы электроснабжения является минимально возможной, равна $(1,2-1,3) \cdot V_{CP}$. Эти результаты обоснованы и отличаются от рекомендаций по выбору рабочей скорости ветра для централизованного электроснабжения ($V_P = (1,5-2) \cdot V_{CP}$, см. выше). Однако это не может быть основанием для общих рекомендаций по выбору рабочей скорости ветра автономных ветроэлектростанций. Полученные результаты свидетельствуют лишь о том, что при формировании автономных систем электроснабжения на основе ветроэлектростанций необходимо учитывать продолжительности аккумуляторных и энергетических периодов.

Выводы. Как показывают представленные расчеты, при рекомендуемой рабочей скорости ветра 5,5-6 м/с стоимость всей автономной системы по сравнению с рабочей скоростью 8-10 м/с уменьшается примерно в 2 раза в расчете на 1 кВт установленной мощности потребителя электроэнергии. Эти расчеты приблизительны и, кроме установленной мощности потребителя, сильно зависят от графика нагрузки. Так, например, для Республики Калмыкия, для которой среднегодовая скорость ветра составляет 4,7 м/с, но потенциальными автономными потребителями являются преимущественно овцеводческие точки и домики рыбака оптимальная рабочая скорость ветра по расчетам составляет 6,0-6,5 м/с, то есть превышает среднегодовую в 1,25-1,4 раза.

Тем не менее значительная экономия средств на автономную систему электроснабжения подтверждает эффективность учета аккумуляторных и энергетических периодов при ее проектировании.

Conclusions. As the presented calculations show, at the recommended operating wind speed of 5.5-6 m/s, the cost of the entire autonomous system in comparison with the operating speed of 8-10 m/s is reduced by about 2 times per 1 kW of the installed capacity of the electricity consumer. These calculations are approximate and, in addition to the installed capacity of the consumer, strongly depend on the load schedule. For example, for the Republic of Kalmykia, for which the average annual wind speed is 4.7 m/s, but the potential autonomous consumers are mainly sheep breeding points and fishermen's houses, the optimal operating wind speed according to calculations is 6.0-6.5 m/s, that is, it exceeds the average annual speed by 1.25-1.4 times.

Nevertheless, significant cost savings on an autonomous power supply system confirm the effectiveness of taking into account battery and energy periods when designing it.

Библиографический список

1. Антонов Н. В., Евдокимов М. Ю., Шилин В. А. Возобновляемая энергетика за рубежом и в регионах России. Географическая среда и живые системы. 2020. № 1. С. 85-99.
2. Гордашникова Д. М. Развитие альтернативных источников энергии в регионах России. Актуальные проблемы экономики и менеджмента. 2023. № 3 (39). С. 53-60.
3. Бердин В. Х. и др. Развитие ВИЭ в России: потенциал и практические шаги. Экономическая политика. 2020. Т. 15. № 2. С. 106-135.
4. Kudelin A., Kutcherov V. Wind energy in Russia: The current state and development trends. Energy Strategy Reviews. 2021. V. 34. 100627.
5. Proskuryakova L. N., Ermolenko G. V. The future of Russia's renewable energy sector: Trends, scenarios and policies. Renewable Energy. 2019. V. 143. Pp. 1670-1686.
6. Хасиев И. Р., Хуснутдинов А. Н., Савина Н. П. Экономические аспекты внедрения возобновляемых источников энергии. Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. Т. 9. № 4 (145). С. 11-16.
7. Ежеквартальный информационный обзор рынка ВИЭ в России: I квартал 2024 года. Ассоциация развития возобновляемой энергетики. М.: АРВЭ, 2024. 17 с.
8. Юдаев И. В. и др. Условия эффективного применения возобновляемых источников энергии в России. Известия Санкт-Петербургского ГАУ 2023. № 4 (73). С. 146-156.
9. Юдаев И. В., Даус Ю. В., Рудь Е. Е. Об организации энергообеспечения автономных теплиц малых форм от источников возобновляемой энергии. Энергосбережение и водоподготовка. 2023. № 5 (145). С. 28-30.
10. Амерханов Р. А. и др. Востребованность возобновляемых источников энергии. Сельский механизатор. 2023. № 11. С. 19-21.
11. Иванов С. М. Роль возобновляемых источников энергии в АПК. Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям в АПК: материалы международной научно-практической конференции. Великие Луки: Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. С. 148-150.
12. Григораш О. В. и др. Возобновляемые источники энергии: монография. Краснодар: КубГАУ, 2012. 272 с.
13. Титова И. В., Остриков В. В. Экономика возобновляемых источников энергии. Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы международной научно-практической конференции. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2022. С. 59-64.

14. Воронин С. М. Формирование автономных систем электроснабжения сельскохозяйственных объектов на возобновляемых источниках энергии: монография. Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010. 304 с.
15. Воронин С. М., Оськин С. В., Головки А. Н. Возобновляемые источники энергии и энергосбережение. Краснодар, 2006. 267 с.
16. Давыдов Д. Ю., Обухов С. Г. Оптимизация расположения ветроустановок с учетом аэродинамического взаимовлияния и протяженности кабельных линий сети сбора мощности. Энергосбережение и водоподготовка. 2020. № 3 (125). С. 30-34.
17. Мелехин А. А. Многокритериальная оптимизация параметров ветроэнергетической установки. Естественные и технические науки. 2020. № 1 (139). С. 176-178.
18. Петко В. Г. и др. Оптимизация степени загрузки ветроагрегата при различных скоростях ветра. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 4 (48). С. 76-79.
19. Закиров И. В., Воронин С. М., Закиров Ф. В. Определение параметров автономной ветроэлектростанции малой мощности с комбинированным аккумуляторным резервом. Fundamental and applied science: materials of the XI International scientific and practical conference. 2015. Т. 18. С. 58-62.
20. Закиров И. В. Получение функций энергетического и аккумуляторного периодов ветра для заданной скорости. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). 2016. № 03 (117). IDA 1171603072. <http://ej.kubagro.ru/2016/03/pdf/72.pdf>
21. Архив погоды в Ростове-на-Дону с 1999 года. RostovMeteo.ru <http://www.rostovmeteo.ru/archive.php>.

References

1. Antonov N. V., Evdokimov M. Yu., Shilin V. A. Renewable Energy Abroad and in the Regions of Russia. Geographical environment and living systems. 2020. № 1. Pp. 85-99.
2. Gordashnikova D. M. Development of alternative energy sources in the regions of Russia. Actual problems of economics and management. 2023. № 3 (39). Pp. 53-60.
3. Berdin V. Kh. et al. Development of RES in Russia: Potential and Practical Steps. Economic policy. 2020. V. 15. № 2. Pp. 106-135.
4. Kudelin A., Kutcherov V. Wind energy in Russia: The current state and development trends. Energy Strategy Reviews. 2021. V. 34. 100627.
5. Proskuryakova L. N., Ermolenko G. V. The future of Russia's renewable energy sector: Trends, scenarios and policies. Renewable Energy. 2019. V. 143. Pp. 1670-1686.
6. Khasiev I. R., Khusnutdinov A. N., Savina N. P. Economic Aspects of the Introduction of Renewable Energy Sources. Economics and Management: Problems, Solutions. 2024. V. 9. № 4 (145). Pp. 11-16.
7. Quarterly information review of the renewable energy market in Russia: I quarter 2024. Association for the Development of Renewable Energy. Moscow, ARVE Publ., 2024. 17 p.
8. Yudaev I. V. et al. Conditions for the effective use of renewable energy sources in Russia. Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University 2023. № 4 (73). Pp. 146-156.
9. Yudaev I. V., Daus Y. V., Rud E. E. On the organization of energy supply of autonomous greenhouses of small forms from sources of renewable energy. Energy saving and water treatment. 2023. № 5 (145). Pp. 28-30.
10. Amerkhanov R. A. et al. Demand for renewable energy sources. Rural machine operator. 2023. № 11. Pp. 19-21.
11. Ivanov S. M. Role of renewable energy sources in the agro-industrial complex. Scientific research of higher education in priority areas in the agro-industrial complex: materials of the international scientific and practical conference. Velikiye Luki: Velikiye Luki State Agricultural Academy, 2023. Pp. 148-150.
12. Grigorash O. V. et al. Renewable Sources of Energy: Monograph. Krasnodar: KubGAU, 2012. 272 p.
13. Titova I. V., Ostrikov V. V. Economics of Renewable Energy Sources. Trends in the development of technical means and technologies in the agro-industrial complex: materials of the international scientific and practical conference. Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 2022. Pp. 59-64.
14. Voronin S. M. Formation of autonomous systems of electric supply of agricultural objects on renewable sources of energy: monograph. Zernograd, 2010. 304 p.
15. Voronin S. M., Oskin S. V., Golovko A. N. Renewable Energy Sources and Energy Saving. Krasnodar, 2006. 267 p.
16. Davydov D. Yu., Obukhov S. G. Optimization of Wind Turbine Location Taking into Account the Aerodynamic Interaction and Length of Cable Lines of the Power Gathering Network. Energy saving and water treatment. 2020. № 3 (125). Pp. 30-34.
17. Melekhin A. A. Multi-criteria optimization of wind power plant parameters. Natural and technical sciences. 2020. № 1 (139). Pp. 176-178.
18. Petko V. G. et al. Optimization of the Wind Turbine Load Degree at Different Wind Speeds. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2014. № 4 (48). Pp. 76-79.
19. Zakirov I. V., Voronin S. M., Zakirov F. V. Determination of the parameters of an autonomous wind power plant of small power with a combined battery reserve. Fundamental and applied science: materials of the XI International scientific and practical conference. 2015. V. 18. Pp. 58-62.
20. Zakirov I. V. Derives the functions of the energy and accumulator periods of the wind for a given speed. Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (Scientific journal of the Kuban State Agrarian University). 2016. № 03 (117). IDA 1171603072. <http://ej.kubagro.ru/2016/03/pdf/72.pdf>.
21. Weather archive for Rostov-on-Don since 1999. RostovMeteo.ru <http://www.rostovmeteo.ru/archive.php>.

Информация об авторах

Эвиев Валерий Андреевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Калмыцкий ГУ имени Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0329-2013>, e-mail: aviev@yandex.ru

Воронин Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Калмыцкий ГУ имени Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11), e-mail: s.voronin-l@yandex.ru

Курепина Наталья Леонидовна, доктор экономических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Калмыцкий ГУ имени Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2901-6463>, e-mail: kurepinanl@mail.ru

Оконов Мутул Максимович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Калмыцкий ГУ имени Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11), e-mail: okonov.51@mail.ru

Юдаев Игорь Викторович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ им И. Т. Трубилина (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3435-4873>, e-mail: etsh1965@mail.ru

Author's Information

Eviev Valery Andreevich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agroengineering, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Republic of Kalmykia, Elista, Pushkin str., 11), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0329-2013>, e-mail: aviev@yandex.ru

Voronin Sergey Mikhailovich, Doctor of Engineering Sciences, professor, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Republic of Kalmykia, Elista, Pushkin str., 11), e-mail: s.voronin-l@yandex.ru

Kurepina Natalya Leonidovna, Doctor of Economic Sciences, Professor, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Republic of Kalmykia, Elista, Pushkin str., 11), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2901-6463>, e-mail: kurepinanl@mail.ru

Okonov Mutul Maksimovich, Doctor of Agricultural Sciences, professor, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Republic of Kalmykia, Elista, Pushkin str., 11), e-mail: okonov.51@mail.ru

Yudaev Igor Viktorovich, Doctor of Engineering Sciences, professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin Street, 13), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3435-4873>, e-mail: etsh1965@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-40

CONCEPTUAL APPROACHES TO THE DESIGN OF COMPLEX LAND RECLAMATION AT THE LEVEL OF AGRO- AND MICROAGROLANDSCAPES

Buber A. A., Lytov M. N., Menshikova S. A.

*All-Russian research center for hydraulic engineering and land reclamation named after A. N. Kostyakov
Moscow, Russian Federation*

Corresponding author E-mail vkovniigim@yandex.ru

Received 27.08.2024

Submitted 13.11.2024

The research corresponds to the research plan of the youth laboratory of the All-Russian research center for hydraulic engineering and land reclamation named after A. N. Kostyakov FGUF-2024-0001 "Study of water exchange of reclaimed agricultural landscape using digital technologies and simulation modeling for the conditions of the Russian Federation in order to scientifically substantiate complex land reclamation, return of land to agricultural circulation and rational use of water and land resources"

Summary

Conceptual approaches to the design of complex land reclamation at the level of agro- and microagrolandscapes have been developed, which are based on an understanding of the ecosystem function as a process that creates some kind of product or conditions that qualitatively characterize the ecosystem.

Abstract

Introduction. The relevance of the research is determined by modern trends in the development of land reclamation, including in terms of integrated development of agricultural territories. In this sense, agricultural lands are considered not as an object of "radical" transformation (improvement), but as an indivisible component of the biosphere, an object of interaction between nature and man, where reclamation technologies are a tool and, at the same time, a factor of anthropogenic pressure. **Object.** Reclaimed agricultural lands, agro- and microagrolandscapes, as an object of complex development and a subject of biological and geological cycles, the regulation of which is aimed at complex land reclamation. **Materials and methods.** The developed approaches to the design of complex land reclamation are significantly based on the concept of "ecosystem function". It is assumed that land reclamation and reclamation technologies can perform ecosystem functions if they are included in this ecosystem, or it is in the zone of influence. This postulate is the basis for the working hypothesis of research, which is based on the assumption that it is possible to determine the structure of complex land reclamation based on the need to regulate ecosystem functions at the level of agricultural landscapes and smaller technoprime units. **Results and conclusions.** The research has developed conceptual approaches to the design of complex land reclamation based on the need to regulate ecosystem functions. The ecosystem function is understood as the process by which a product is created, or conditions are formed that characterize the ecosystem at the level of agro- and microagrolandscape. A set of ecosystem functions characterized in the categories of need, applicability and effectiveness forms a matrix for determining the composition of complex land reclamation. This matrix is heterogeneous in terms of the effectiveness of regulating ecosystem functions in a particular agricultural landscape. Re-

search has proposed an algorithm that groups ecosystem functions according to the criterion of the effectiveness of their regulation using reclamation technologies. The algorithm assumes iterative calculations, as a result of which the core of highly efficient technologies and the structure of complex land reclamation are formed, which is already justified from the point of view of the interaction of various land reclamation techniques.

Keywords: *agrolandscapes, reclaimed lands, complex land reclamation, ecosystem functions, design algorithms.*

Citation. Buber A. A., Lytov M. N., Menshikova S. A. Conceptual approaches to the design of complex land reclamation at the level of agro- and microagrolandscapes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 367-376 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-40.

The 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 final version presented.

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

УДК 631.6:631.95

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ НА УРОВНЕ АГРО- И МИКРОАГРОЛАНДШАФТОВ

Бубер А. А., кандидат технических наук,
Лытов М. Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Меньшикова С. А., кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
им. А. Н. Костякова
г. Москва, Российская Федерация

Исследования проведены в соответствии с планом НИР молодежной лаборатории
ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова FGUF-2024-0001 «Исследование водного обмена
мелиорируемого агроландшафта с применением цифровых технологий и имитационного
моделирования для условий Российской Федерации с целью научного обоснования комплексных
мелиораций, возвращения земель в сельскохозяйственный оборот и рационального
использования водных и земельных ресурсов»

Актуальность. Актуальность исследований определяется современными трендами развития мелиораций, в том числе в части комплексного обустройства сельскохозяйственных территорий. Сельскохозяйственные земли в этом смысле рассматриваются не как объект «коренного» преобразования (улучшения), а как неделимый компонент биосферы, объект взаимодействия природы и человека, где мелиоративные технологии являются инструментом и, одновременно, фактором антропогенного давления. **Объект.** Мелиорируемые сельскохозяйственные земли, агро- и микроагроландшафты как объект комплексного обустройства и субъект биологических, геологических круговоротов, на регулирование которых направлены комплексные мелиорации. **Материалы и методы.** Разрабатываемые подходы к проектированию комплексных мелиораций существенным образом опираются на понятие «экосистемной функции». Предполагается, что мелиорации и мелиоративные технологии могут выполнять экосистемные функции, если они включены в данную экосистему, либо она находится в зоне влияния. Этот постулат положен в основу рабочей гипотезы исследований, которая строится на предположении о возможности определения структуры комплексных мелиораций на основе потребности в регулировании экосистемных функций на уровне агроландшафтов и более мелких техноприродных единиц. **Результаты и выводы.** Исследованиями разработаны концептуальные подходы к проектированию комплексных мелиораций на основе потребности в регулировании экосистемных функций. Под экосистемной функцией понимается процесс, в результате которого создается продукт или формируются условия, которые характеризуют экосистему на уровне агро- и микроагроландшафта. Набор экосистемных функций, характеризующихся в категориях потребности, применимости и эффективности составляет матрицу для определения состава комплексных мелиораций. Эта матрица неоднородна в плане эффективности регулирования экосистемных функций в условиях конкретного агроландшафта. Исследованиями предложен алгоритм, который группирует экосистемные функции по критерию эффективности их регулирования с применением мелиоративных технологий. Алгоритм предполагает итерационные вычисления, в результате выполнения которых формируется ядро высокоэффективных технологий и структура комплексных мелиораций, уже обоснованная с точки зрения взаимодействия различных мелиоративных приемов.

Ключевые слова: *агроландшафты, мелиорируемые земли, комплексные мелиорации, экосистемные функции, алгоритмы проектирования.*

Цитирование. Бубер А. А., Лытов М. Н., Меньшикова С. А. Концептуальные подходы к проектированию комплексных мелиораций на уровне агро- и микроагроландшафтов. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 367-376. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-40.

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. Современное определение комплексных мелиораций включает несколько, на наш взгляд, взаимосвязанных трактовок¹: 1) условное название мелиораций, предусматривающих одновременную или последовательную реализацию на одном мелиорируемом объекте двух и более видов мелиораций (мелиоративных мероприятий, приемов); 2) улучшение объектов мелиорации, достигаемые применением комплекса, взаимосовмещаемых и взаимодополняемых двух или более, различных по характеру, средствам и интенсивности мелиорирующим воздействиям.

Упоминание комплексных мелиораций часто связано и с комплексным действием мелиораций, учитывая не только улучшение условий для продуцирования биологических систем, но и экологическую составляющую, средообразующее действие, влияние на почвообразовательные процессы и т.д. [1, 2, 3, 4]. Значимость этих составляющих мелиораций, учитывая постулируемый «коренной» характер преобразования природы, де-факто, велика, а учет такого рода процессов в практической деятельности не имеет системного характера. Тем не менее проблема ставится и активно обсуждается в научной среде, попытки ее решить привели к созданию научно-обоснованных теорий, в том числе целого направления современной мелиоративной науки, известного как «природообустройство» [1].

В этой связи необходимо отметить, что еще А. Н. Костяков² говорил о важности комплексного регулирования биологического и геологического круговоротов воды и химических веществ, отмечал необходимость удержания антропогенно привнесенных ресурсов в рамках биологического круговорота и недопущения ускорения процессов в круговороте геологическом. Такого рода комплексное управление круговоротами на практике часто невозможно реализовать без применения нескольких разноплановых и разнохарактерных мелиоративных приемов.

Таким образом, комплексные мелиорации – это собирательный термин, в первую очередь обозначающий использование нескольких видов мелиораций на одном объекте. В то же время важно акцентировать необходимость проектирования комплексных мелиораций для совокупного управления процессами почвообразования, биологического продуцирования, миграции минеральных и органических соединений, обмена и др. [5, 6, 7]. Целью исследования является разработка новых концептуальных решений для проектирования комплексных мелиораций на уровне агро- и микроагроландшафта.

Материалы и методы. Разрабатываемые подходы к проектированию комплексных мелиораций существенным образом опираются на понятие «экосистемной функции» [8, 9]. Экосистемная функция имеет отношение прежде всего к экосистеме, которая является основной природной единицей, включающей сообщество живых организмов и среды их обитания, организующие их связи, обмена веществ и энергией. Экосистема проявляется и характеризуется тесно связанными и взаимообусловленными биотическими и абиотическими процессами. Экосистемная функция – это процесс, в результате которого создается какой-либо в достаточной мере определенный (конкретизированный) продукт, или условия, или какие-либо еще последствия, которые характеризуют экосистему.

¹⁰Мелиорации, мелиоративные приемы, мелиоративные технологии могут выполнять экосистемные функции, если они включены в данную экосистему, либо она находится в зоне влияния. Этот постулат положен в основу рабочей гипотезы исследований, которая строится на предположении о возможности определения структуры комплексных мелиораций на основе потребности в регулировании экосистемных функций на уровне агроландшафтов и даже более мелких техноприродных единиц, например, на уровне поля. Такие, – микроагроланд-

¹⁰ [1] Колганов А. В., Шкура В. Н., Щедрин В. Н. Словарь-справочник гидротехника-мелиоратора: терминологический словарь / под. ред. В. Н. Щедрина. – Ч. 1. – Новочеркасск: Рос НИИПМ, 2014. – 422 с.

[2] Костяков А. Н. Основы мелиораций. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 622 с.¹⁰

шафтные единицы, по сути, тождественны определению «элементарного ареала агроландшафта» [10], то есть структурной единице агроландшафта, включающей одну или несколько фаций, составляющих единое целое с точки зрения земледельческого использования.

Рабочая гипотеза исследований предполагает, что экосистемные функции различных видов мелиорации в равной степени являются и функциями данной мелиоративной технологии. Мелиоративные технологии (приемы) в этом случае являются инструментами, с помощью которых реализуется экосистемная функция. И именно это дает возможность предположить, что потребность в экосистемной функции определяет необходимость использования мелиоративной технологии или приема, как инструмента ее практической реализации.

Методологическим базисом исследований является теория адаптивно-ландшафтных систем земледелия [10, 11], современные представления понятия «экосистемной функции» [8, 9], теория комплексных мелиораций и комплексного обустройства территорий, как нового этапа развития мелиораций [1, 5, 6, 12, 13, 14].

Результаты и обсуждение. На рисунке 1 представлена структурная схема экосистемных функций, регулирование которых осуществляется тем или иным видом мелиорации. С учетом актуальности применительно к региону исследований выделены, де-факто, шесть видов мелиораций.

Культуртехнические мелиорации и разуплотнение почвы, которое следует отнести к агротехническим мелиорациям, объединены на схеме одним блоком. Они обеспечивают вовлечение земель в сельскохозяйственный оборот, позволяют повысить уровень окультуренности используемых сельскохозяйственных угодий, решают задачу разуплотнения почвы и разрушения плужной подошвы, обеспечивают создание условий для повышения плодородия почвы. Потребность в проведении культуртехнических мероприятий в настоящее время возрастает в связи активным освоением длительное время не используемых, в том числе, залежных земель сельскохозяйственного назначения.

Основными инструментами гидротехнических мелиораций является орошение и осушение (дренаж). Экосистемными функциями гидротехнических мелиораций является регулирование водного и воздушного режима мелиорированных земель, управление микроклиматом в среде растений и регулирование теплового режима почвы, транспорт химических элементов и соединений, изменение окислительно-восстановительного потенциала, биологической активности почвы, создание условий для расширенного воспроизводства плодородия почвы. Потребность в любой из этих экосистемных функций является основанием для рассмотрения возможности использования гидротехнических мелиораций самостоятельно или в комплексе с другими мелиоративными технологиями.

Наиболее известным приемом химической мелиорации почв, чаще других используемым в регионе исследований, является известкование. Экосистемными функциями известкования являются:

- оптимизация реакции почвенной среды. При известковании нейтрализуются свободные органические и минеральные кислоты в почвенном растворе, а также ионы водорода в почвенном поглощающем комплексе. Итогом этого процесса является снижение актуальной и обменной кислотности, существенным образом снижается гидролитическая кислотность, наблюдается рост обеспеченности почвы основаниями;

- регулирование подвижности и доступности растениям элементов минерального питания. Обеспечивается доступными растениям соединениями азота и фосфора при известковании увеличивается в результате повышения микробиологической активности почвы и усиленного разложения органического вещества. Изменение кислотности почвенной среды также играет существенную роль в повышении доступности питательных элементов растениям. Потери калия из почвы при известковании возрастают, однако необходимо помнить, что кальций и калий являются антагонистами, что может замедлять поступление этого питательного элемента в растения;

- закрепление органического углерода в почве. Механизм закрепления органического углерода в почве, в том числе, связан с образованием гуматов кальция и магния, являющихся более устойчивыми соединениями и повышающими качество органического вещества почвы в целом;

- регулирование популяции активности микробиома почвы. Изменение кислотности почвы при известковании, с одной стороны, оказывает непосредственное влияние на качественный состав микробиома почвы, а с другой, – способствует его росту и активности. В то же время закрепление лабильных форм органического углерода может снижать рост и активность микробиома почвы при определенных условиях.

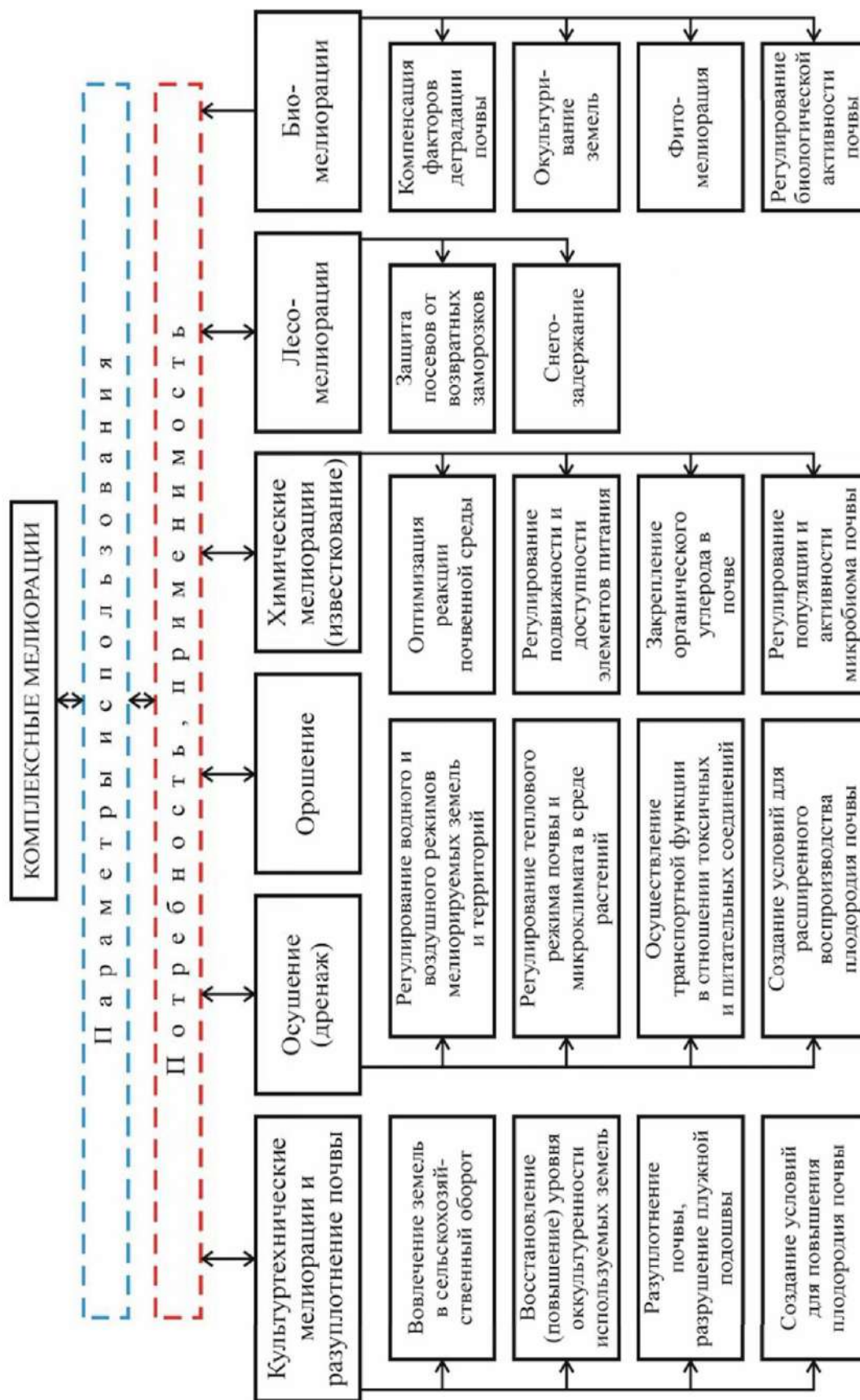


Рисунок 1 – Экосистемные функции как основа проектирования комплексных мелиораций
Figure 1 – Ecosystem functions as the basis for the design of complex land reclamation

Необходимость осуществления одной или нескольких этих функций определяет потребность в проведении химических мелиораций способом известкования и может быть фактором выбора этого приема в составе технологии комплексных мелиораций.

Использование лесомелиоративного обустройства в регионе исследований включает две основные экосистемные функции: это защита посевов от возвратных заморозков и защита полей от сдувания снега в зимний период.

Экосистемные функции биомелиорации включают компенсацию факторов деградации почвы, окультуривание земель, приемы и способы фитомелиорации, регулирование биологической активности почвы. Приемы биологической мелиорации почвы включают применение органических удобрений, корректирование состава и условий для развития почвенного микробиома, применение компостов, верми-компостов и органических отходов промышленных производств, использование бобовых растений, использование растений-фитомелиорантов и др. Потребность в экосистемных функциях такого рода особенно велика на малоплодородных и деградирующих землях.

Таким образом, экосистемная функция является той основной единицей, которая определяет выбор мелиоративных технологий при проектировании и практическом освоении комплексных мелиораций. Набор экосистемных функций, характеризующихся в категориях потребности, применимости и эффективности составляет матрицу для определения состава комплексных мелиораций.

На рисунке 2 приведен укрупненный алгоритм выбора мелиоративных технологий для комплексного применения на уровне агро- и микроагроландшафтов.

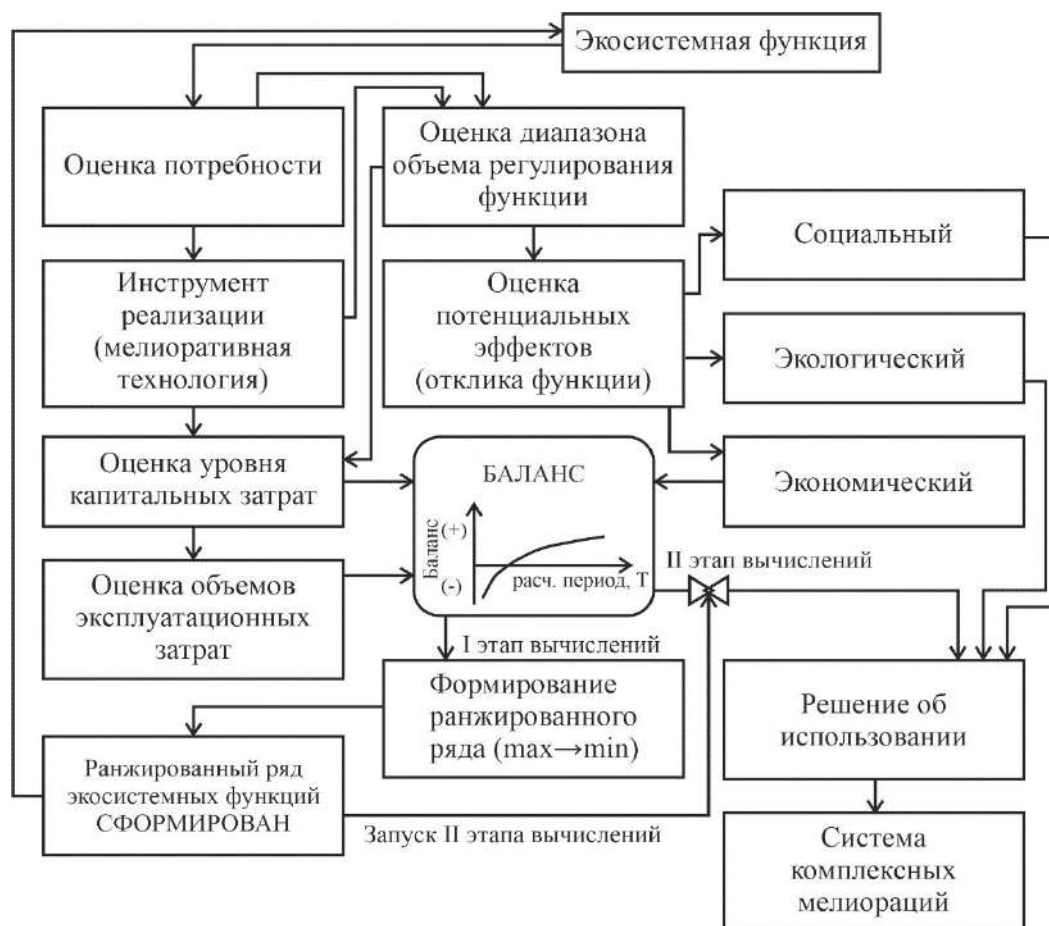


Рисунок 2 – Алгоритм выбора мелиоративных технологий для комплексного применения на уровне агро- и микроагроландшафтов
Figure 2 – Algorithm for the selection of reclamation technologies for integrated use at the level of agro- and microagrolandscapes

Потребность в экосистемной функции определяется ее участием в процессах биологического продуцирования и формирования урожая сельскохозяйственных культур, участием в почвообразовании и процессах формирования плодородия почвы, участием в транспорте химических веществ и формировании рисков загрязнения окружающей среды.

Если процесс, в котором участвует экосистемная функция, не оптимален, а мелиорации, как инструмент регулирования, способствуют улучшению его параметров, то потребность в этой функции определенно существует.

Следующим шагом является выбор инструмента для регулирования (реализации, осуществления) экосистемной функции, в качестве которого рассматривается какая либо мелиоративная технология. Учитывая, что различные виды и технологии мелиорации могут выполнять не одну экосистемную функцию, вполне возможна потребность в нескольких экосистемных функциях, осуществляемых одной мелиоративной технологией. В этом случае речь идет о комплексном использовании мелиоративных технологий, что может быть существенным фактором повышения их эффективности.

Получив инструмент для реализации экосистемной функции, можно уже в конкретных, количественных показателях оценить необходимый (вероятный, максимальный) диапазон ее регулирования. Эта оценка важна как сама по себе, так и для дальнейших расчетов. В частности, если вероятный диапазон регулирования экосистемной функции невысок, то можно ставить под сомнение перспективы мелиоративной технологии, являющейся инструментом для ее регулирования.

Методика оценки необходимого объема регулирования экосистемной функции зависит от самой функции и мелиоративной технологии, необходимой для ее осуществления. Для частных мелиоративных технологий такие методики разработаны, и они могут с успехом применяться при проектировании комплексных мелиораций. Например, требуемый объем орошения для регулирования водного и воздушного режимов мелиорируемых земель определяется дефицитом водного баланса территории, с учетом неотъемлемого, в данном случае, атрибута, – вероятности его обеспечения.

Как правило, для частных видов мелиорации и устоявшихся, региональных севооборотов, систем земледелия, сельскохозяйственных культур уже определены функции отклика хозяйственной (или других видов) эффективности в зависимости от объема регулирования экосистемной функции. Это позволяет провести оценку потенциальных эффектов, которые можно ожидать в результате применения мелиоративной технологии для регулирования соответствующей экосистемной функции. Эффекты необходимо оценивать комплексно, с точки зрения экономики производства, с точки зрения экологии агроландшафтов и окружающей среды, с позиций актуальных социальных задач.

Наряду с оценкой эффектов от регулирования экосистемной функции необходимо определить тот объем ресурсов, который необходим для реализации мелиоративной технологии. Потребляемые ресурсы будут включать капитальные затраты (инвестиции), которые необходимы для проведения мелиораций и складываются из затрат на инженерное обустройство территории (орошение, осушение), на проведение культуртехнических работ, устройство лесополос, приобретение и внесение химмелиорантов и могут включать другие статьи расхода в зависимости от состава технологий комплексных мелиораций. Необходимо также учитывать и эксплуатационные затраты ресурсов, которые требуются для поддержания мелиоративных режимов.

Совокупная стоимость капитальных затрат и эксплуатационного расходования ресурсов должна быть сопоставлена с теми эффектами, которые потенциально можно ожидать при регулировании экосистемной функции. Блок «баланс» приведенного на рисунке 2 алгоритма должен выполнять оценки в динамике, в течение расчетного периода реализации проекта. Из-за, как правило, больших капитальных затрат ресурсов на любой вид мелиорации, баланс в начале расчетного периода почти всегда будет отрицательным. Но для принятия решения об использовании мелиоративной технологии для регулирования экосистемной функции необходимо, чтобы в течении какого времени этот баланс стал положительным. При этом имеет значение и величина положительного смещения баланса и тот период, в течение которого баланс становится не отрицательным (срок окупаемости).

Алгоритм предполагает два этапа вычислений, которые выполняются поочередно. На первом этапе осуществляется бессистемный перебор экосистемных функций с проведением полного комплекса оценок в части потребности регулирования, диапазона регулирования функции, капитальных и эксплуатационных затрат, оценки потенциальных эффектов и баланса. В результате этого этапа вычислений составляется ранжированный ряд экосистемных функций, от большего к меньшему. Ранжирование ведется по величине баланса. Это позволяет упорядочить экосистемные функции, размещая сначала потенциально самые эффективные с последовательным убыванием положительного сальдо.

На втором этапе вычислений выполняются все те же самые действия, но уже на основе системного перебора ранжированного ряда функций. С учетом баланса потенциального эффекта и затрат на регулирование экосистемной функции, а также учитывая социальную значимость и экологический эффект от регулирования функции принимается решение об использовании мелиоративной технологии, обеспечивающей регулирование этой функции. Следующая итерация вычислений в этом случае будет уже проводиться с учетом принятого решения об использовании мелиоративной технологии. При этом эффективность регулирования следующей в ранжированном ряду экосистемной функции будет оцениваться с учетом взаимодействия, возможности совместного использования, практической реализуемости. В результате выполнения алгоритма получим ядро экосистемных функций (одной или более), регулирование которых наиболее оправдано с точки зрения получения потенциальных эффектов. Эффективность всех последующих в ранжированном ряду экосистемных функций определит структуру комплексных мелиораций, уже обоснованную с точки зрения взаимодействия различных мелиоративных технологий.

Заключение. Таким образом, разработаны концептуальные подходы к проектированию комплексных мелиораций на уровне агро- и микроагроландшафтов (производственная единица), в основу которых положено понимание экосистемной функции, как процесса, в результате которого создается какой то продукт, или условия, или какие либо еще последствия, которые качественно характеризуют экосистему. Набор экосистемных функций, характеризующихся в категориях потребности, применимости и эффективности составляет матрицу для определения состава комплексных мелиораций. Эта матрица неоднородна в плане эффективности регулирования экосистемных функций в условиях конкретного агроландшафта. Исследованиями предложен алгоритм, который группирует экосистемные функции по критерию эффективности их регулирования с применением мелиоративных технологий. Алгоритм предполагает итерационные вычисления, в результате выполнения которых формируется ядро высокоэффективных технологий и структура комплексных мелиораций, уже обоснованная с точки зрения взаимодействия различных мелиоративных приемов.

Conclusions. Thus, conceptual approaches have been developed to the design of complex land reclamation at the level of agro- and microagrolandscapes (production unit), which are based on an understanding of the ecosystem function as a process that creates some kind of product, or conditions, or any other consequences that qualitatively characterize the ecosystem. A set of ecosystem functions characterized in the categories of need, applicability and effectiveness forms a matrix for determining the composition of complex land reclamation. This matrix is heterogeneous in terms of the effectiveness of regulating ecosystem functions in a particular agricultural landscape. Research has proposed an algorithm that groups ecosystem functions according to the criterion of the effectiveness of their regulation using reclamation technologies. The algorithm assumes iterative calculations, as a result of which the core of highly efficient technologies and the structure of complex land reclamation is formed, which is already justified from the point of view of the interaction of various land reclamation techniques.

Библиографический список

1. Айдаров И. П. Экологические основы мелиорации земель. Природообустройство. 2022. № 3. С. 6-12.
2. Ольгаренко Г. В., Краснощеков В. Н., Ольгаренко Д. Г. Методические подходы к обоснованию эколого-экономической эффективности инвестиций в комплексное обустройство земель. Бизнес. Образование. Право. 2023. № 3 (64). С. 214-222.
3. Шадских В. А., Кижаяева В. Е. Прогноз изменения агрофизических характеристик почв Поволжья под влиянием длительного орошения. Орошаемое земледелие. 2022. № 3 (38). С. 56-61.
4. Лисецкий Ф. Н., Пичура В. И. Оценка и прогноз направленности почвообразовательного процесса при оросительных мелиорациях земель в степной зоне Украины. Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 1. С. 26-30.
5. Кирейчева Л. В. Биосферно-экологическое обоснование комплексных мелиораций. Природообустройство. 2023. № 2. С. 15-22.

6. Дубенок Н. Н. Теоретические основы обоснования комплексных мелиораций и управление мелиоративными режимами в агроландшафтах в степной и лесостепной зоне. Научно-агрономический журнал. 2023. № 4 (123). С. 16-21.
7. Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Влияние различных типов и видов мелиорации на восстановление и повышение плодородия деградированных почв. Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12. № 1. С. 157-176.
8. Литвинова А. А., Игнатьева М. Н., Коротеев Г. Д. Понятие экосистемных функций и услуг. Экономика и социум. 2016. № 3 (22). С. 715-724.
9. Симонович Е. И. Анализ экосистемной роли почвенной фауны в процессе формирования почвенного плодородия. Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 10-1. С. 108-110.
10. Кирюшин В. И. Система научно-инновационного обеспечения технологий адаптивно-ландшафтного земледелия. Земледелие. 2022. № 2. С. 3-7.
11. Кирюшин В. И. Экологические функции ландшафта. Почвоведение. 2018. № 1. С. 17-25.
12. Мелихов В. В. Необходимость новой концепции комплексных мелиораций сельскохозяйственных земель России. Орошаемое земледелие. 2019. № 1. С. 6-7.
13. Усков И. Б., Янко Ю. Г. Физико-агрономические основы научного обеспечения комплексных мелиораций земель. Агрофизика. 2016. № 4. С. 58-64.
14. Малышева Н. Н., Бочко Т. Ф., Хаджиди А. Е., Кочнева А. Е. К вопросу формирования системы комплексных мелиораций на агроландшафтной основе. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 3 (87). С. 42-51.

References

1. Aidarov I. P. Ecological foundations of land reclamation. Environmental Engineering. 2022. № 3. Pp. 6-12.
2. Olgarenko G. V., Krasnoshchekov V. N., Olgarenko D. G. Methodical approaches to the justification of ecological and economic efficiency of investments in the complex arrangement of lands. Business. Education. Right. 2023. № 3 (64). Pp. 214-222.
3. Shadskikh V. A., Kizhaeva V. E. Forecast of changes in agrophysical characteristics of soils of the Volga region under the influence of long-term irrigation. Irrigated agriculture. 2022. № 3 (38). Pp. 56-61.
4. Lisetsky F. N., Pichura V. I. Assessment and Forecast of the Direction of the Soil-Forming Process in Irrigation Reclamation of Lands in the Steppe Zone of Ukraine. Russian Agricultural Science. 2016. № 1. Pp. 26-30.
5. Kireycheva L. V. Biosphere-ecological justification of complex land reclamation. Environmental Engineering. 2023. № 2. Pp. 15-22.
6. Dubenok N. N. Theoretical foundations of the justification of complex land reclamation and management of reclamation regimes in agrolandscapes in the steppe and forest-steppe zone. Scientific and Agronomic Journal. 2023. № 4 (123). Pp. 16-21.
7. Babichev A. N., Babenko A. A. Influence of various types and types of land reclamation on the restoration and improvement of fertility of degraded soils. Land reclamation and hydraulic engineering. 2022. V. 12. № 1. Pp. 157-176.
8. Litvinova A. A., Ignatyeva M. N., Korotееv G. D. The concept of ecosystem functions and services. Economics and society. 2016. № 3 (22). Pp. 715-724.
9. Simonovich E. I. Analysis of the ecosystem role of the soil fauna in the process of formation of soil fertility. International Journal of Experimental Education. 2013. № 10-1. Pp. 108-110.
10. Kiryushin V. I. System of Scientific and Innovative Support of Adaptive Landscape Agriculture Technologies. Agriculture. 2022. № 2. Pp. 3-7.
11. Kiryushin V. I. Ecological Functions of the Landscape. Soil science. 2018. № 1. Pp. 17-25.
12. Melikhov V. V. The need for a new concept of complex reclamation of agricultural lands in Russia. Irrigated agriculture. 2019. № 1. Pp. 6-7.
13. Uskov I. B., Yanko Y. G. Physical and agronomic foundations of scientific support of complex land reclamation. Agrophysics. 2016. № 4. Pp. 58-64.
14. Malysheva N. N., Bochko T. F., Khadzidi A. E., Kochneva A. E. [On the issue of forming a system of complex land reclamation on an agrolandscape basis. Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2022. № 3 (87). Pp. 42-51.

Информация об авторах

Бубер Алина Александровна, кандидат технических наук, зав. лабораторией, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, строение 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0962-2722>, e-mail: alina020387@bk.ru

Лытов Михаил Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник 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

Меньшикова Снежана Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, строение 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6216-6805>, e-mail: men.s.a@mail.ru

Author's Information

Buber Alina Aleksandrovna, Candidate of Engineering Sciences, Head of the laboratory, Senior Researcher, All-Russian research center for hydraulic engineering and land reclamation named after A. N. Kostyakov, (Russian Federation, 127434, Moscow, B. Akademicheskaya, 44, building 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0962-2722>, e-mail: alina020387@bk.ru

Lytov Michail Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian research center for hydraulic engineering and land reclamation named after A. N. Kostyakov, (Russian Federation, 127434, Moscow, B. Akademicheskaya, 44, building 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Menshikova Snezhana Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian research center for hydraulic engineering and land reclamation named after A. N. Kostyakov, (Russian Federation, 127434, Moscow, B. Akademicheskaya, 44, building 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6216-6805>, e-mail: men.s.a@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-41

MONITORING OF WATER PRESSURE IN IRRIGATION PIPELINES AS A TOOL FOR BAUER WIDE-CATCH SPRINKLER MACHINE QUALITY MANAGEMENT

Kozinskaya O. V., Bocharnikov V. S., Bocharnikova O. V., Grigorov S. M.

Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author of the E-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Received 29.10.2024

Submitted 09.12.2024

Summary

The article presents the results of laboratory and field studies of the influence of changing water pressure in the water-conducting belt of the sprinkler on the quality of irrigation.

Abstract

Introduction. According to centuries-old historical experience, land reclamation, namely irrigation can increase the productivity of agricultural lands, being a decisive factor of stable guaranteed agricultural production. A special role in the development of irrigated agriculture belongs to sprinkling. The quality of irrigation by wide-catchment sprinkler equipment is an important aspect that determines the efficiency and productivity of crops. Modern irrigation systems equipped with advanced technologies are aimed at achieving optimal water distribution over the entire field, providing uniform soil moisture and minimizing water losses. **Object.** Wide-catch, circular-action sprinkler machine. **Materials and methods.** The research on studying the peculiarities of operation of Bauer circular-action broadcastcatch Bauer sprinkler machine was carried out by us in accordance with the methodology of testing sprinkler equipment by means of laboratory-field tests. **Results and conclusion.** Reduction of pressure below the standard values affects the quality of irrigation. When the pressure is reduced by 25%, the width of the rain cloud changes within 5-7%, while at further reduction it decreases by 1.5-1.85 times. There was also a tendency for water flow rate to decrease with pressure reduction. At pressure reduction by 20-25% the water supply volume dropped by 10% on average. Further pressure decrease leads to 1.5-2 times decrease of flow volume. The average intensity of rain at a pressure of 0.4 MPa was 0.93 mm/min, and with pressure reduction by 25% increased time to reach the irrigation rate and the average intensity was 0.49 mm/min.

Keywords: irrigation technologies, sprinkling, rain intensity, irrigation quality, sprinkling machines.

Citation. Kozinskaya O. V., Bocharnikov V. S., Bocharnikova O. V., Grigorov S. M. Monitoring of water pressure in irrigation pipelines as a tool for Bauer wide-catch sprinkler machine quality management. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 376-384 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-41.

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 628.16.067.1

МОНИТОРИНГ ДАВЛЕНИЯ ВОДЫ В ОРОСИТЕЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПОЛИВА ШИРОКОЗАХВАТНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНОЙ BAUER

Козинская О. В., доцент, кандидат сельскохозяйственных наук
Бочарников В. С., профессор, доктор технических наук
Бочарникова О. В., профессор, доктор технических наук
Григоров С. М., профессор, доктор технических наук

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Согласно многовековому историческому опыту мелиорация, а именно орошение, способны повысить продуктивность сельхозугодий, являясь решающим фактором стабильного гарантированного сельхозпроизводства. Особая роль в развитии орошаемого земледелия принадлежит дождеванию. Качество полива широкозахватной дождевальной техники является важным

аспектом, определяющим эффективность и производительность сельскохозяйственных культур. Современные системы полива, оснащенные передовыми технологиями, направлены на достижение оптимального распределения воды по всему полю, обеспечивая равномерное увлажнение почвы и минимизируя потери воды. **Объект.** Широкозахватная дождевальная машина кругового действия. **Материалы и методы.** Исследования по изучению особенностей эксплуатации ШДМ Bauer кругового действия проводились нами в соответствии с методикой проверки дождевальной техники посредством лабораторно-полевых испытаний. **Результаты и выводы.** Уменьшение давления ниже нормативных значений влияет на качество полива. При уменьшении давления на 25% ширина дождевого облака изменяется в пределах 5-7%, тогда как при дальнейшем снижении она уменьшается в 1,5-1,85 раза. Наблюдалась и тенденция к снижению расхода воды при снижении давления. При снижении давления на 20-25 % объем подачи воды упал в среднем на 10%. Дальнейшее понижение давления ведет к уменьшению объема расхода в 1,5-2 раза. Средняя интенсивность дождя при давлении 0,4 МПа составила 0,93 мм/мин., а при снижении давления на 25% увеличилось время для достижения поливной нормы и средняя интенсивность составила 0,49 мм/мин.

Ключевые слова: технологии орошения, дождевание, интенсивность дождя, качество полива, дождевальные машины.

Цитирование. Козинская О. В., Бочарников, С. В., Бочарникова О. В., Григоров С. М. Мониторинг давления воды в оросительных трубопроводах как инструмент управления качеством полива широкозахватной дождевальной машиной BAUER. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 376-384. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-41.

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 большое внимание в нашей стране уделяется мелиорации как способу интенсификации производства сельскохозяйственной продукции. Развитие орошения – важнейшее условие обеспечения устойчивости сельского хозяйства и роста продовольственного фонда России [1]. Потребность в орошении последовательно нарастает в направлении от гумидной и лесостепной зон до сухостепной и аридной [2]. В большинстве регионов РФ лимитирующим фактором в земледелии является влагообеспеченность культур в наиболее ответственные фазы развития, что определяет, в свою очередь, объем, качество и стабильность урожая, эффективность удобрений, применяемой техники, а также сортов растений [3]. Согласно многовековому историческому опыту мелиорация, а именно орошение, способны повысить продуктивность сельхозугодий, являясь решающим фактором стабильного гарантированного сельхозпроизводства [4, 5]. Орошение получило свое распространение более чем в 100 странах мира, Китае, США, Индии и др. Растет потребность в орошаемых землях, а вместе с тем и новой дождевальной технике. По состоянию на 2020 год парк дождевальной техники в РФ составил 11826 ед., это дождевальные машины (ДМ) отечественного производства, такие как Фрегат, Кубань, так и зарубежные образцы Zimmatic, BAUER и др. [5]. Проведя анализ рынка дождевальной техники, выявили тенденцию к увеличению ее использования отечественными производителями сельхозпродукции, что подтверждается отчетами ведущих организаций в мелиоративном секторе страны. В связи с этим возникла необходимость в изучении элементов техники полива с учётом региональных особенностей и природно-климатических зон России.

В Волгоградском регионе преобладание сухих периодов создает потребность в дополнительных методах увлажнения, поскольку отсутствие необходимых условий может негативно сказаться на росте и развитии растений, приводя к снижению их урожайности и экономической оправданности производства. Доступные водные ресурсы могут быть рационально использованы для поддержания систем орошения, восполняя нехватку естественной влаги необходимо дальнейшее развитие систем орошения с применением передовых технологий для более рационального использования водных запасов, проведение работ по модернизации и строительству каналов, водохранилищ и прудов, установке современных систем орошения, а также контролю и мониторингу соблюдения экостандартов [6, 7].

Особая роль в развитии орошаемого земледелия принадлежит дождеванию. Качество полива широкозахватной дождевальной техники является важным аспектом, определяющим эффективность и производительность сельскохозяйственных культур. Современные системы полива, оснащенные передовыми технологиями, направлены на достижение оптимального распределения воды по всему полю, обеспечивая равномерное увлажнение почвы и минимизируя потери воды [8].

Природно-климатические условия Волгоградской области позволяют удовлетворять потребности в сельхозпродукции не только своего региона, но и страны, являясь крупным производителем зерна, овощной продукции, мяса, молока. Ежегодно происходит увеличение сельхозплощадей отведенных под посев растений. Площадь орошаемых земель в области составила 250 тыс. га [5]. ООО «Сельскохозяйственное предприятие «Донское» является одним из передовых хозяйств региона, по производству зерновых и кормовых культур, расположено в Ильевском сельском поселении Калачевского района, земельный фонд составляет более 18 тыс. га, в том числе 2229 орошаемых. Парк мелиоративной техники хозяйства представлен широкозахватными дождевальными машинами (ШДМ) Bauer, длиной от 330 до 630 м (рисунок 1).



Рисунок 1 – Исследуемая ШДМ Bauer (фото О. В. Козинской)

Figure 1 – Bauer wide-catch sprinkler machine under study (photo by O. V. Kozinskaya)

Целью наших исследований было определение структуры дождя и качества полива ШДМ в конкретных условиях в работы.

При увеличении поливной нормы каштановых и светло-каштановых почв до $600 \text{ м}^3/\text{га}$ с интенсивностью более 1 мм/мин. , происходит разрушение структурных агрегатов в поверхностном слое почвы, снижение ее впитываемой и образование стока до 35% от поливной нормы, глубина промачивания не превышает $0,35 \text{ м}$. Образующая почвенная корка приводит к снижению водопроницаемости. При работе широкозахватной дождевальной техники кругового действия, интенсивность дождя увеличивается вдоль водопроводящего пояса от центральной неподвижной опоры к концу ДМ [9].

На ШДМ Bauer существует возможность изменения дождевых характеристик по средством оснащения ее дождеобразующими устройствами, обладающими различными техническими характеристиками с различным качеством образуемого ими дождя и работающие при низком давлении от $0,041$ - $0,103 \text{ МПа}$ (рисунок 2). Качество полива определяется радиусом распыла дождеобразующих устройств, который в свою очередь зависит от диаметра отверстия сопла, давления, высоты установки относительно поверхности земли, скорости и направления ветра, установлены на расстоянии $1,5 \text{ м}$ от поверхности земли.



Рисунок 2 – Форсунка i-Wob2 (фото с сайта <https://www.senninger.com/ru/product/i-wobr>)
Figure 2 – i-Wob2 injector (photo from <https://www.senninger.com/ru/product/i-wobr>)

Проведя анализ литературных источников по изучению качества полива дождевальной техники установили, что оптимально подобранные сочетания элементов техники полива с условиями его проведения обеспечивают равномерность полива без потерь оросительной воды и предотвращения почвенной эрозии. Существует взаимосвязь показателей элементов техники полива с техническими параметрами дождевальной машины. При выдаче поливных норм, с интенсивностью дождя, превышающей скорость впитывания воды почвой, исследователями рекомендуется изменять величину техники полива, а именно снижать интенсивность дождя, вносить заданную поливную норму дискретно, увеличить периоды между дождеванием [9].

На работу дождевальной машины влияет ряд факторов, это технические характеристики и внешние условия, к ним можно отнести изменение давления воды, ветровой режим, уклон поля. Таким образом, наши исследования направлены на изучение этих факторов для получения информации о их влиянии на равномерность полива, а следовательно, урожайность сельхозкультур, полученные знания о влиянии этих переменных на равномерность полива обеспечат производительность системы орошения дождеванием и усилят все вышеупомянутые преимущества, уменьшив указанные недостатки. В конечном счете устойчивость дождевального орошения будет способствовать лучшему развитию сельских районов в орошаемом сельском хозяйстве [10, 11].

Параметры искусственного дождя, имеющие высокие энергетические характеристики, значительно отличаются от параметров естественных осадков. Образующие капли средне кубическим диаметром от 0,4 до 0,9 мм считаются наиболее благоприятным для растений, однако нельзя не учитывать почвенные параметры. Согласно данным, представленным производителями, дождевальная техника импортного производства характеризуется хорошими качественными показателями дождя и высокой производительностью [12].

Материалы и методы. Исследования по изучению особенностей эксплуатации ШДМ Бауер кругового действия проводились нами в соответствии с методикой проверки дождевальной техники посредством лабораторно-полевых испытаний [13].

ШДМ Бауер представляет собой многоопорную напряженную пространственную ферму с водопроводящим трубопроводом, электроснабжение осуществляется от существующей трансформаторной подстанции мощностью 63 кВа. Вода подается насосной станцией из Карповского водохранилища по закрытой оросительной сети ШДМ состоит из шести секций длиной по 54 м и концевой – 24 м. Орошаемый участок расположен в зоне каштановых почв среднесуглинистого механического состава с содержанием частиц более 0,01 мм в метровом слое в пределах 54-61%. Агрофон – кукуруза на зерно. Объемная масса в слое почвы 0,0-0,3 м изменялась в пределах 1,18-1,29 т/см³. Среднее значение плотности метрового слоя почвы – 2,7 т/м³. Во время исследования орошаемый участок зани-

мали посевы кукурузы. В задачу наших исследований входило определение оптимальных параметров обеспечивающих качественный полив при снижении давления на входе в водопроводящий пояс ДМ.

Результаты и обсуждение. ШДМ Bauer производит полив по кругу во круг неподвижной опоры как по часовой так и против часовой стрелки. Подвижные опоры имеют плотное шаровое соединение и шланговую манжету, за счет которого ДМ может работать при больших кулонах и способна изменять угол при неровной поверхности орошаемого участка.

Распылительные форсунки I-Wob2 установлены на армированный гибкий шланг, оснащены вращаемой дефлекторной пластинкой и регулятором давления Seninger PSR-10, согласно производителю, гарантирует равномерность потока через форсунку при увеличении давления. Необходимое давление на входе в ДМ 0,3-0,4 МПа. Согласно схеме расстановки дождевателей на первой секции ДМ установлено 14 штук диаметром от 2,4 до 3,18 мм, на второй секции 19 – 2,78 до 4,37 мм, третьей 19 – 3,77 до 5,56 мм, четвертой 21 – 4,76 до 6,55 мм, пятой 21 – 5,36 до 7,14 мм, шестой 21 – 6,15 до 7,94 мм, на концевой 4 – 7,94 до 8,14 мм и концевой разбрызгиватель TWIN-max.

При одновременной работе большого числа дождевых машин, по результатам мониторинга, давление воды в трубопроводах системы орошения может изменяться. Нами была поставлена задача определить предельные показатели снижения давления воды на входе в дождевую машину, при которых качество распыления уже не соответствует предъявленным требованиям.

Ввиду того, что техническим паспортом приводится номинальное давление 0,4 МПа, нами изучалось влияние изменения давления на 20 и 25% от номинального. Полученные данные по динамике ширины дождевого облака представлены на рисунке 3.

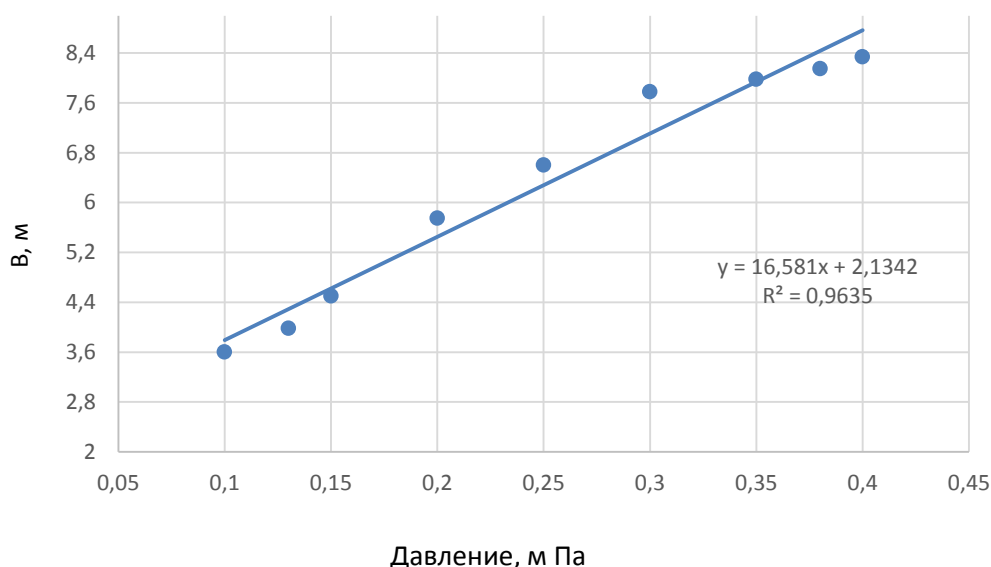


Рисунок 3 – Влияние давления на ширину дождевого облака
Figure 3 – Effect of pressure on the width of the rain cloud

Анализ полученных полевых исследований показал, что при повышении давления (Р, МПа) воды с 0,3 до 0,4 МПа ширина дождевого облака (В, м) увеличилась на 5,57% и составила 7,9 и 8,34 м соответственно. Снижение давления до 0,2 МПа привело к уменьшению ширины дождевого облака в 1,45 раза, то есть на 32%. Ширина дождевого облака при снижении давления на 25% изменяется в пределах 5-7%, при дальнейшем снижении давления ширина дождевого облака уменьшается в 1,5-1,85 раз.

Зависимость влияния давления на расход ДМ представлен на рисунке 4.

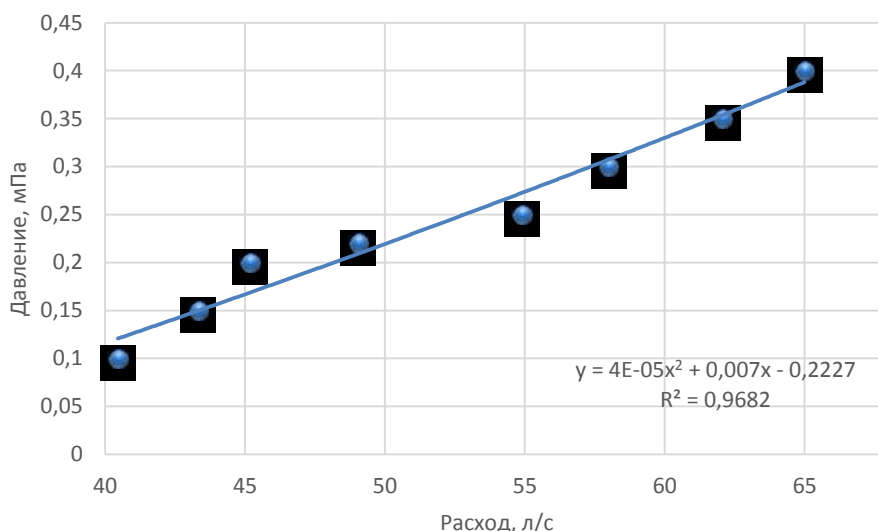


Рисунок 4 – Влияние давления воды на расход ШДМ Bauer

Figure 4 – Effect of water pressure on the flow rate of Bauer wide-catch sprinkler machine

При снижении давления на 20-25% объем подачи воды уменьшился в среднем на 10%. Дальнейшее снижение давления приводит к сокращению выдаваемого расхода в 1,5-2 раза.

Из литературных источников известно, что при снижении давления интенсивность дождя падает [14]. Влияние изменения давления на интенсивность искусственного дождя исследуемой ДМ представлен на рисунке 5.

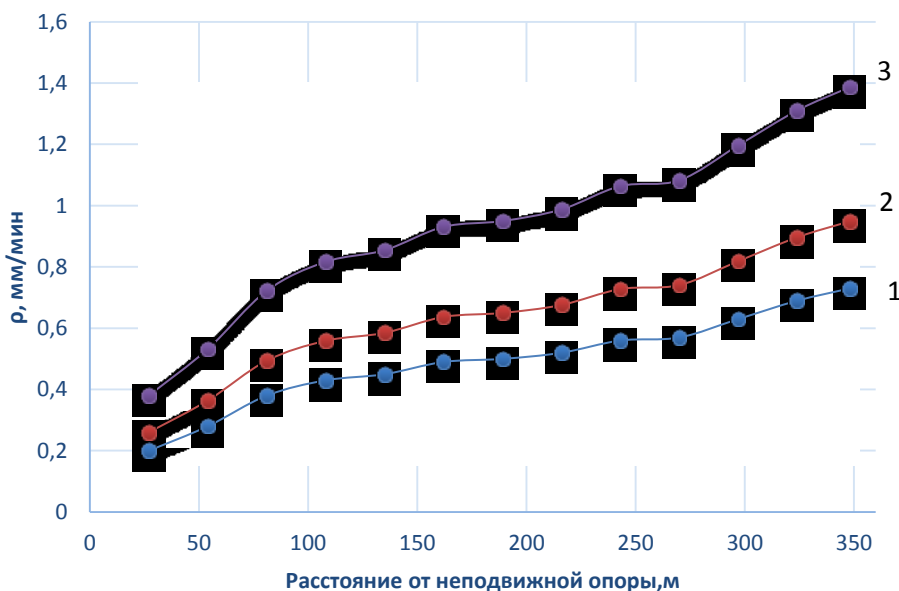


Рисунок 5 – Влияние давления на интенсивность искусственного дождя ДМ Bauer при выдаче поливной нормы 400 м³/га (Давление: Ряд 1-0,3 МПа, Ряд 2-0,32 МПа, Ряд 3-0,4 МПа)

Figure 5 – Influence of pressure on the intensity of artificial rain of Bauer sprinkler machine when the irrigation rate is 400 м³/ha (Pressure: Range 1-0.3 MPa, Row 2-0.32 MPa, Row 3-0.4 MPa)

Так, при выдаче $m=400$ м³/га средняя интенсивность дождя при давлении 0,4 МПа составила 0,93 мм/мин., при снижении давления на 25% продолжительность выдачи поливной нормы увеличилась, средняя интенсивность дождя – 0,49 мм/мин. Однако продолжительность выдачи расчетной поливной нормы также увеличивается. Увеличение интенсивности дождя негативно сказывается на впитываемости почвы, так как дождевые капли

разбивают почвенные частицы, повышая при этом плотность почвы и уменьшая её водопроницаемость. Это приводит к рассеянию почвенных частиц и вымыванию водных фракций из почвенных пор и, как следствие, образованию стока.

Необходимо отметить, что значительную роль в обеспечении эффективности полива играет качество оросительной воды [15], соответствие технических средств орошения необходимым параметрам [16]. Наряду с традиционными технологиями, эффективность полива может повышаться и за счет применения современных цифровых технологий [17, 18].

Анализ многих зарубежных источников подтвердил соответствие полученных нами данных по повышению эффективности полива дождеванием результатам, полученным широким рядом исследователей [19, 20], основополагающему значению напора воды при поливе [21, 22], возможности снижения непродуктивных потерь воды [23, 24].

Заключение. Наши исследования по определению влияния изменения давления воды на входе в водопроводящий пояс дождевальной машины Bauer показали, что уменьшение давления ниже нормативных значений влияет на качество полива. При уменьшении давления на 25% ширина дождевого облака изменяется в пределах 5-7%, тогда как при дальнейшем снижении она уменьшается в 1,5-1,85 раза. Наблюдалась и тенденция к снижению расхода воды при снижении давления. При снижении давления на 20-25 % объем подачи воды упал в среднем на 10%. Дальнейшее понижение давления ведет к уменьшению объема расхода в 1,5-2 раза. Средняя интенсивность дождя при давлении 0,4 МПа составила 0,93 мм/мин., а при снижении давления на 25% увеличилось время для достижения поливной нормы и средняя интенсивность составила 0,49 мм/мин.

Conclusions. Our research on determining the impact of changing the water pressure at the inlet to the water supply belt of the Bauer sprinkler showed that reducing the pressure below the standard values affects the quality of irrigation. When the pressure is reduced by 25%, the width of the rain cloud changes within 5-7%, while at further reduction it decreases by 1.5-1.85 times. There was also a tendency for water flow rate to decrease with pressure reduction. At pressure reduction by 20-25% the water supply volume dropped by 10% on average. Further pressure decrease leads to 1.5-2 times decrease of flow volume. The average intensity of rain at a pressure of 0.4 MPa was 0.93 mm/min, and with pressure reduction by 25% increased time to reach the irrigation rate and the average intensity was 0.49 mm/min.

Библиографический список

1. Дубенок Н. Н., Ольгаренко Г. В. Перспективы восстановления мелиоративного комплекса Российской Федерации. Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 2. С. 56-59.
2. Olgarenko G. V., Olgarenko V. I., Olgarenko I. G., Olgarenko V. I. Justification of methodological approaches to standardisation of irrigation as an element of resource saving and minimization of the anthropogenic load on agrobiocenosis. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific Conference on Efficient Waste Treatment 2018, EWT 2018. 2019. P. 012027.
3. Ахмедов А. Д., Бабаев Д. Э., Липский Д. Д., Пискунов А. В. Особенности применения геоинформационных систем в мелиорации. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 394-402.
4. Шевченко В. А., Щедрин В. Н., Куприянова С. В. Задачи и проблемы восстановления оросительных мелиораций на юге России. Мелиорация и водное хозяйство. 2023. № 3. С. 28-32.
5. Bocharnikov V. S., Kozinskaya O. V., Denisova M. A., Bocharnikova O. V., Repenko T. V., Pustovalov E. V. Effect of the structure of artificial rain on the soil. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. V. 965 (1). 012008.
6. Журавлева Л. А. Исследования равномерности распределения дождя при поливе широкозахватной дождевальной техникой. Научная жизнь. 2024. Т. 19. № 1 (133). С. 8-16.
7. Алажев А. К. и др. Моделирование эрозионных процессов при искусственном дождевании. Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 3 (41). С. 102-112.
8. 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.
9. Ольгаренко Г. В., Ольгаренко Д. Г., Капустина Т. А. Ресурсосберегающие технологии и техника орошения. Техника и оборудование для села. 2015. № 8. С. 28-31.
10. Слабунов В. В., Слабунова А. В., Куприянов А. А. Определение качественных показателей работы широкозахватной дождевальной машины. Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 5. С. 25-28.
11. Козинская О. В., Бочарников В. С., Кальянов А. Л., Киселева Р. З. Определение эксплуатационно-гидротехнических характеристик мелиоративных систем при использовании дождевальной машины "Дон-К". Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 490-498.

12. Рыжко Н. Ф., Рыжко С. Н., Рыжко Н. В., Бельтиков Б. Н. Современные низконапорные многоопорные дождевальные машины, применяемые на оросительных системах, и направления их совершенствования. Орошаемое земледелие. 2020. № 2. С. 46-49.
13. Ольгаренко Г. В., Гордон Б. С. Параметры дождя дождевальных машин и показатели распределения слоя осадков. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 3. С. 68-72.
14. Ovchinnikov A., Bocharnikov V., Kozinskaya O., Bocharnikova O., Denisova M., Pustovalov E., Repenko T. Development of technical solutions for environmentally safe irrigation. IV International Conference on Ensuring Sustainable Development in the Context of Agriculture, Energy, Ecology and Earth Science (ESDCA2024). E3S Web of Conferences. LES ULIS, 2024. P. 3009.
15. Ovchinnikov A. S., et al. State of the small rivers of the Volga basin within the lower Volga. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : The proceedings of the conference AgroCON-2019. Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. Vol. 341. P. 012107.
16. Овчинников А. С., Боcharников В. С. Новые технические решения повышения эффективности ресурсосберегающих способов полива. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1 (25). С. 119-124.
17. Porova L., et al. Prospects for the Digitalization of Regional Agro-industrial Complex. Digital Future Economic Growth, Social Adaptation, and Technological Perspectives. Switzerland: Springer Nature, 2020. Vol. 111. Pp. 687-694.
18. Заяц О. А., Назарова Ю. Н., Стрижакова Е. А., Пенькова Р. И Технологии big data в сельском хозяйстве. Фундаментальные исследования. 2022. № 7. С. 35-40.
19. Salvador Raquel, Playán Enrique, et al. Sprinkler irrigation machines: effect of a growing maize canopy on water partitioning, drop characteristics, and energy dissipation. Irrigation Science. 2023. V. 42. Pp. 1-20.
20. Prado Giuliani, et al. Water distribution characteristics of deflector plates used in center pivot irrigation systems. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada. 2024. V. 18. Pp. 96-108.
21. Santos César, et al. Measurement of the kinetic energy of rainfall simulated by different commercial sprinkler head. Brazilian Journal of Development. 2023. V. 9. Pp. 5597-5611.
22. Sánchez-Olivo M., Pérez-Leira R. Diagnosis and evaluation of pressurized irrigation systems in Portoviejo City, Manabí, 2024. V. 33.
23. Pérez Camilo Bonet, et al. Evaporation and Drag Losses in Different Techniques of Sprinkler Irrigation. 2023. V. 32.
24. Tambo F., Lima L., Thebaldi M., Corrêa F. Spatial and Temporal Variability of Water Application via a Center Pivot. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2023. V. 149.

References

1. Dubenok N. N., Olgarenko G. V. Prospects for the restoration of the reclamation complex of the Russian Federation. Bulletin of the Russian Agricultural Science. 2021. № 2. Pp. 56-59.
2. Olgarenko G. V., Olgarenko V. I., Olgarenko I. G., Olgarenko V. I. Justification of methodological approaches to standardisation of irrigation as an element of resource saving and minimization of the anthropogenic load on agrobiocenosis. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific Conference on Efficient Waste Treatment 2018, EWT 2018. 2019. P. 012027.
3. Akhmedov A. D., Babaev D. E., Lipskiy D. D., Piskunov A. V. Features of the application of geoinformation systems in land reclamation. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 3 (71). Pp. 394-402.
4. Shevchenko V. A., Shchedrin V. N., Kupriyanova S. V. Tasks and problems of restoration of irrigation land reclamation in the south of Russia. Land reclamation and water management. 2023. № 3. Pp. 28-32.
5. Bocharnikov V. S., Kozinskaya O. V., Denisova M. A., Bocharnikova O. V., Repenko T. V., Pustovalov E. V. Effect of the structure of artificial rain on the soil. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. V. 965 (1). 012008.
6. Zhuravleva L. A. Studies of the uniformity of rain distribution during irrigation with wide-span sprinkling equipment. Scientific life. 2024. V. 19. № 1 (133). Pp. 8-16.
7. Apazhev A. K., et al. Modeling of erosion processes in artificial sprinkling. Proceedings of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov. 2023. № 3 (41). Pp. 102-112.
8. Kupriyanova S. V., Melikhova E. V. Substantiation and Perspective of the Structure of Sown Areas on Irrigated Lands of the South of Russia. Land reclamation and hydraulic engineering. 2021. V. 11. № 3. Pp. 109-122.
9. Olgarenko G. V., Olgarenko D. G., Kapustina T. A. Resource-saving technologies and irrigation techniques. Machinery and equipment for the village. 2015. № 8. Pp. 28-31.
10. Slabunov V. V., Slabunova A. V., Kupriyanov A. A. Determination of qualitative indicators of the work of a wide-capped sprinkling machine. Land reclamation and water management. 2020. № 5. Pp. 25-28.
11. Kozinskaya O. V., Bocharnikov V. S., Kalyanov A. L., Kiseleva R. Z. Determination of Operational and Hydrotechnical Characteristics of Reclamation Systems in the Use of the Don-K Sprinkling Machine. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 2 (66). Pp. 490-498.
12. Ryzhko N. F., Ryzhko S. N., Ryzhko N. V., Beltikov B. N. Modern low-pressure multi-support sprinkling machines used on irrigation systems, and directions of their improvement. Irrigated agriculture. 2020. № 2. Pp. 46-49.
13. Olgarenko G. V., Gordon B. S. Parameters of rain of sprinkler machines and indicators of precipitation layer distribution. Bulletin of Russian Agricultural Science. 2019. № 3. Pp. 68-72.
14. Ovchinnikov A., Bocharnikov V., Kozinskaya O., Bocharnikova O., Denisova M., Pustovalov E., Repenko T. Development of technical solutions for environmentally safe irrigation. IV International Conference on Ensuring Sustainable Development in the Context of Agriculture, Energy, Ecology and Earth Science (ESDCA2024). E3S Web of Conferences. LES ULIS, 2024. P. 3009.

15. Ovchinnikov A. S., et al. State of the small rivers of the Volga basin within the lower Volga. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : The proceedings of the conference AgroCON-2019. Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. Vol. 341. P. 012107.

16. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S. New technical solutions for improving the efficiency of resource-saving methods of irrigation. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2012. № 1 (25). Pp. 119-124.

17. Popova L., et al. Prospects for the Digitalization of Regional Agro-industrial Complex. Digital Future Economic Growth, Social Adaptation, and Technological Perspectives. Switzerland: Springer Nature, 2020. Vol. 111. Pp. 687-694.

18. Zayats O. A., Nazarova Y. N., Strizhakova E. A., Penkova R. I. Technologies of big data in agriculture. Fundamental research. 2022. № 7. Pp. 35-40.

19. Salvador Raquel, Playán Enrique, et al. Sprinkler irrigation machines: effect of a growing maize canopy on water partitioning, drop characteristics, and energy dissipation. Irrigation Science. 2023. V. 42. Pp. 1-20.

20. Prado Giuliani, et al. Water distribution characteristics of deflector plates used in center pivot irrigation systems. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada. 2024. V. 18. Pp. 96-108.

21. Santos César, et al. Measurement of the kinetic energy of rainfall simulated by different commercial sprinkler head. Brazilian Journal of Development. 2023. V. 9. Pp. 5597-5611.

22. Sánchez-Olivo M., Pérez-Leira R. Diagnosis and evaluation of pressurized irrigation systems in Portoviejo City, Manabí, 2024. V. 33.

23. Pérez Camilo Bonet, et al. Evaporation and Drag Losses in Different Techniques of Sprinkler Irrigation. 2023. V. 32.

24. Tambo F., Lima L., Thebaldi M., Corrêa F. Spatial and Temporal Variability of Water Application via a Center Pivot. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2023. V. 149.

Информация об авторах

Козинская Ольга Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: kozinska1977@mail.ru

Бочарников Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Бочарникова Олеся Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

Григоров Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: gsm.dtn@mail.ru

Author's Information

Kozinskaya Olga Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Environmental Management and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: kozinska1977@mail.ru

Bocharnikov Viktor Sergeevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Bocharnikova Olesya Vladimirovna, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

Grigorov Sergey Mikhailovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: gsm.dtn@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-42

IRRIGATION SYSTEM WITH THE FUNCTION OF ENRICHING IRRIGATION WATER WITH CARBON DIOXIDE AND LIQUID FERTILIZERS

Mayer A. V., Penkova R. I.

*Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author of the E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Received 02.09.2024

Submitted 10.11.2024

Summary

Research on the development and use in irrigation systems of installations for enriching irrigation water with chemical solutions will find their application in the reclamation of salt wells, and the introduction of fertilizers, growth and protective substances with irrigation water.

Abstract

Introduction. Modern irrigation technology develops mainly in two ways. The first of them is the creation of machines for producing artificial low-intensity rain, or medium-intensity rain, and the second is the improvement of low-volume local irrigation methods. The irrigation technique, i.e. the method of moistening

the soil, should help to maintain appropriate moisture in the soil and preserve its lumpy structure. Thanks to irrigation, conditions should be created in the soil that, in combination with other agrotechnical measures, will ensure increased fertility and consistently high yields. At the same time, irrigation water costs should be minimal, and labor productivity should be the highest. The water supply must be provided in the required time and in the right quantities. Newly created irrigation systems must meet all the above requirements. The article presents the results of theoretical and field research on the development of a technical device that allows irrigation water to be saturated with carbon dioxide and then fed into the irrigation system. This system can be used for reclamation of salt pans on light chestnut soils, to prevent degradation of the soil cover and for fertilizing irrigation. **Object.** A device for enriching irrigation water with carbon dioxide, the source of which is compressed carbon dioxide (CO_2) filled into a cylinder. Another source of carbon dioxide is a saturator-based device with a boiler and compressor, through which CO_2 is extracted from atmospheric air. Both devices can be used to implement a method for reclamation of the salt horizon of the soil and fertilizing top dressing of crops. **Materials and methods.** The use of the developed devices in irrigation systems for reclamation of salt flats will increase the fertility of salt soils in the Volgograd region to the zonal level. The research includes materials accumulated by VNIIGiM and VNIIOZ scientists on the development of irrigation systems based on the principle of using chemical solutions and growth substances together with irrigation water. The experimental part of the research was conducted according to the generally accepted methods of field experience. **Results and conclusions.** Scientific research is aimed at analyzing the composition of dry atmospheric air and the dependence of gas solubility on water temperature, at a pressure of 1 atmosphere (cm^3/l). The scientific search is also aimed at creating new irrigation systems with additional functions of protection against degradation of fertile soil layers and plant protection. Scientific novelty is defined in the solution of the developed devices for the extraction and use of chemicals, taking into account the ecological balance in nature.

Keywords: irrigation systems, irrigation water enrichment, reclamation of saline soils, fertilizer fertilization of plants.

Citation. Mayer A. V., Penkova R. I. Irrigation system with the function of enriching irrigation water with carbon dioxide and liquid fertilizers. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 384-392 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-42.

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 631.3:631.8

СИСТЕМА ОРОШЕНИЯ С ФУНКЦИЕЙ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ И ЖИДКИМИ УДОБРЕНИЯМИ

Майер А. В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Пенькова Р. И., кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации
им. А. Н. Костякова»

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Современная техника орошения развивается в основном двумя путями. Первый из них – это создание машин для получения искусственного дождя или дождя средней и малой интенсивности, а второй – усовершенствование малообъемных локальных способов полива. Техника полива, т.е. способ увлажнения почвы, должна способствовать поддержанию в почве соответствующей влажности и сохранению её комковатой структуры. Благодаря орошению, в почве должны создаваться такие условия, которые в комбинации с другими агротехническими мероприятиями, будут обеспечивать повышение плодородия и получение стабильно высоких урожаев. Наряду с этим затраты оросительной воды должны быть минимальными, а производительность труда – наибольшей. Подача воды должна быть обеспечена в требуемые сроки и в нужных количествах. Всем вышеперечисленным требованиям должны соответствовать вновь создаваемые системы орошения. В статье представлены результаты теоретических и полевых исследований по разработке технического устройства, позволяющего насыщать поливную воду углекислым газом с последующей подачей ее в систему орошения. Указанная система может применяться для мелиорации солонцов на светло каштановых почвах, для предотвращения деградации почвенного покрова и для осуществления удобрительных поливов. **Объект исследования** – устройство для обогащения поливной воды углекислым газом, источником которого служит сжатый углекислый газ (CO_2), заправленный в баллон. Другим источником углекислого газа является устройство на основе сатуратора с котлом и компрессором, посредством которых CO_2 извлекается из атмосферного воздуха. Оба устройства можно ис-

пользовать для реализации способа мелиорации солонцового горизонта почвы и удобрительных подкормок сельскохозяйственных культур. **Материалы и методы.** Использование разработанных устройств в системах орошения при мелиорации солонцов позволит повысить плодородие солонцовых почв в Волгоградской области до уровня зональных. В исследования вошли материалы, накопленные учеными ВНИИГиМа (Губер К. В., Храбров М. Ю., Губин В. К. и др.) и ВНИИОЗа (Кружилин И. П., Морозова А. С., Казакова Л. А.) по разработке оросительных систем, в основе которых заложен принцип использования химических растворов и ростовых веществ вместе с поливной водой. Экспериментальная часть исследований проводилась согласно общепринятым методикам полевого опыта. **Результаты и обсуждения.** Научные исследования направлены на проведение анализа состава сухого атмосферного воздуха и зависимости растворимости газов от температуры воды, при давлении в 1 атмосферу ($\text{см}^3/\text{л}$). Научный поиск направлен также на создание новых оросительных систем с дополнительными функциями защиты от деградации плодородных слоев почвы и защиты растений. Научная новизна определена в решении разработанных устройств по извлечению и использованию химических веществ с учетом экологического равновесия в природе.

Ключевые слова: системы орошения, обогащение поливной воды, мелиорация солонцовых почв, удобрительные подкормки растений.

Цитирование. Майер А. В., Пенькова Р. А. Система орошения с функцией обогащения поливной воды углекислым газом и жидкими удобрениями. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 384-392. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-42.

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. Значительная пестрота почвенного покрова региона, непредсказуемость погодных условий и многоплановость хозяйств – факторы, обуславливающие необходимость развития научного обеспечения агропромышленного комплекса [1, 2]. При использовании солонцовых почв аграрии сталкиваются с целым рядом проблем, связанных с вторичным засолением, ощелачиванием, переувлажнением, заболачиванием и другими подобными процессами, причем наиболее подверженными являются участки, где возделывание осуществляется с применением систем орошения. Наряду с этим немаловажным вопросом является и организация питания растений. На сегодняшний день активно ведутся исследования в области осуществления подкормок растений углекислым газом как в защищенном, так и открытом грунте.

Известно, что недостаток углекислого газа (CO_2) является более серьезной проблемой, чем дефицит основных элементов минерального питания. Аэробное дыхание корней растений заключается в непрерывном поглощении кислорода и выделении углекислого газа [3, 6, 9]. Процессы метаболизма в корнях растений, нормально растущих на хорошо дренированных почвах, нарушаются почти немедленно, если прерывается процесс обмена кислорода и углекислоты. Возникновение ухудшения условий газообмена может стать причиной снижения урожайности растений, даже если его продолжительность составляет один день, и привести к гибели корней, при условии сохранения неблагоприятных условий на протяжении более продолжительного периода. Потребление кислорода и выделение углекислого газа – это внешние показатели комплекса метаболических процессов в корнях, которые мало что говорят о происходящих внутренних изменениях [4, 12].

Низкое содержание углекислого газа является одним из факторов, ограничивающих урожайность, особенно при выращивании овощных культур в защищенном грунте. В стандартных условиях концентрация CO_2 составляет 0,03-0,04% от общего объема воздуха, а рекомендуемая агрохимиками норма составляет 0,1-0,15%. Образующийся дефицит лишь частично покрывается за счёт притока атмосферного воздуха через фрамуги и неуплотнённости в ограждающих конструкциях, а также за счёт ночного дыхания растений. В грунтовых теплицах дополнительным источником углекислого газа являются заправленные в почву и подвергшиеся микробиологическому разложению навоз, торф, солома или опилки, однако концентрация CO_2 в воздухе напрямую зависит от количества и вида этих органических веществ. Если рассматривать описанный способ с точки зрения объемов поступления углекислого газа, то эффект от внесенной органики недостаточен и может покрыть только часть потребности растений. Еще одним недостатком указанного способа является кратковременность повышения концентрации углекислого газа до желаемого уровня, а

также невозможность регулирования процесса подкормки. Нехватка углекислого газа становится одним из основных факторов, ограничивающих ассимиляцию углеводов и соответственно замедляющих рост и развитие растений. Нередко в грунтовых теплицах в солнечные дни при недостаточном воздухообмене, вследствие интенсивного поглощения растениями, наблюдается снижение концентрации CO_2 до 0,01%, что влечет за собой практически полное прекращение процесса фотосинтеза [3, 10]. Для достижения оптимальных показателей количества CO_2 возможно применение технических источников подачи углекислого газа.

При мелиорации солонцовых почв также возможно применение углекислого газа. По результатам ряда проведенных экспериментов с внесением углекислого газа в солонцовую почву установлено, что CO_2 , растворяясь в почвенной влаге, образует углекислоту, которая вступая во взаимодействие с нерастворенными карбонатами кальция почвы, переводит их в растворимую форму – бикарбонат кальция, последний вступает в обменную реакцию с натрием почвенно-поглощающего комплекса (ППК), при этом достигается улучшение агрофизических свойств солонцовых почв. Процесс происходит следующим образом: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \cdot \text{ППК Na} + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \cdot \text{ППК Ca} + 2\text{NaHCO}_3$ (Патент № 93007510/15). В качестве источника углекислого газа могут быть использованы как готовые баллоны с заполненной под давлением сжатой углекислотой, так и двигатели внутреннего сгорания, в которых применяются очистительные фильтры – катализаторы [6, 10, 13]. Наиболее эффективным и экологически безопасным способом получения CO_2 является выделение его из атмосферного воздуха посредством компрессора и котла сатуратора (патент RU 2 405 805 Низенько Ю. К., Белиловский В. А.). Принцип такого получения заключается в следующем: атмосферный воздух нагнетается под давлением в емкость сатуратора, заполненную водой, в результате чего из сатуратора под давлением высвобождается CO_2 и подается в систему орошения. Обогащенная углекислым газом оросительная вода доставляется через почвенные водовыпуски в солонцовую почву, а через насадки малоинтенсивного дождевания – на листья растений, и используется в виде подкормок [5, 14].

Материалы и методы. Разработка системы обогащения поливной воды углекислым газом, с возможностью ее последующей доставки на поливные модули к возделываемым растениям, основывалась на ранее полученных данных по разработке систем орошения с дополнительными функциями [7, 8, 9]. При проведении исследований были использованы материалы по мелиорации солонцовых почв и опытов по разработке комбинированных систем орошения, проведенных в крестьянско-фермерских и опытно-производственных хозяйствах Городищенского, Дубовского и Ленинского районов Волгоградской области. Мелиоративная система внутрпочвенного орошения в сочетании с малоинтенсивным дождеванием конструировалась на основе модульной стационарной системы малообъемного орошения с использованием методов системного подхода. В ходе работ также использовались данные полевых экспериментов, полученные на опытных полях ВНИИОЗа и сортоучастках ВНИИГиМа, наработки по «Способам мелиорации солонцов» и «Современном районировании способов орошения агроландшафтов», данные Федеральных регистров базовых и зональных технологий и технических средств, для мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве Российской Федерации.

Результаты и обсуждения. Исследования направлены на модернизацию оросительной системы посредством оснащения её дополнительными устройствами. Переоборудованная система позволит не только обеспечить защиту плодородных слоев почвы от деградационных процессов, но и организовать проведение удобрительных поливов. Исследования также включали в себя: проведение анализа состава сухого атмосферного воздуха, определение зависимости процесса растворимости газов от температуры при заданном показателе давления воды в емкости в 1 атмосферу, а также разработку мероприятий по защите растений. Научная новизна определена в решении предложенного способа мелиорации солонцового горизонта почвы и разработанного решения установки устройства сатуратора в конструкцию системы орошения для обогащения поливной воды углекислым газом. Также были рассмотрены вопросы получения химических растворов для удобрительных поливных модулей (рисунок 1).

Устройство состоит из следующих конструктивных элементов и агрегатов: компрессор для подачи воздуха; водяной насос; сатураторный блок для растворения углекислого газа в поливной воде; перепускной клапан управления подачи насыщенной поливной воды углекислым газом; клапан сброса обедненного воздуха в атмосферу; фильтр для очистки поливной воды; перепускной клапан контроля подачи воды в котел сатуратора.

Режим подачи поливной воды системой орошения, осуществляется следующим образом: водозабор происходит посредством водяного насоса системы орошения и под давлением до 0,03 МПа подается к очистительному фильтру. Поливная вода транспортируется к распределительному трубопроводу и по поливным трубопроводам вода поступает через водовыпуски в почву. Процесс орошения, с использованием поливного модуля, происходит как при обычном поливе, однако после прохождения фильтрующего устройства очищенная вода принудительно направляется из транспортирующего трубопровода в котел сатуратора для обогащения углекислым газом. Обогащённая поливная вода из сатуратора подается в распределительный трубопровод и поступает к водовыпускам поливных трубопроводов.

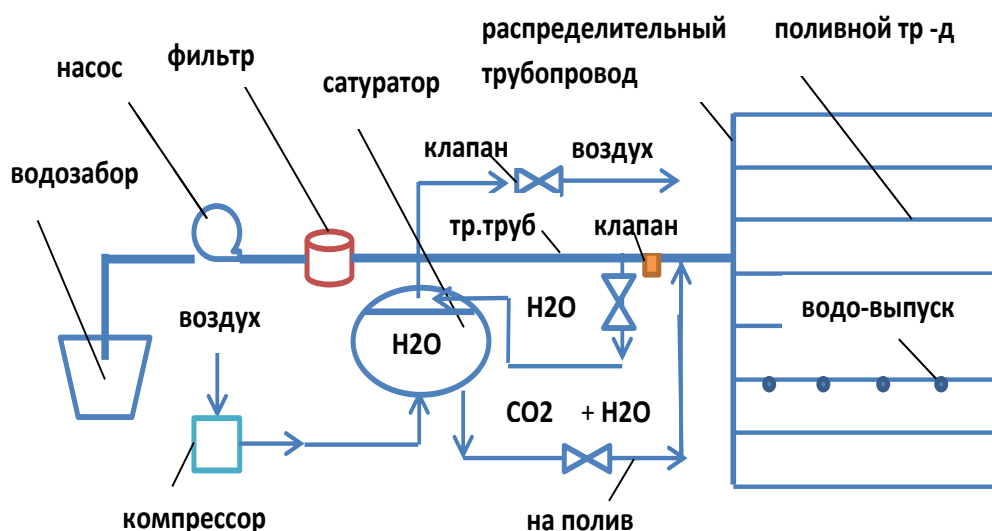


Рисунок 1 – Условная схема оросительной системы с функцией обогащения поливной воды углекислым газом, извлеченным из атмосферного воздуха

Figure 1 – A conditional scheme of an irrigation system with the function of enriching irrigation water with carbon dioxide extracted from atmospheric air

Способ получения обогащённой CO₂ поливной воды осуществляют следующим образом. Как показано на рисунке 1, основная роль при обогащении поливной воды углекислым газом принадлежит котлу сатуратора, куда закачивается воздух посредством компрессора. В котел также подается поливная очищенная вода. В результате работы компрессора в котле создается атмосферное давление от 1 до 5 атмосфер. Имеющийся в природе атмосферный воздух содержит 0,03% углекислого газа, который под давлением подается в котёл сатуратора и растворяется в воде, а обеднённый воздух, через предохранительный клапан, возвращается в атмосферу. На выходе обогащенная CO₂ поливная вода через перепускной клапан подается по водоводу к водовыпускам системы орошения и поступает в солонцовую почву. При мелиорации солонцов полив обогащенной водой CO₂ проводится через один-два вегетативных полива, расчётными поливными нормами.

Растворимость газов в жидкостях зависит от природы самого газа, температуры, давления и способности газов взаимодействовать с растворителями, что находит свое подтверждение в исследованиях различных ученых (таблицы 1-3) [11].

Таблица 1 – Зависимости растворимости газов в воде при давлении в 1 атмосферу от температуры (растворимость указана в см³/л)

Table 1 – The dependence of the solubility of gases in water at a pressure of 1 atmosphere on temperature

Газ / Gas	0 °C	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C
Азот (N) / Nitrogen (N)	22,3	18,3	15,1	12,8	11,0
Углекислый газ (CO ₂) / Carbon dioxide (CO ₂)	1730,0	1310,0	1050,0	850,0	710,0
Кислород (O ₂) / Oxygen (O ₂)	48,9	38,0	31,0	12,8	11,0

Таблица 2 – Состав сухого атмосферного воздуха

Table 2 – Composition of dry atmospheric air

Газ / Gas	Содержание в % по объему / Content in % by volume	Содержание в % по весу / Content in % by weight
Азот / Nitrogen	78,09	75,7
Кислород / Oxygen	20,95	23,1
Аргон / Argon	0,93	1,29
Углекислый газ / Carbon dioxide	0,03	0,05

Таблица 3 – Массы растворимых в одном литре воды газов из воздуха (мл/л)

Table 3 – The mass of gases soluble in one liter of water from the air

Газ / Gas	Объем % в воздухе / Volume % in air	Объем газа растворенного в воде / Volume of gas dissolved in water	Объемы % газа в воде / Volumes % of gas in water
Азот / Nitrogen	78,09	11,79	63,39
Кислород / Oxygen	20,95	6,49	34,91
Углекислый газ / Carbon dioxide	0,03	0,32	1,69

При разработке устройства для обогащения поливной воды химическими растворами взят за основу и усовершенствован гидроподкормщик для внесения вместе с поливной водой жидких удобрений, дополненный газовой установкой и обратными клапанами, для исключения возвратно-поступательного движения газа и поливной воды.

Установка устройства 4 в конструкцию стационарной системы орошения заключается в следующем: предлагаемое устройство 4 расположено рядом с основными агрегатами и водозабором системы орошения (рисунок 2), для заполнения емкости устройства 4 используется очищенная поливная вода, которая подается в емкость гидроподкормщика 4 из транспортирующего трубопровода 14 посредством открытия вентиля 19, затем, обогащаясь посредством газового устройства 5, насыщенная CO₂ вода вновь подается в систему орошения через обратный клапан при открытии вентиля 20 и транспортируется по трубопроводам на орошаемый модуль возделываемых растений.

Система орошения работает в следующих режимах:

1. *Режим орошения поливной водой без мелиорирующего вещества способом малоинтенсивного дождевания* осуществляется следующим образом: поливная вода из источника 1 закачивается водяным насосом 2 и под давлением до 0,03 МПа по водоводу доставляется к фильтрам грубой и тонкой очистки 3, затем по транспортирующему трубопроводу 14 поливная вода поступает в распределительный трубопровод 11 и распределяется по поливным трубопроводам 10 к дождевальным насадкам 9. Дождевальные насадки 9 соединены с поливным трубопроводом 10 посредством конвекторов и гибких трубок, крепятся на стойках круглого сечения с расстановкой для охвата поливного сектора 6х6 метров, в шахматном порядке. Орошение поливного участка способом дождевания происходит через дождевальные водовыпуски с расходом поливной воды до 25 л/час на одну дождевальную установку.

2. *Режим орошения с подачей мелиорирующего и удобрительного вещества на поливной модуль.* Сжатый CO₂ периодически подается из источника 5, посредством газового вентиля 6 и газопровода 7 в герметичную емкость гидроподкормщика 4 и под давлением CO₂ до 0,03 Мпа обогащенная поливная вода выдавливается в транспортирующий трубо-

провод 14. Затем насыщенная углекислым газом вода, из транспортирующего трубопровода подается в распределительный трубопровод 11 и поступает через поливные трубопроводы 10 к насадкам 9 малоинтенсивного дождевания. Поливная вода, насыщенная углекислым газом, подается в гумусный слой почвы и проникает в нарезанные щели 12 с очаговыми резервуарами для аккумуляции почвенной влаги. В целях предотвращения гидравлических ударов в полую часть подводящего 19, выводящего 20 и транспортирующего 14 трубопроводов вмонтированы обратные клапаны 16 для предотвращения обратного движения поливной воды. На вводе газового трубопровода 7 с той же целью смонтирован перепускной клапан 16. Контроль за расходом воды осуществляется расходомером 15, контроль за давлением воды осуществляется посредством манометров 17, 18, за давлением CO_2 контроль осуществляется газовым редуктором с вентилем и манометром 8. Поливы насыщенной углекислым газом водой проводятся перед выдачей до 50 % поливной нормы, через каждый второй-третий полив, с целью рассоления солонцового горизонта почвы и удобрения растений, т.е. в зависимости от поставленной задачи. Оросительная норма при этом составляет от 3500 до 5000 ($\text{м}^3/\text{га}$), в зависимости от погодных условий поливного сезона и возделываемой культуры.

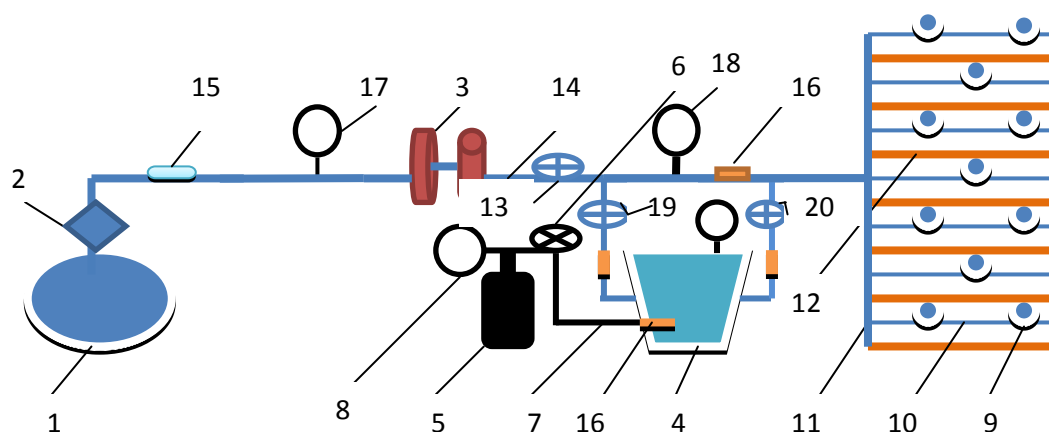


Рисунок 2 – Условная схема системы орошения с функцией обогащения поливной воды углекислым газом из баллона и ее доставка на поливные модули в нарезанные почвенные щели при мелиорации солонцов и осуществления подкормки пропашных культур

- 1 – водоисточник; 2 – водяной насос; 3 – фильтры очистки воды; 4 – емкость гидроподкормщика;
5 – источник CO_2 ; 6 – вентиль CO_2 ; 7 – газопровод; 8 – манометр CO_2 ; 9 – дождеватели;
10 – поливные трубопроводы; 11 – распределительный трубопровод; 12 – щели; 13 – вентиль;
14 – транспортирующий трубопровод; 15 – расходомер воды; 16 – обратные клапана;
17, 18 – манометр воды; 19 – вентиль подводящего трубопровода гидроподкормщика;
20 – вентиль выводящего трубопровода из гидроподкормщика 4.

Figure 2 – A conditional scheme of an irrigation system with the function of enriching irrigation water with carbon dioxide from a cylinder and its delivery to irrigation modules in cut soil cracks during reclamation of salt pans and fertilization of row crops.

- 1 – water source; 2 – water pump; 3 – water purification filters; 4 – hydraulic feeder tank; 5 – CO_2 source;
6 – CO_2 valve; 7 – gas pipeline; 8 – CO_2 pressure gauge; 9 – sprinklers; 10 – irrigation pipelines;
11 – distribution pipeline; 12 – slots; 13 – valve; 14 – conveying pipeline; 15 – water flow meter;
16 – check valves; 17, 18 – water pressure gauge; 19 – valve of the feed feeder supply pipeline;
20 – valve of the outlet pipeline from the feed feeder 4

Заключение. Разработка и применение устройства для обогащения поливной воды химическими веществами позволит повысить плодородие солонцов до уровня зональных светлоресчаных почв, что способствует созданию гомогенизированного пахотного слоя. Для внесения углекислого газа и минеральных жидких удобрений целесообразно использовать не только малообъемные системы орошения, но и дождевальные передвижные машины, оснащенные техническими устройствами внесения химических мелиорантов с поливной водой. Анализируя вышеизложенный материал, мы пришли к выводу, что извлечение углекислого газа из атмосферы

ры посредством компрессорной установки и сатуратора в пределах 1,69% от общего объема воздуха, достаточная для использования в наших исследованиях, т.к. концентрации CO₂ в воде будет вполне достаточно для решения поставленных задач. В наших опытах углекислый газ не должен превышать 0,05...0,10% от общего объема насыщения поливной воды. При обогащении поливной воды посредством функционального устройства, показанном на рисунке 2, регулировка насыщения поливной воды происходит путем открытия или закрытия редукционного вентиля.

Conclusions. The development and use of a device for enriching irrigation water with chemicals will increase the fertility of saline soils to the level of zonal light chestnut soils, which contributes to the creation of a homogenized arable layer. For the application of carbon dioxide and mineral liquid fertilizers, it is advisable to use not only small-volume irrigation systems, but also mobile sprinkler machines equipped with technical devices for the application of chemical ameliorants with irrigation water. Analyzing the above material, we came to the conclusion that the extraction of carbon dioxide from the atmosphere by means of a compressor unit and a saturator within 1.69% of the total air volume will be quite enough for us to use it in our research, since the concentration of CO₂ in water will be quite sufficient to solve the tasks. In our experiments, carbon dioxide should not exceed 0.05...0.10% of the total volume of irrigation water saturation. In the case of irrigation water enrichment by means of the functional device shown in Figure 2, the irrigation water saturation is regulated by opening or closing the pressure reducing valve.

Библиографический список

1. Балакай Г. Т. и др. Современные технологические приемы возделывания овощных культур. Научный обзор ФГНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2011. 102 с.
2. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Техничко-технологические основы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в условиях орошения. Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 10 (98). С. 1484-1495.
3. Володин Н. И. и др. Очистка газов от диоксида углерода растворами моноэталомина: Наука, практика, перспектива. Тула, 2022.
4. Васильев С. М., Коржова Т. В., Шкура В. Н. Технические средства капельного орошения. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2017. 159 с.
5. Добрачев Ю. П., Соколов А. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности. Природообустройство. 2016. № 6. С. 90-96.
6. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 9-19.
7. Выборнов В. В., Майер А. В. Теоретические и практические аспекты создания технической системы для орошения сельскохозяйственных культур на комплексных солонцовых почвах. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 537-544.
8. Медведев А. В., Тихонова М. К. Тьюриал агротехнических решений по созданию экспериментальной установки получения овощей и зелени в условиях пандемии на платформе AGE-TECH. Естественные науки. 2021. № 3 (4). С. 59-70.
9. Майер А. В. Система орошения для мелиорации светло-каштановых солонцовых почв. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1. С. 20-27.
10. Майер А. В., Пенькова Р. А. Теоретические аспекты создания системы орошения для мелиорации солонцов. Научные подходы к современному развитию мелиорации земель: сборник научных трудов. Москва, 2023. С. 98-107.
11. Шанина Е. Н. Направления инновационно-инвестиционного развития мелиорации в сельском хозяйстве Поволжья. Экономика и бизнес: теория и практика. 2023. № 4-2 (98). С. 217-221.
12. Пенькова Р. А., Майер А. В. Теоретические аспекты совместного выращивания овощной и грибной продукции. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 2 (71). С. 377-383.
13. Семененко С. Я., Новиков А. Е. Показатели мелиоративного состояния почв. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (71). С. 377-383.
14. Degirmenci H., Tanriverdi C., Arslan F. Assessment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain. Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of natural sciences. 2016. V. 19. I. 4. Pp. 454-461.
15. Goosheh M., et al. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop. Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. Pp. 738-754.
16. Santos O. F., Cunha F. F. Increase in pea productivity associated with irrigation management. Brazilian Horticulture. 2018. V. 36. I. 2. Pp. 178-183.

References

1. Balakay G. T. et al. Modern Technological Methods of Vegetable Crops Cultivation. Scientific review of the Federal State Scientific Institution "RosNIIPM". Novocherkassk, 2011. 102 p.
2. Borodychev V. V., Lytov M. N. Technical and technological bases for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis in irrigation conditions. Scientific life. 2019. V. 14. № 10 (98). Pp. 1484-1495.
3. Volodin N. I. et al. Purification of Gases from Carbon Dioxide by Monothalomin Solutions: Science, Practice, Perspective. Tula, 2022.
4. Vasilyev S. M., Korzhova T. V., Shkura V. N. Technical means of drip irrigation. Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems, 2017. 159 p.

5. Dobrachev Y. P., Sokolov A. P. Models of Plant Growth and Development and the Task of Yield Improvement. *Environmental Engineering*. 2016. № 6. Pp. 90-96.
6. Dubenok N. N., Mayer A. V. Development of combined irrigation systems for irrigation of agricultural crops. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2018. P. 9-19.
7. Vybornov V. V., Mayer A. V. Theoretical and Practical Aspects of Creating a Technical System for Irrigation of Agricultural Crops on Complex Saline Soils. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2023. № 1 (69). Pp. 537-544.
8. Medvedev A. V., Tikhonova M. K. Tutorial of agrotechnical solutions for the creation of an experimental installation for obtaining vegetables and greens in a pandemic on the AGE-TESN platform. *Science*. 2021. № 3 (4). Pp. 59-70.
9. Mayer A. V. Irrigation system for melioration of light-chestnut saline soils. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2022. № 1. Pp. 20-27.
10. Mayer A. V., Penkova R. A. Theoretical Aspects of Creating an Irrigation System for Reclamation of Salt Licks. *Scientific Approaches to the Modern Development of Land Reclamation: Collection of Scientific Works*. Moscow, 2023. Pp. 98-107.
11. Shanina E. N. Directions of Innovative and Investment Development of Land Reclamation in Agriculture of the Volga Region. *Economics and Business: Theory and Practice*. 2023. № 4-2 (98). Pp. 217-221.
12. Penkova R. A., Mayer A. V. Theoretical aspects of joint cultivation of vegetable and mushroom products. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2024. № 2 (71). Pp. 377-383.
13. Semenenko S. Ya., Novikov A. E. Indicators of the reclamation state of soils. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2023. № 1 (71). Pp. 377-383.
14. Degirmenci H., Tanriverdi C., Arslan F. Assessment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain. *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of natural sciences*. 2016. V. 19. I. 4. Pp. 454-461.
15. Goosheh M., et al. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop. *Irrigation and drainage*. 2018. V. 67. I. 5. Pp. 738-754.
16. Santos O. F., Cunha F. F. Increase in pea productivity associated with irrigation management. *Brazilian Horticulture*. 2018. V. 36. I. 2. Pp. 178-183.

Информация об авторах

Майер Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Пенькова Раиса Ивановна, научный сотрудник, ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9348-4408>, e-mail: raja14-1@mail.ru

Author's Information

Aleksander Vladimirovich Mayer, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID: <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Penkova Raisa Ivanovna, Researcher, Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9348-4408>, e-mail: raja14-1@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-43

EXPANSION OF THE FUNCTIONALITY OF THE ELASTIC ELEMENT IN THE DESIGN OF THE PLANETARY CLUTCH

¹Nekhoroshev D. A., ¹Nekhoroshev N. D., ¹Nekhoroshev D. D., ²Eviev V. A., ²Voronin S. M.

¹*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

²*Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov
Elista, Republic of Kalmykia, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: dmitr-nech@yandex.ru

Received 04.10.2024

Submitted 09.12.2024

Abstract

Introduction. Economic efficiency and productivity of modern energy-rich MTAs with wheeled running system is achieved mainly by increasing engine power, speed characteristics, improving the transmission and running system of the tractor. Tractor operation at higher speeds is complicated by instability of the developed hook force and traction resistance, created by the working bodies of the aggregated agricultural machines, in accordance with the technological process and agrotechnical requirements of the performed operation. The condition of rational combination of increased engine operating power and simultaneous reduction of dynamic loads in the transmission requires an optimal choice of operating modes of machine-tractor aggregate. One of the promising ways that influence the reduction of dynamic load in the tractor transmis-

sion is the possibility of installing elastic links between the engine and the tractor transmission, which have high energy capacity, damping properties and are able to create modes of smooth adjustment of elastic characteristics in different modes of operation of MTA. **The purpose of the work** is to determine the possibility of energy accumulation by an elastic element and its application to reduce the amplitude of vibrations from the hook load, and increase the operational performance of the MTA. **Object.** The object of experimental research was the MTZ-80L wheeled tractor, in the design of which a transmission model with a planetary elastic clutch was installed. The creation of an experimental tractor transmission consisted in the implementation of the design features of a planetary coupling, which performs blocking properties using a hydraulic pump, and elastic damping properties are carried out by a pneumohydraulic cylinder regulator. **Materials and methods.** The experience of operating wheeled vehicles shows that the nature of the load transferred from aggregated agricultural machines to the engine is variable. To reduce fluctuations in the hook load and ensure stable engine operation in order to stabilize the dynamic loads transmitted to the tractor transmission, it is necessary to create a mechanism design that ensures a smooth transfer of engine power to the transmission parts and the tractor running system. This can be achieved by using elastic links in the tractor transmission elements. The possibility of using an elastic damping element with an additional air cavity having a pneumohydraulic accumulator in the torque transmission mechanism is due to the need to expand the functionality that reduces peak shock loads, ensuring smooth interaction of the engine with the driving wheels. The use of such devices will reduce load fluctuations, and therefore reduce tractor slipping, increasing the possibility of increasing the speed indicators of agricultural machinery. **Results and conclusions.** Theoretically, the tasks of implementing existing MTA are studied, taking into account the simulation of real stiffness in the system of forming peak load conditions in the details and mechanisms of power plants having elastically damping elements in the power transmission. Mathematical models are being created using the example of an MTA with a class 1.4 tractor with a wheeled running system. Based on the obtained models, a methodology is being created for studying algorithms for calculating on a computer the volume of the air cavity of an elastic element reflecting optimal stiffness in the transmission when operating an MTA having a tractor equipped with an increased power engine.

Keywords: wheeled tractors, clutches, tractor engines, high-power engines.

Citation. Nekhoroshev D. D., Nekhoroshev N. D., Nekhoroshev D. A., Evie V. A., Voronin S. M. Expansion of the functionality of the elastic element in the design of the planetary clutch. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 392-399 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-43.

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 the final version presented and approved it.

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

УДК 621.431:629.3.014.2

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА В КОНСТРУКЦИИ ПЛАНЕТАРНОЙ МУФТЫ СЦЕПЛЕНИЯ

¹Нехорошев Д. Д., кандидат технических наук, доцент

¹Нехорошев Н. Д., магистрант

¹Нехорошев Д. А., доктор технических наук, профессор

²Эвиев В. А., доктор технических наук, профессор

²Воронин С. М., доктор технических наук, профессор

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б. Городовикова»

г. Элиста, Республика Калмыкия, Российская Федерация

Актуальность. Экономическая эффективность и производительность современных энергонасыщенных МТА, имеющих колёсную ходовую систему, достигается в основном путём повышения мощности двигателя, скоростных характеристик, совершенствования трансмиссии и ходовой системы трактора. Эксплуатация тракторов на повышенных скоростях осложняется нестабильностью развиваемого крутящего усилия и тягового сопротивления, создаваемого рабочими органами агрегируемых сельхозмашин, в соответствии с технологическим процессом и агротехническими требованиями выполняемой операции. Условием рационального совмещения повышенной эксплуатационной мощности двигателя и одновременного снижения динамических нагрузок в трансмиссии требуется оптимальный выбор режимов работы машинно-тракторного агрегата. Одним из перспективных способов, оказывающих влияние на снижение динамической нагруженности в трансмиссии тракторов, является возможность установки упругих звеньев между двигателем и трансмиссией трактора, которые обладают высокой энергоёмкостью, демпфирующими свойствами и способными создавать режимы плавной регулировки упругих характеристик на различных режимах эксплуатации МТА.

Цель работы заключается в определении возможности накопления энергии упругим элементом и применения её для снижения амплитуды колебаний от крюковой нагрузки, и повышения эксплуатационных показателей МТА.

Объект. Объектом экспериментальных исследований был принят колёсный трактор МТЗ-80Л, в конструкцию которого была установлена модель трансмиссии с планетарной упругой муфтой сцепления. Создание экспериментальной трансмиссии трактора состояло в реализации конструктивных особенностей планетарной муфты, которая выполняет блокирующие свойства с помощью гидравлического насоса, а упругодемпфирующие свойства осуществляет пневмогидравлический цилиндр регулятор.

Материалы и методы. Опыт эксплуатации колёсных МТА показывает, что характер нагрузки, передаваемой от агрегируемых сельхозмашин на двигатель, является переменным. Для снижения колебаний крюковой нагрузки и обеспечения устойчивого режима работы двигателя с целью стабилизации динамических нагрузок, передающихся в трансмиссию трактора, необходимо создать конструкцию механизма, обеспечивающего плавную передачу мощности двигателя на детали трансмиссии и ходовую систему трактора. Это достигается за счёт применения упругих звеньев в элементах трансмиссии трактора. Возможность использования упругодемпфирующего элемента с дополнительной воздушной полостью, имеющей пневмогидравлический аккумулятор в механизме передачи крутящего момента, обуславливается необходимостью расширения функциональных возможностей, обеспечивающих снижение пиковых ударных нагрузок, осуществляя плавное взаимодействие двигателя с ведущими колёсами. Применение таких устройств позволит снизить колебания нагрузки и, соответственно, снизить буксование трактора, повышая возможность увеличения скоростных показателей сельскохозяйственного МТА.

Результаты и выводы. Теоретически исследуются задачи реализации действующих МТА, с учетом имитации реальных жесткостей в системе формирования пиковых нагрузочных режимов в деталях и механизмах силовых установок, имеющих упруго демпфирующие элементы в силовой трансмиссии. Создаются математические модели на примере МТА с трактором класса 1,4 с колёсной ходовой системой. На полученных моделях создаётся методика исследования алгоритмов расчета на ЭВМ объема воздушной полости упругого элемента, отражающего оптимальную жёсткость в трансмиссии при работе МТА, оснащённого двигателем повышенной мощности.

Ключевые слова: колесные тракторы, муфты сцепления, двигатели тракторные, двигатели повышенной мощности.

Цитирование. Нехорошев Д. Д., Нехорошев Н. Д., Нехорошев Д. А., Эвиев В. А., Воронин С. М. Расширение функциональных возможностей упругого элемента в конструкции планетарной муфты сцепления. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 392-399. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-43.

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.

Введение. Тенденция развития современных энергонасыщенных колёсных тракторов основана на использовании двигателя повышенной мощности до 380кВт. Работа МТА с тракторами, имеющими мощные двигатели, в условиях сельскохозяйственного производства привела к увеличению рабочих скоростей на всех видах сельскохозяйственных работ и к дальнейшему росту динамических нагрузок в силовой моторно-трансмиссионной установке [1]. В настоящее время большое внимание уделяется вопросу эксплуатации колёсных тракторов, работающих на высоких скоростях.

Опыт эксплуатации этих МТА показывает, что характер нагрузки, передаваемой от агрегируемых сельхозмашин на двигатель, является переменным. При этом оптимальные значения тягового скоростных режимов ограничены взаимодействием ходовой системы с обрабатываемой поверхностью. Эксплуатация трактора с повышенной мощностью двигателя приводит к росту амплитуды и частоты колебаний крюкового усилия. По сравнению со средним значением крюковой нагрузки она возрастает на 25...30% [2, 3].

Для выравнивания характера нагрузки и работы двигателя, с целью снижения динамичности нагружения трактора, необходимо совершенствовать механизм передачи мощности двигателя на трансмиссию и ходовую систему трактора. Этого можно достигнуть путём установки в трансмиссию трактора упругодемпфирующих элементов. Тогда эффективность работы трактора, оснащённого двигателем большой мощности, может определяться точностью выбора и согласованием характера нагрузочных режимов на крюке и нагрузок в трансмиссии, в зависимости от условий и характера работы МТА [4, 5].

Увеличение мощности двигателя оказывает влияние на нестабильность тягового сопротивления и крутящего момента, создаваемого рабочими органами почвообрабатывающих машин. При этом колебания момента сопротивления, вызываемые сельхозмашинами при использовании тракторов с большой мощностью двигателя, оказывают сдерживающее влияние на эффективность работы МТА [6, 7].

Также большое значение на эффективность работы МТА оказывают и скрытые внутренние факторы, такие как колебания оборотов двигателя и частота колебаний зубчатых передач трансмиссии в режимах перегрузки, устройство ведущих колёс ходовой системы.

Перспективным направлением улучшения конструкций тракторных силовых установок является возможность изменения конструктивных характеристик при расширении энергетических, экологических, экономических показателей с одновременным повышением надежности и долговечности. При выполнении МТА сельскохозяйственных работ, связанных с основной обработкой почвы, средний коэффициент использования полной мощности варьирует от 0,6 до 0,9 [8]. Но дизельные двигатели, форсированные по мощности, по сравнению с серийными, не способны иметь те преимущества, которые были заложены при их проектировании [9, 10]. В итоге это не привело к большому повышению производительности МТА и пропорциональному увеличению мощности двигателя. При этом существенно возрастает удельный расход топлива на единицу выполненной работы, а коэффициент использования полезной мощности значительно снижается по сравнению с серийным базовым вариантом.

Материалы и методы. Для улучшения эффективности использования энергонасыщенных тракторов может стать возможность применения разработок, направленных на снижение динамических воздействий от сельскохозяйственной машины за счет внедрения упругих элементов в конструкцию трактора. Применение таких устройств позволит снизить колебания нагрузки, а значит, и снизить буксование трактора, повышая возможность увеличения скоростных показателей сельскохозяйственного МТА [11].

Особенность использования в трансмиссии серийного трактора муфты сцепления, имеющей планетарный механизм и упругий элемент в виде пневмогидравлического аккумулятора (ПГА), определяется необходимостью снижения ударных нагрузок, обеспечивающих плавное соединение двигателя с трансмиссией и ведущими колёсами.

Экспериментальными исследованиями было установлено, что объём воздушной полости и давление в ней оказывают влияние на жёсткость муфты сцепления [12]. Параметры необходимой жёсткости для работы муфты сцепления, полученные при оптимальном объёме ПГА, исследовались на математической модели трогания и разгона МТА [13]. Выбор требуемой жёсткости муфты сцепления при оптимальном объёме воздушной полости ПГА реализуется путём изменения первоначального давления в ней.

Цель наших исследований заключается в определении возможности накопления энергии упругим элементом и применения её для снижения колебаний крутящего момента и повышения энергетических показателей МТА.

Результаты обсуждения. Меняя в широком диапазоне параметры гидравлической системы и воздушного объёма пневмогидравлического аккумулятора, можно реализовать большое количество вариаций упругих характеристик по типу и податливости.

Текущее давление в воздушной полости пневмогидравлического аккумулятора определяется по формуле:

$$P = \frac{M_d \cdot \eta_{\text{ГП}}}{2 \cdot F \cdot r_{\text{шн}} \cdot k \cdot i_{\text{ГП}}}, \quad (1)$$

где M_d – момент двигателя, Н·м; $\eta_{\text{ГП}}$ – К.П.Д. привода насоса; F – площадь поверхности зуба, м^2 ; $r_{\text{шн}}$ – радиус делительной окружности шестерни насоса, м; k – передаточное число планетарной передачи; $i_{\text{ГП}}$ – передаточное число привода насоса.

Выбор показателей, характеризующих работу пневмогидравлического аккумулятора, устанавливается из условия:

$$p_0 \cdot V_{\max}^n = p \cdot V^n, \quad (2)$$

где P_0 и V^n – объём и давление воздушной полости аккумулятора на расчётном режиме; P_0 – начальное давление полости аккумулятора, МПа; n – показатель политропы; $V_{\max}^n$ – максимальный объём аккумулятора, m^3 .

Для определения показателей, характеризующих изменение воздушной полости аккумулятора, используем формулу (2):

$$V_{\max}^n = \frac{p}{p_0} \cdot V^n \text{ или } V_{\max}^n = V \cdot \left(\frac{p}{p_0} \right)^{1/n}. \quad (3)$$

Показатели, отражающие оптимальную жёсткость упругодемпфирующего элемента при работе МТА на повышенной мощности двигателя можно определить, используя конструктивные размеры, характеризующие объём воздушной полости:

$$C_{ПГА} = n \cdot \frac{M_D \cdot \eta_{ГП}}{2 \cdot \kappa \cdot F \cdot r_{ГП} \cdot i_{ГП} \cdot V}, \quad (4)$$

где n – показатель политропы; V – объём газовой полости ПГА, m^3 .

При работе МТА, в трансмиссии трактора которого установлена планетарная муфта с пневмогидравлическим упругим устройством, можно регулировать величину воздушной полости аккумулятора $V_{\max}$. Если этот объём слишком большой, тогда ограничение размеров полости можно выполнять за счет выбора типа упругой характеристики.

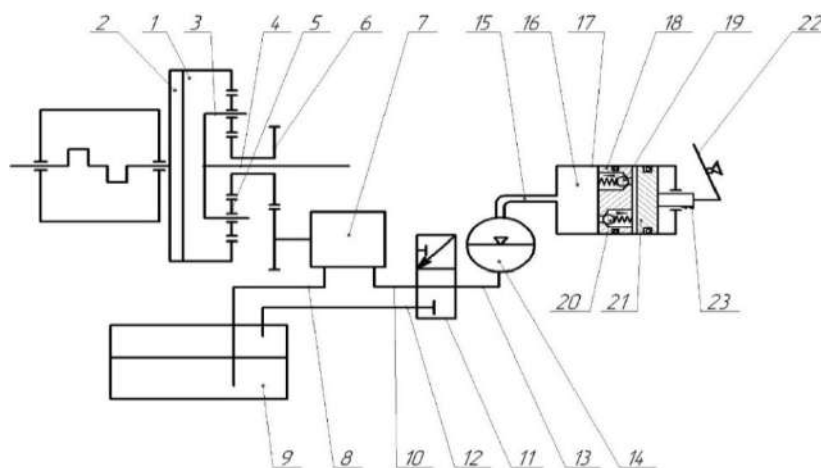


Рисунок 1 – Цилиндр регулятор изменения объёма воздушной полости пневмогидравлического аккумулятора

Figure 1 – Cylinder regulator for changing the volume of the air cavity of a pneumohydraulic accumulator

- 1 – коронная шестерня; 2 – маховик; 3 – водило; 4 – первичный вал; 5 – сателлиты; 6 – солнечная шестерня; 7 – привод гидронасоса; 8 – всасывающая магистраль; 9 – гидробак; 10 – напорная магистраль; 11 – распределитель; 12 – сливная магистраль; 13 – нагнетательная магистраль; 14 – пневмогидравлический аккумулятор; 15 – дополнительная магистраль; 16 – пневмокамера; 17 – цилиндр регулятор; 18 – поршень; 19 – уплотнительные кольца; 20, 21 – перепускные клапаны; 22 – разделительная шайба; 23 – рычаг; 24 – фиксатор.
- 1 – ring gear; 2 – flywheel; 3 – tow; 4 – input shaft; 5 – satellites; 6 – sun gear; 7 – hydraulic pump drive; 8 – suction line; 9 – hydraulic tank; 10 – pressure line; 11 – distributor; 12 – drain main; 13 – discharge line; 14 – pneumohydraulic accumulator; 15 – additional main; 16 – pneumatic chamber; 17 – cylinder regulator; 18 – piston; 19 – O-rings; 20, 21 – bypass valves; 22 – separating washer; 23 – lever; 24 – retainer

С целью плавного регулирования имеющегося объема воздушной полости ПГА, в созданную конструкцию пневмогидравлической системы были внесены дополнительные изменения, которые позволяют плавно увеличить объем дополнительной воздушной полости упругого элемента (рисунок 1) (Пат. 2277478 РФ, Планетарная упругая муфта с регулируемым потоком жидкости / Н. Г. Кузнецов, Д. А. Нехорошев, Д. Д. Нехорошев.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО ВГСХА. 10.06.2006).

Рассмотрим работу планетарной муфты сцепления с усовершенствованной конструкцией упругого элемента. Двигатель маховиком 1 соединён с планетарным механизмом, который имеет солнечную шестерню 6, сателлиты 5 и шестерню привода насоса 7. Гидравлический насос закачивает масло из бака гидравлической системы трактора 9 и подаёт в гидравлическую магистраль 8, а затем по магистрали 10 поступает в распределитель 11.

Если золотник распределителя стоит в нейтральном положении, то масло направляется на слив в магистраль 12, общую с гидросистемой трактора. При таком положении распределителя 11, муфта находится в выключенном положении, трактор стоит на месте, даже при включенной передаче. Если распределитель 11 открыть, то жидкость подаётся по магистрали 13 в пневмогидравлический аккумулятор 14. Насос 7 останавливается, одновременно с ним и солнечная шестерня 6, но сателлиты 5 вращаются вокруг своей оси, по солнечной шестерне 6, передавая крутящий момент на водило 3 и первичный вал силовой передачи 4. Трактор начнет движение вперед.

При эксплуатации трактора, с повышенной крюковой нагрузкой, необходимо обеспечить оптимальные параметры объема и жесткости упругого элемента 14. Для этого необходимо разделительную шайбу 21, с помощью рычага 22, переместить вперед на некоторую величину, чтобы открылся перепускной клапан 20, который направит воздух из полости упругого элемента 14 в под поршневое пространство 18 и полость 21. В таком режиме поршень 18 останавливается, обеспечивая пространство для воздушной полости упругого элемента 14. Если повышение нагрузки на крюке трактора в процессе работы происходит хаотично, тогда следует увеличить объем упругого элемента 14 путём смещения разделительной шайбы 21 в сторону увеличения объема в полости гидроцилиндра 17. Разделительная шайба от перемещений в процессе работы стопорится упором 23.

Энергия, накопленная пневмогидравлическим упругим элементом в процессе работы, периодически передаётся в трансмиссию и ходовую систему трактора. Обеспечивая плавное трогание трактора с места и при работе с нагрузкой на крюке, в зависимости от условий эксплуатации и вида реализуемой работы, подбирается оптимальная жесткость упругого элемента.

Таким образом, использование в трансмиссии трактора пневмогидравлической упругодемпфирующей муфты с механизмом для регулирования объема пневматической полости обеспечивает возможность стабилизации режимов работы двигателя, которые способствуют снижению амплитуды колебаний крюковой нагрузки и повышению тяговых свойств ходовой системы, обеспечивая увеличение производительности МТА и снижение расхода топлива.

Выводы. 1. Повышение эффективности работы трактора в составе сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов возможно за счет использования упругодемпфирующих элементов в конструкции тракторов. В результате совместной работы двигателя и оптимальной жесткости упругого элемента увеличилась производительность на 16,7%, а расход топлива уменьшился на 15%.

2. Совместная адаптация трактора и планетарной упругой муфты к изменениям тягового усилия в широком диапазоне рабочих скоростей достигается за счет подбора оптимальной жесткости упругого элемента, которую можно получить путём изменения упругих характеристик пневмогидравлического аккумулятора.

Conclusions. 1. Increasing the efficiency of the tractor as part of agricultural machinery and tractor units is possible through the use of elastic damping elements in the design of tractors. As a result of the combined operation of the engine and the optimal rigidity of the elastic element, productivity increased by 16.7%, and fuel consumption decreased by 15%.

2. Joint adaptation of the tractor and planetary elastic clutch to changes of traction force in a wide range of working speeds is achieved by selecting the optimal stiffness of the elastic element, which can be obtained by changing the elastic characteristics of the pneumohydraulic accumulator.

Библиографический список

1. Нехорошев Д. Д. и др. Особенности улучшения работы машинно-тракторного агрегата за счет снижения колебания нагрузки. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 316-322.
2. Нехорошев Д. Д. и др. Особенности улучшения работы машинно-тракторного агрегата за счет снижения колебания нагрузки. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 316-322.
3. Кузнецов Н. Г., Гапич Д. С., Ширяева Е. В. К вопросу об определении допустимого коэффициента буксования полно приводного колесного трактора. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 2 (34). С. 176-179.
4. Нехорошев Д. Д., Нехорошев Д. А. Упруго-демпфирующий элемент в трансмиссии колёсного трактора для снижения динамических нагрузок. Сельский механизатор. 2019. № 7. С. 12-13.
5. Попов А. Ю., Коновалов П. В. Влияние упругого элемента в навеске на вертикальную нагрузку на колесах трактора. Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2013. Т. 5. С. 150-151.
6. Коновалов П. В. и др. Повышение эффективности работы колёсного трактора за счет снижения буксования в составе сельскохозяйственного машинно-тракторного агрегата путем применения упругой связи в навеске. Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2018. Т. 2. С. 157-161.
7. Ovchinnikov A. S., et al. Some ways to reduce the dynamic loads of agricultural machine-tractor aggregates. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. № 13 (22). Pp. 8776-8779.
8. Кравченко В. А. Результаты исследований пахотного агрегата на базе трактора класса 1,4 с УДМ в трансмиссии. Вестник ВИЭСХ. 2017. № 2 (27). С. 87-91.
9. Попов А. Ю., Шляхов А. А., Малышко А. Г. Оптимизация степени дефорсирования двигателя постоянной мощности для транспортных работ. Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2017. С. 114-119.
10. Нехорошев Д. Д. и др. Моторно-трансмиссионная установка с двигателем постоянной мощности и пневмогидравлической планетарной муфтой сцепления. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 382-389.
11. Nekhoroshev D. D. et al. Wheeled tractors in the agricultural machine-tractor aggregates work efficiency opportunities. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2020. V. 577. 012020.
12. Нехорошев Д. А., Кузнецов Н. Г., Нехорошев Д. Д. Уточнение параметров упругого элемента в пневмогидравлической планетарной муфте сцепления. Аграрная наука. 2011. № 12. С. 25-27.
13. Нехорошев Д. А., Нехорошев Д. Д. Исследования процесса разгона МТА с помощью математической модели. Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 7. С. 20-21.

References

1. Nekhoroshev D. D. et al. Features of Improving the Operation of a Machine-Tractor Unit by Reducing Load Fluctuations. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2019. № 1 (53). Pp. 316-322.
2. Nekhoroshev D. D. et al. Features of Improving the Operation of a Machine-Tractor Unit by Reducing Load Fluctuations. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2019. № 1 (53). Pp. 316-322.
3. Kuznetsov N. G., Gapich D. S., Shiryayeva E. V. K voprosu ob opredeleniya admissivnogo coefficient of slipping of a full-wheel tractor. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2014. № 2 (34). Pp. 176-179.
4. Nekhoroshev D. D., Nekhoroshev D. A. Elastic-damping element in the transmission of a wheeled tractor for reducing dynamic loads. Rural machine operator. 2019. № 7. Pp. 12-13.
5. Popov A. Yu., Konovalov P. V. Influence of the elastic element in the attachment on the vertical load on the wheels of the tractor. Integration of Science and Production as a Strategy for Sustainable Development of the Agro-Industrial Complex of Russia in the WTO: Materials of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd, 2013. V. 5. Pp. 150-151.
6. Konovalov P. V., et al. Improving the Efficiency of the Wheeled Tractor Operation by Reducing Slipping in the Composition of the Agricultural Machine-Tractor Unit by Using Elastic Coupling in the Attachment. World Scientific and Technological Trends in the Socio-Economic Development of the Agro-Industrial Complex and Rural Areas: Materials of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2018. V. 2. Pp. 157-161.
7. Ovchinnikov A. S., et al. Some ways to reduce the dynamic loads of agricultural machine-tractor aggregates. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. № 13 (22). Pp. 8776-8779.
8. Kravchenko V. A. Results of Studies of an Arable Unit Based on a Class 1.4 Tractor with UDM in the Transmission. Vestnik VIESH. 2017. № 2 (27). Pp. 87-91.
9. Popov A. Yu., Shlyakhov A. A., Malysheko A. G. Optimization of the degree of deforcing a constant power engine for transport work. Ecological and Reclamation Aspects of Rational Nature Management: Materials of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2017. Pp. 114-119.
10. Nekhoroshev D. D., et al. Motor-transmission plant with a constant power engine and a pneumatic-hydraulic planetary clutch of the clutch. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2019. № 2 (54). Pp. 382-389.

11. Nekhoroshev D. D. et al. Wheeled tractors in the agricultural machine-tractor aggregates work efficiency opportunities. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2020. V. 577. 012020.

12. Nekhoroshev D. A., Kuznetsov N. G., Nekhoroshev D. D. Clarification of the parameters of the elastic element in the pneumohydraulic planetary clutch of the clutch. Agrarian science. 2011. № 12. Pp. 25-27.

13. Nekhoroshev D. A., Nekhoroshev D. D. Studies of the MTA acceleration process with the help of a mathematical model. Tractors and agricultural machines. 2013. № 7. Pp. 20-21.

Информация об авторах

Нехорошев Дмитрий Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Энергетические системы и электростанции», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект, Университетский, д. 26), e-mail: ndd.volgau@yandex.ru

Нехорошев Никита Дмитриевич, магистр, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект, Университетский, д. 26), e-mail: nikita.nech@yandex.ru

Нехорошев Дмитрий Артёмович, доктор технических наук, доцент, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект, Университетский, д. 26), e-mail: dmitr-nech@yandex.ru

Эвиев Валерий Андреевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Калмыцкий ГУ имени Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0329-2013>, e-mail: aviev@yandex.ru

Воронин Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Калмыцкий ГУ имени Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11), e-mail: s.voronin-l@yandex.ru

Author's Information

Nekhoroshev Dmitry Dmitrievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky prospect, 26), e-mail: ndd.volgau@yandex.ru

Nekhoroshev Nikita Dmitrievich, undergraduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky prospect, 26), e-mail: nikita.nech@yandex.ru

Nekhoroshev Dmitry Artemovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky prospect, 26), e-mail: dmitr-nech@yandex.ru

Eviev Valery Andreevich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, Republic of Kalmykia, Elista, Pushkin Street, 11), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0329-2013>, e-mail: aviev@yandex.ru

Voronin Sergey Mikhailovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikova (Russian Federation, Republic of Kalmykia, Elista, Pushkin Street, 11), e-mail: s.voronin-l@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-44

TECHNOLOGICAL SUBSTANTIATION OF GRAIN DRYING BY AERATION

¹Ammosov I. N., ¹Dondokov Y. Z., ¹Drincha V. M., ²Borisenko I. B., ³Jampilov S. S.

¹Arctic State Agrotechnological University
Yakutsk, Russian Federation

²Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

³East Siberian State University of Technology and Management
Ulan-Ude, Russian Federation

Corresponding author E-mail: borisenivan@yandex.ru

Received 27.08.2024

Submitted 13.11.2024

Summary

The results of experimental studies of the technological basics and practice of grain aeration drying are presented.

Abstract

Introduction. Because moisture in grain plays a vital role in the storage, handling, and processing of grain and grain products, researchers in grain conditioning have concentrated on dehydration technology. In a broad sense, grain dehydration technologies encompasses any operation that might be performed on grain to maintain quality by decreasing the moisture content of the grain. The analysis of grain drying methods showed that aeration drying is a promising and at the same time the most complex process. Insufficient understanding of the physical essence and management of the process, aeration drying is characterized by high risks of reducing the quality of the dried grain. The **purpose of the article** is to analyze the physical foundations and substantiate the technological principles of aeration drying of grain materials at different stages of post-harvest processing and storage. **Materials and methods.** The presented results are a generalization of many years of experimental research by the authors of the article, devoted to grain aeration drying with atmospheric and heated air, as well as. Humidity, grain temperature, and relative air humidity were determined using standard methods. **Results and discussion.** Aeration drying of grain, in comparison with the process of its aeration cooling, is a significantly more complex process in terms of selection of process parameters and their control. A necessary, critically important condition for efficient aeration drying is rapid movement of the drying front across the entire thickness of the grain bulk, which is ensured by air

aeration rates of 10...25 l/s t. The developed two-stage technology of aeration drying of grain is a practical guide for managing processes in floor and bunker dryers. An effective way to extend the time interval of operation of aeration dryers is to heat the atmospheric air before feeding it to the air distribution ducts. Additional heating is advisable to use when night temperatures drop to 0...+5°C or when the relative humidity of the atmospheric air exceeds 70% over a long period. Aeration rates for additional air heating for the main grain crops should be at least 15 l/s t. The developed control system for a floor dryer with additional air heating can be used in humid regions with low temperatures during the harvesting period.

Keywords: grain moisture, grain temperature, grain bulk, aeration grain drying, floor dryers, grain drying.

Citation. Ammosov I. N., Dondokov Y. Z., Drincha V. M., Borisenko I. B., Jampilov S. S. Technological substantiation of grain drying by aeration. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 399-412 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-44.

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 644.6/7

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СУШКИ ЗЕРНА АЭРИРОВАНИЕМ

¹Аммосов И. Н., старший преподаватель

¹Дондоков Ю. Ж., кандидат технических наук, доцент

¹Дринча В. М., доктор технических наук, профессор

²Борисенко И. Б., доктор технических наук, профессор

³Ямпиллов С. С., доктор технических наук, профессор

¹Арктический государственный агротехнологический университет

г. Якутск, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

³Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления

г. Улан-Удэ, Российская Федерация

Актуальность. Поскольку влажность зерна играет жизненно важную роль при хранении, транспортировке и переработке зерна и зернопродуктов, исследователи в области кондиционирования зерна сосредоточились на технологиях сушки. В широком смысле технологии сушки зерна охватывают любую операцию, которая может быть выполнена с зерном для поддержания его качества путем уменьшения влажности зерна. Проведенный анализ способов сушки показал, что аэрационная сушка является перспективным и в то же время наиболее сложным процессом. Недостаточное понимание физической сущности и управления процессом, аэрационная сушка характеризуется большими рисками снижения качества высушиваемого зерна. **Целью статьи** является анализ физических основ и обоснование технологических принципов аэрационной сушки зерновых материалов на разных этапах послеуборочной обработки и хранения. **Материалы и методы.** Представленные результаты являются обобщением многолетних экспериментальных исследований авторов статьи, посвященных сушке зерна аэрированием атмосферным и подогретым воздухом, а также. Влажность, температура зерна, а также относительная влажность воздуха определялись по стандартным методикам. **Результаты и обсуждения.** Аэрационная сушка зерна в сравнении с процессом его охлаждения аэрацией является существенно более сложным процессом в выборе технологических параметров и управлении ими. Необходимым, критически важным условием эффективной аэрационной сушки является быстрое перемещение фронта сушки по всей толщине зерновой насыпи, что обеспечивают нормы аэрации воздуха 10...25 л/с·т. Разработанная двухэтапная технология аэрационной сушки зерна представляет собой практическое руководство для управления процессами в напольных и бункерных сушилках. Для расширения временного интервала работы аэрационных сушилок эффективным способом является подогрев атмосферного воздуха перед подачей его в воздухораспределительные каналы. Дополнительный нагрев целесообразно применять при падении ночных температур до 0...+5 °С или когда относительная влажность атмосферного воздуха в течение длительного периода превышает 70%. Нормы аэрирования при дополнительном подогреве воздуха для основных зерновых культур должны быть не ниже 15 л/с·т.

Разработанная система управления напольной сушилкой с дополнительным нагревом воздуха может быть применена во влажных регионах с пониженными температурами в уборочный период.

Ключевые слова: влажность зерна, температура зерна, зерновая насыпь, аэрационная сушка зерна, напольные сушилки, сушка зерна.

Цитирование. Аммосов И. Н., Дондоков Ю. Ж., Дринча В. М., Борисенко И. Б., Ямпиллов С. С. Технологическое обоснование сушки зерна аэрированием. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 399-412. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-44.

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. Влажность зерна играет жизненно важную роль при хранении, транспортировке и переработке зерна и зернопродуктов, исследователи в области кондиционирования зерна сосредоточились на технологиях обезвоживания или сушки. В широком смысле технологии сушки зерна охватывают любую операцию, которая может быть выполнена с зерном для поддержания его качества путем уменьшения влажности зерна.

Зерно с повышенной влажностью вследствие биохимических процессов выделяет тепло, которое приводит к повышению его интенсивности дыхания и активной деятельности насекомых и микроорганизмов в зерновой насыпи. Проблема усугубляется при перемещении такого зерна в замкнутое хранилище. Например, при загрузке пшеницы с влажностью 16,5% при температуре 28 °С в силос без аэрации в течение нескольких часов температура зерна достигла 39 °С, а в течение двух дней она достигла 46 °С, что создало идеальные условия для роста плесени и порчи зерна [9, 12, 15].

Зерно с повышенной влажностью (для основных зерновых культур это влажность выше 13...14%), нуждается в немедленной обработке, чтобы избежать проблем с плесенью, насекомыми и порчей зерна.

Вероятностные результаты хранения зерна, в первую очередь, зависят от влажности и температуры зерновой массы. Помимо видимой деградации из-за плесени и насекомых, хранение зерна повышенной влажности приводит к потере всхожести.

Зерно, обладающее повышенной влажностью, например для основных злаковых превышающей 12,5%, может быть доведено до безопасной влажности несколькими способами (рисунок 1).

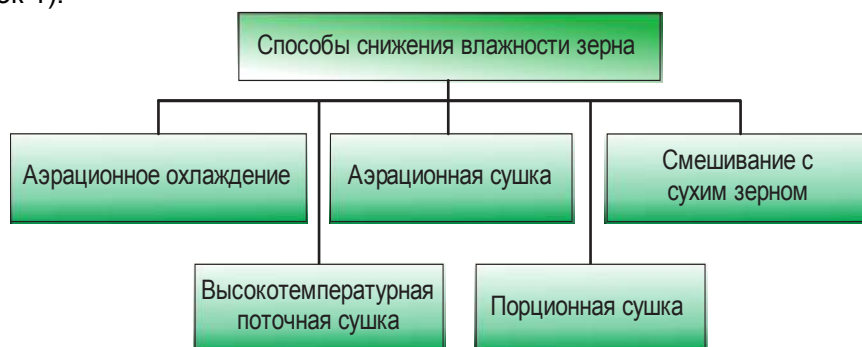


Рисунок 1 – Классификация способов снижения влажности зерна основных злаковых культур
Figure 1 – Classification of methods for dehumidification of grain moisture content of major cereal crops

Смешивание – влажное зерно смешивают с сухим зерном, затем его аэрируют с низкими нормами аэрации.

Аэрационное охлаждение – зерно умеренной влажности, до 15% влажности, может на короткое время быть сохранено без потери его качества аэрационным охлаждением.

Аэрационная сушка – большие объемы воздуха перемещают фронт сушки через зерновой слой насыпи и медленно удаляют влагу. В некоторых случаях с целью понижения относительной влажности воздуха применяют дополнительный нагрев.

Высокотемпературная поточная сушка – зерно непрерывно перемещается через сушилку, которая использует большой объем нагретого воздуха для прохождения через непрерывный поток зерна.

Порционная сушка – обычно отдельно стоящий бункер или транспортируемый прицеп с емкостью на 10-30 тонн зерна, продуваемые большим объемом нагретого воздуха, проходящего через зерно и выходящего через перфорированные стенки.

Проведенный анализ применяемых способов сушки зерна основных зерновых культур показал, что из всех способов сушка зерна аэрированием является наиболее сложным процессом [1, 3, 10].

При недостаточном понимании физической сущности и недостатке знания некоторых практических правил аэрационная сушка становится не только энергозатратной, но и характеризуется большими рисками снижения качества высушиваемого зерна [2, 11].

Существующее технологическое обеспечение аэрационной сушки является недостаточным для эффективного практического применения аэрационной сушки.

Целью исследований является анализ физических основ и обоснование технологических принципов аэрационной сушки зерновых материалов на разных этапах послеуборочной обработки и хранения.

Материалы и методы исследования. Представленные материалы являются обобщенным результатом многолетних экспериментальных исследований авторов статьи, посвященных сушке зерна аэрированием атмосферным и подогретым воздухом, а также многих работ отечественных и зарубежных авторов.

Экспериментальные исследования проводились главным образом в хозяйствах Ивановской и Московской областей на зерне пшеницы, ячменя и овса.

Исследования были проведены на портативных и стационарных установках для аэрирования зерна компании Ambros Schmelzer&Sohn GmbH&Co.KG, (Германия), а также на некоторых типовых аэрируемых складах отечественного производства.

Для определения влажности и температуры зерна, а также относительной влажности воздуха применялись стандартные методики [2, 4, 6].

Результаты и обсуждение. Эффективность аэрационной сушки в хозяйственных условиях зависит от многих факторов, и в первую очередь от правильного обращения со свежесобранном зерном повышенной влажности. Технологии обработки зерна, используемые с аэрационной сушкой, позволяют уменьшить энергоемкость обработки и повысить его качество.

Смешивание – это технологический процесс, включающий уменьшение влажности слегка переувлажненного зерна путем его смешивания с сухим зерном. Данный прием является эффективным, когда влажность свежесобранного зерна доходит до 13,5% и смешивание его с сухим зерном позволяет снизить содержание влаги до 12,5%.

Смешивание может быть недорогим способом понижения влажности зерна, при условии наличия резервного зернового оборудования. В случае отсутствия систем аэрации в зерновом зерно повышенной влажности и сухое зерно должны быть тщательно перемешаны перед засыпкой в хранилище. При наличии систем аэрации сухое и влажное зерно можно засыпать в хранилище послойно, т.е. слой сухого зерна, слой влажного и т.д. С помощью аэрационного охлаждения со временем влага из влажного зерна перейдет в более сухое зерно вокруг него и зерновая масса в конечном итоге становится достаточно однородной по влажности.

Комбайновое зерно, собранное в теплую погоду, в середине дня может иметь влажность до 11% и может быть отложено для смешивания. Затем комбайн может работать в утренние и вечерние часы каждый день, убирая зерно с повышенной влажностью до 13,5%. Для достижения влажности зерна для безопасного хранения около 12% рекомендуется смешивать сухую и увлажненные части в соотношении 60:40.

В технологиях послеуборочной обработки зерно повышенной влажности часто приходится хранить в ожидании его сушки [5, 8].

Переувлажненное зерно часто необходимо временно хранить, пока не появится сушильное оборудование или не появится время. Зерно с высокой влажностью и температурой после сбора урожая подвергается наибольшему риску поражения насекомыми и плесенью (рисунки 2).

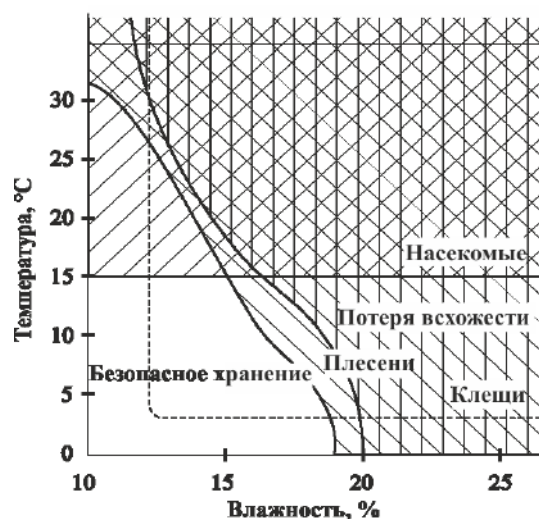


Рисунок 2 – Влияние влажности и температуры зерна на его сохранность
Figure 2 – Effects of moisture and temperature on stored grain

Снижение температуры само по себе может значительно снизить плесень и возможное ухудшение качества зерна до тех пор, пока его не высушат. Для этих целей следует применять аэрационное охлаждение с расходом воздуха 2...3 л/с/т.

В производственных условиях, используя аэрационные установки, зерно с влажностью 14...15% можно безопасно хранить в течение месяца или двух. При этом установки должны работать в непрерывном режиме, за исключением периодов, когда относительная влажность атмосферного воздуха превышает 85%, в течение более 12 часов, чтобы избежать увлажнения зерна.

Продувание воздуха через влажное зерно создает эффект испарительного охлаждения, поэтому температура зерна быстро снижается и нет необходимости пытаться выбирать холодные промежутки для аэрирования зерна. Важно регулярно проверять влажность охлаждаемого зерна.

В случае отключения вентиляторов по какой-либо причине или неравномерного распределения воздушного потока в зерновой массе в ней быстро образуются очаги самосогревания, в которых начинают интенсивно развиваться плесени и насекомые.

Аэрационная сушка основана на большом объеме воздуха, проходящего через зерно, для медленного удаления влаги. Обычно она происходит в напольных аэрационных сушилках или в силосах, частично заполненных зерном, либо в специально построенных сушилках. Аэрационная сушка – это медленный процесс, зависящий во многом от теплых, сухих погодных условий [13].

Для осуществления эффективной аэрационной сушки важно понимание физической сущности сушки, а также технологических основ управления этим процессом, в противном случае существуют высокие риски снижения качества зерна в сравнении с высокотемпературными и поточными сушилками (рисунок 3).

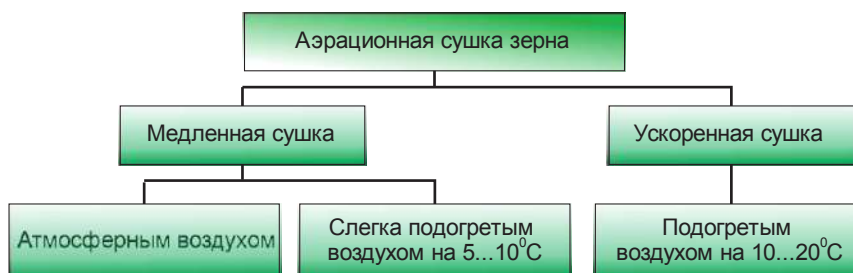


Рисунок 3 – Классификация способов аэрационной сушки зерна
Figure 3 – Classification of methods for grain aeration drying

Экспериментальные исследования и хозяйственная практика показывают, что при сушке зерна в напольных сушилках при небольшой высоте зерна 0,4...1,2 м хороший эффект обеспечивается при ускоренной сушке с подогревом наружного воздуха на 10...15 °С с доведением его температуры до 30...35 °С. При таком температурном режиме за сравнительно короткий срок можно высушить семена большинства культур практически с любой исходной влажностью. Некоторое пересушивание семян нижнего слоя насыпи не ухудшает при этом их качества. Этот способ в последние десятилетия нашел широкое применение в карусельных сушилках, в которых неподвижная зерновая масса находится на вращающейся перфорированной платформе [4].

Для успешной аэрационной сушки необходимо выполнение четырех ключевых конструктивно-технологических требований:

- норма аэрации воздушного потока 10...25 л/с·т;
- воздухораспределительная система, обеспечивающая равномерное распределение воздуха в зерновой массе;
- эффективная система вытяжки для вывода отработанного влажного воздуха;
- низкая относительная влажность и повышенная температура окружающего воздуха.

По мере прохождения воздуха через зерновую насыпь он насыщается выделяемой из него влагой и образует зону сушки или в терминологии сушильного дела – фронт сушки (рисунок 4).

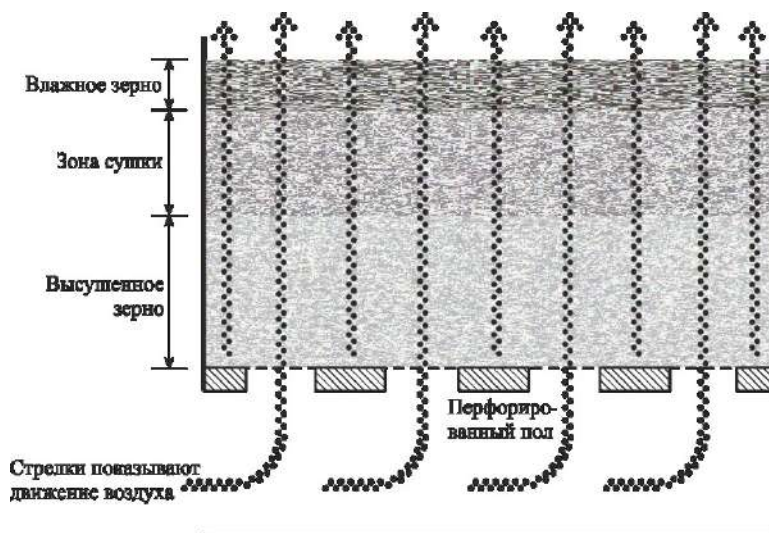


Рисунок 4 – Перемещение воздуха в аэрируемой зерновой массе
Figure 4 – Air movement with an aerated grain stack

Влажный воздух, находящийся в зоне сушки, должен быть вытеснен из верхней части насыпи зерна, прежде чем более сухой воздух сможет последовать за ним и переместить следующий фронт сушки вверх. При низких нормах аэрирования фронт сушки перемещается медленно и весь процесс сушки займет слишком много времени, что приводит к повышенным рискам снижения качества зерна и возможной его порчи.

Аэрирование зерна атмосферным воздухом при неблагоприятных условиях или в случае выключенных вентиляторов в течение достаточно длительного времени перемещение фронта сушки остановится и не достигнет поверхности насыпи. Если это произойдет, то в зоне сушки очень быстро образуется плесень.

Норма аэрирования в системах аэрационной сушки является главным технологическим параметром, зависящим от физических свойств высушиваемого материала, свойств окружающего воздуха, конструктивно-технологических параметров сушилок, а также технологии управления процессом сушки. В практике аэрационной сушки оптимальные значения норм аэрирования выбирают в основном эмпирическим путем. На основании собственных исследований, а также обобщения работ других исследователей разработаны предельные значения норм аэрации для сушки и связанных с ней процессов (рисунок 5) [3, 4].

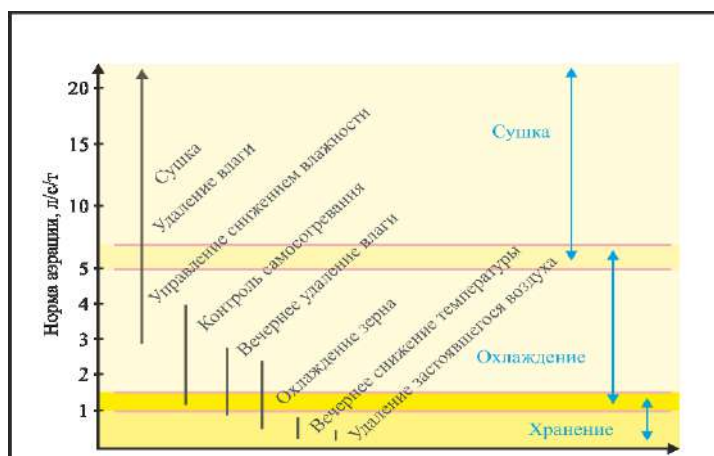


Рисунок 5 – Нормы аэрации зерна для аэрационной сушки и связанных с ней процессов
Figure 5 – Aeration rates for grain aeration drying and related processes

Одним из эффективных методов повышения нормы аэрирования является неполная загрузка хранилища. При этом уменьшается сопротивление воздушному потоку и повышаются нормы аэрации. Например, силос объемом на 100 тонн, который при полной загрузке обеспечивается нормами аэрации на 4 л/с·т, то нормы аэрации увеличатся в пять раз при загрузке зерна 20 т.

При условии, что сушилка имеет соответствующую систему воздухораспределения, фронт сушки может через неглубокую зерновую насыпь проходить гораздо быстрее, чем через зерновую насыпь большой глубины.

Сопротивление воздушному потоку при прохождении его через воздухораспределительную систему, а также зерновую массу оказывает существенное влияние на аэрационную сушку. Для оптимизации воздухораспределения в зерновой массе учитывая сложность физической сущности прохождения воздуха через нее, необходимо понимание ключевых свойств статического давления.

Статическое давление – это сопротивление, ограничивающее поток воздуха после того, как он выходит из вентилятора.

С увеличением скорости воздушного потока статическое давление увеличивается экспоненциально. Удвоение скорости воздуха практически приводит к утроению сопротивления статического давления. Это означает, что удвоение продуктивности вентилятора не приведет к удвоению нормы аэрирования.

Тип и количество воздухораспределительных каналов оказывают существенное влияние на статическое давление в системе аэрирования. Напольные сушилки с одним центральным каналом будут иметь большее статическое давление, чем сушилки с боковыми каналами.

На величину статического давления в системе аэрации оказывают влияние вид зерна и его засоренность, например зерно рапса оказывает вдвое больше сопротивление прохождению воздушного потока, чем зерно пшеницы. Чем больше высота зерновой насыпи, тем выше будет статическое давление в системе аэрации, поскольку воздух должен пройти через большее количество зерна, прежде чем он сможет свободно выйти из поверхности насыпи.

Воздух в зерновой массе перемещается по траекториям наименьшего сопротивления, обычно представляющим кратчайшие расстояния от поступления воздуха в зерновую насыпь до выхода из нее.

Для эффективного переноса влаги от зерна к воздуху поток воздуха должен быть равномерно распределен в зерновой массе. Если в зерновой массе воздух распределен неравномерно, то это означает, что в ней будут образоваться недостаточно продуваемые области или очаги самосогревания, так как они остаются влажными и в них образуется плесень и происходит повышение температуры.

Для предотвращения очагов самосогревания следует аэрационные сушилки снабжать воздухораспределительными каналами, обеспечивающими равномерное распределение воздушного потока во всей зерновой массе.

Полностью перфорированное дно в напольных сушилках или в силосах является идеальным для равномерного распределения воздуха, при условии что расход воздуха достаточен для высушиваемого объема зерна и обеспечения оптимальных норм аэрирования для аэрационной сушки.

Напольные сушилки могут быть частично заполненными и во многих случаях являются более технологичными, чем силосы с коническим днищем и недостаточным количеством воздухораспределительных каналов.

Во многих случаях увеличение числа воздухораспределительных каналов в зерновой насыпи повышает равномерность воздухораспределения в зерне, но это также означает, что силос или напольная сушилка становятся более трудноочищаемыми. Аэрационные каналы обычно являются ловушкой для пыли и зерна в процессе его выгрузки и становятся прибежищем для насекомых и вредителей. Если аэрационные каналы не подвергать тщательной очистке, вредители смогут попадать в последующие порции высушиваемого зерна.

Важным фактором аэрационной сушки, который часто упускают из виду, является вытяжная вентиляция для выпуска воздуха из напольной сушилки или силоса. Например, при норме аэрации 20 л/с·т через 60 т зерна через него проходит 1200 л/с, что также означает, что 1200 л/с должны выйти из сушилки или силоса беспрепятственно.

Другим фактором, который следует учитывать при аэрационной сушке, является количество влаги, которое должно выводиться с отработанным воздухом (таблица 1).

Таблица 1 – Удаление воды из зерна в процессе сушки, л
Table 1 – Water removed from grain during drying, l

Вес зерна, т / Grain weight, t	Снижение влажности зерна / Reduction of grain moisture, %				
	1	2	3	4	5
1	10	20	30	40	50
10	100	200	300	400	500
25	250	500	750	1000	1250
50	500	1000	1500	2000	2500
75	750	1500	2250	3000	3750
100	1000	2000	3000	4000	5000

На каждый процент влагосодержания, удаленного на тонну зерна, должно быть удалено около 10 л воды. Используя тот же пример, что и выше, чтобы удалить один процент влажности из 60 т зерна, 600 л воды должно быть удалено из силоса через вентиляционные каналы. Помимо ограничения потока воздуха и отсутствия достаточной вентиляции, влажный воздух, выходящий из силоса, может образовывать конденсат на нижней стороне крыши сушилки и увлажнять поверхностные слои зерновой насыпи.

Вентиляционные отверстия должны быть защищены от попадания осадков, даже если они остаются открытыми во время дождя. В дождливую погоду вентиляторы аэрационной установки отключены, но силос все равно должен проветриваться, чтобы избежать образования конденсата в свободном надзерновом пространстве.

Если силос используется для фумигации, вентиляционные отверстия также должны быть герметичными, чтобы хранилище было газонепроницаемым [17].

Понимание того, что процесс сушки зерна основан на переносе влажности от зерновой массы в окружающее воздушное пространство, помогает определить требование к аэрируемому воздуху. Первым и наиболее важным фактором является выбор воздуха с низкой относительной влажностью. Хотя теплый воздух ускоряет процесс переноса влаги, основным критерием для аэрационной сушки является относительная влажность воздуха.

Каждый тип зерна характеризуется равновесной влажностью, которая соответствует определенной относительной влажности окружающего его воздуха. При наступлении равновесной влажности или в точке равновесия давления водяных паров воздуха и водяных паров в зерне переноса влаги не происходит. Для сушки зерна необходимо создание

условия, когда давление водяных паров в зерне выше давления паров окружающего воздуха. Для переноса влаги от зерна к окружающему воздуху необходимо использовать воздух с более низкой относительной влажностью, чем та, при которой наступает равновесное содержание влаги в зерне. Например, пшеница при 25 °С и относительной влажности воздуха 70% имеет равновесную влажность 14% и для ее сушки вентиляторы аэрационной системы необходимо включаться только при условии, когда относительная влажность воздуха будет меньше 70% (таблица 2) [18].

Таблица 2 – Равновесная влажность зерна пшеницы
Table 2 – Equilibrium moisture content for wheat

		Температура, °С / Temperature, °C			Влажность зерна, % / Grain moisture, %
		15	25	35	
Относительная влажность воздуха, % / Relative humidity, %	30	9,8	9,0	8,5	
	40	11,0	10,3	9,7	
	50	12,1	11,4	10,7	
	60	13,4	12,8	12,0	
	70	15,0	14,0	13,5	

Данные таблицы 2 можно использовать для установочных значений контроллера в системах аэрационной сушки зерна.

Для аэрационной сушки управление работой вентиляторов в сравнении с аэрационным охлаждением следует осуществлять по-другому, наряду с тем, что нормы аэрирования в несколько раз выше, чем при охлаждении. При поступлении свежесобранного зерна высокой влажности критически важно продуть его при максимальных нормах аэрации в течение первых 24 часов. Данный прием обеспечивает быстрое удаление поверхностной влаги и предотвращает самосогревание зерна.

На основании собственных исследований, а также обобщения ряда работ [3, 4, 9, 10] предложена двухэтапная технология аэрационной сушки зерна основных зерновых культур.

Первый этап. Для аэрационной сушки, как только воздухораспределительные каналы начинают покрываться зерном, могут быть включены вентиляторы. Рекомендуется держать их включенными непрерывно, пока первый фронт сушки не пройдет через всю высоту зерновой насыпи. Из практики выявлено, что этот период обычно составляет 4...8 дней и зависит от следующих основных переменных факторов:

- нормы аэрации воздуха через высушиваемое зерно;
- эффективности воздухораспределительной системы в зерновой насыпи;
- вида зерна и его влажности;
- количества зерна в сушилке;
- относительной влажности и температуры окружающего воздуха.

На этом этапе, если относительная влажность окружающего воздуха превышает 85% в течение нескольких часов, следует выключить вентиляторы. Если вентиляторы будут работать при относительной влажности воздуха, превышающей 85% более чем 12 часов, зерно будет увлажняться.

Для автоматизации включения и выключения вентиляторов рекомендуется применять контроллер, установив точку отключения вентиляторов при относительной влажности окружающего воздуха на уровне 80...85%. Следует контролировать точность срабатывания контроллера, поскольку некоторые модели применяемых датчиков в этом диапазоне имеют большую погрешность.

Так как аэрационная сушка полностью зависит от относительной влажности окружающего воздуха, то существует риск прекращения ее при 85% в течение длительного периода.

В случае когда влажное зерно все еще находится в напольной сушилке или сушильном бункере и условия окружающей среды не позволяют проводить сушку, следует включить вентиляторы на пару часов, чтобы продуть зерно свежим воздухом. Работа вентиляторов всего пару часов существенно не увеличит содержание влаги в зерне. Влажное зерно при нахождении в аэрационных сушилках в течение нескольких дней увлажнится, и начнется процесс самосогревания и появления плесени.

На данном этапе крайне важно ежедневно контролировать температуру и влажность зерна, чтобы предотвратить снижение качества зерна. Повышение температуры зерна является признаком самосогревания и развития плесени или активности насекомых и требует немедленного принятия решений. Если условия окружающей среды не позволяют продолжить аэрационную сушку или в высушиваемой зерновой массе появляются очаги самосогревания, оптимальным решением может быть перелопачивание или перегрузка зерна. В большинстве случаев перегрузка зерна включает извлечение зерна из сушилки и возвращение его обратно, в результате чего, как правило, прекращается процесс самосогревания и полностью рассеиваются все очаги самосогревания.

Второй этап. После прохождения фронта сушки через всю высоту зерновой насыпи и из верхних слоев выходит чистый и без запаха воздух, следует более избирательно подходить к режимам работы вентиляторов. Контролируя температуру и влажность зерна в аэрационной сушилке, следует сопоставить равновесную влажность зерна в сушилке с табличными значениями, соответствующими относительной влажности окружающего воздуха в данный момент.

По мере сушки зерна его влажность уменьшается и для продолжения процесса сушки необходимо, чтобы вентиляторы были включенными при более низких значениях относительной влажности воздуха, чем на первом этапе.

Следует заметить, что не существует строгих установленных правил для операции аэрационной сушки, так как на нее влияет ряд переменных факторов, зависящих от вида зерна и его состояния, а также климатических и погодных условий.

Ключевое правило в том, чтобы по мере аэрационной сушки не допустить снижения качества зерна, при этом последовательно выбирая периоды работы вентиляторов при постепенно уменьшающихся значениях относительной влажности воздуха.

По мере прохождения процесса аэрационной сушки следует контролировать влажность и температуру зерна нижнего и верхнего слоев зерновой насыпи. В большинстве случаев зерно, находящееся ближе к воздухораспределительным каналам, имеет влажность на несколько процентов меньшую, чем зерно в верхнем слое насыпи. Выбор включений вентиляторов при все более низких значениях относительной влажности воздуха в течение второго этапа сушки приводит к снижению разности влажностей верхнего и нижнего слоев насыпи и обеспечивает достаточное время для прохождения фронтов сушки через всю толщину зерновой насыпи.

Воздух, проходя сквозь нижние слои насыпи, постепенно увлажняется и выходит из насыпи через ее верхний слой, в результате чего зерно наверху сушится последним. Оптимизация режимов работы вентиляторов позволяет уменьшать их количество часов работы каждый день и постепенно продвигая фронт сушки через всю зерновую насыпь.

Аэрационная сушка зерна атмосферным воздухом целесообразна, если аэрирование воздухом обеспечивает снижение влажности зерна до 14%. Зерно пшеницы при влажности 14% и температуре 25 °C находится в равновесном состоянии с относительной влажностью воздуха, равной 70%.

В ночные часы при температуре воздуха до 0...+5 °C, а также при понижении температуры окружающего воздуха в дневное время до 5...+10 °C или при превышении относительной влажности воздуха 70% в течение длительного периода подогрев атмосферного воздуха является эффективным приемом.

Экспериментальными исследованиями подтверждено, что нормы аэрации при искусственном подогреве воздуха должны быть не менее 15 л/с·т.

Применение дополнительного нагрева воздуха в сочетании с аэрационной сушкой состоит не в том, чтобы ускорить процесс сушки, а в том, чтобы расширить временной интервал, когда вентиляторы могут работать, путем повышения температуры воздуха и снижения его относительной влажности, что приводит к снижению равновесной влажности зерна. Кроме того, теплый воздух может выносить влагу из межзернового пространства более эффективно, чем холодный воздух.

Процесс аэрационной сушки основан на использовании атмосферного или слегка подогретого воздуха, что обуславливает узкий допуск на включения и выключения вентиляторов и теплогенераторов. Поскольку естественный воздух постоянно меняет температуру и относительную влажность, практически невозможно вручную управлять аэрацион-

ной сушкой без значительных потерь энергии. Ручное управление затрудняет сушку зерна до требуемой кондиционной влажности, что часто приводит к дополнительным потерям при продаже урожая.

Разработана технологическая схема и система управления для напольной аэрационной сушилки с центральным воздухораспределительным каналом и боковыми полукруглыми каналами с дополнительным подогревом воздуха (рисунок 6).

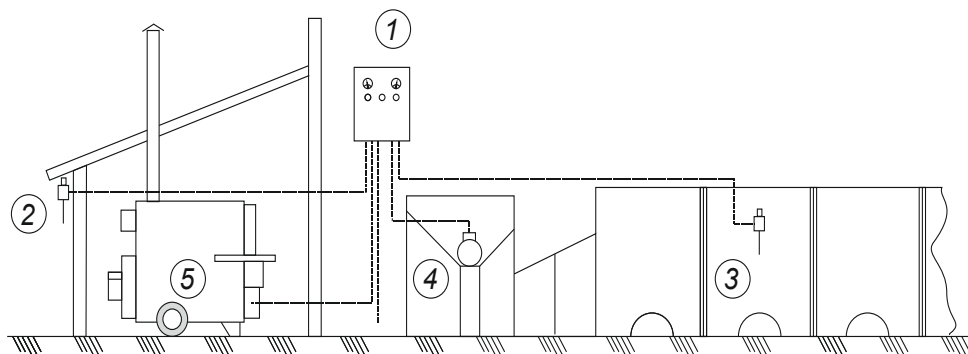


Рисунок 6 – Технологическая схема и система управления напольной сушилкой с дополнительным нагревом воздуха

1 – панель управления; 2 – внешний гигростат; 3 – гигростат в центральном воздухоподводящем канале; 4 – вентилятор низкого давления; 5 – теплогенератор

Figure 6 – Technological scheme and control system of on-floor dryer with supplementary heating

1 – control panel; 2 – humidistat, outside; 3 – humidistat, main channel; 4 – low-pressure blower; 5 – heat source

Предложенная напольная сушилка может работать в трех режимах:

- сушка атмосферным воздухом;
- сушка подогретым воздухом;
- охлаждения.

При обработке зерна с высоким содержанием влаги атмосферный воздух, как правило, обладает достаточной осушающей способностью, поэтому управление вентилятором осуществляется только внешним гигростатом.

Теплогенератор в соответствии с разработанной системой управления в системах аэрационной сушки работает в циклическом режиме и управляется посредством двух гигростатов – внешнего 1 и внутреннего 2, который установлен в центральном или магистральном воздухораспределительном канале.

Мощность теплогенератора для напольных сушилок может быть определена по эмпирической формуле [16]:

$$N_{\text{ТГ}} = \Delta T \cdot Q_{\text{в}} \cdot 1,2 \quad (1)$$

где $N_{\text{ТГ}}$ – мощность нагревателя, Вт; ΔT – изменение температуры воздуха, °C; $Q_{\text{в}}$ – производительность вентилятора, л/с.

В условиях пониженной влажности подогрев атмосферного воздуха может привести к сильной пересушке нижних слоев зерновой насыпи.

Тепло можно добавлять к аэрационной сушке пропорционально расходу воздушного потока. При более высоких расходах можно добавлять больше тепла, так как при этом фронт сушки через зерновую насыпь будет перемещаться быстрее, что позволит избежать перегрева и пересушки зерна вблизи воздухораспределительных каналов.

Во избежание перегрева и пересушки зерна нижнего слоя насыпи температура входящего в нее воздуха не должна превышать 35 °C, что является общепринятым правилом [14, 17, 18].

Зерно в поточных и порционных сушилках нагревается до температуры выше 35°C. Однако это происходит только в течение короткого периода времени, поэтому тепловое повреждение зерна сводится к минимуму. Нагрев в течение длительного периода, напри-

мер в аэрируемом силосе, приведет к усадке и растрескиванию оболочки зерна, что снизит его качество и жизнеспособность (способность к прорастанию). Для солодового ячменя температура зерна выше 43 °С в течение любого периода времени снижает его всхожесть.

Независимо от того, применяется ли дополнительный нагрев в процессе аэрационной сушки или нет, зерно сразу после сушки рекомендуется охладить до температуры безопасной для хранения без снижения его качества.

Выводы. Свежеубранное зерно с влажностью 14...15% можно временно безопасно хранить с помощью аэрационного охлаждения в течение месяца или двух. При этом, аэрационные установки должны работать в непрерывном режиме, за исключением периодов, когда относительная влажность атмосферного воздуха превышает 85% в течение более 12 часов, чтобы избежать увлажнения зерна. Аэрирование влажного зерна создает эффект испарительного охлаждения, поэтому необязательно его проводить только в холодные промежутки времени.

Аэрационная сушка зерна в сравнении с процессом его охлаждения аэрацией является существенно более сложным процессом в выборе технологических параметров и управлении ими. Она представляет собой гораздо более медленный процесс, чем аэрационное охлаждение атмосферным воздухом.

Необходимым, критически важным условием эффективной аэрационной сушки является быстрое перемещение фронта сушки по всей толщине зерновой насыпи, что обеспечивают нормы аэрации воздуха 10...25 л/с·т.

Разработанная двухэтапная технология аэрационной сушки зерна представляет собой практическое руководство для эффективного управления сложным процессом сушки зерна основных зерновых культур.

Для расширения временного интервала работы аэрационных сушилок эффективным способом является подогрев атмосферного воздуха перед подачей его в воздухораспределительные каналы. Дополнительный нагрев целесообразно применять при падении ночных температур до 0...+5 °С или когда относительная влажность атмосферного воздуха в течение длительного периода превышает 70%. Нормы аэрирования при дополнительном подогреве воздуха для основных зерновых культур должны быть не ниже 15 л/с·т.

В процессе аэрационной сушки требуется постоянный мониторинг и управление им, разработанная система управления напольной сушилкой с дополнительным нагревом воздуха может быть применена во влажных регионах с пониженными температурами в уборочный период.

Аэрационная сушка должна основываться на тщательно разработанном технологическом и техническом обеспечении в противном случае существуют высокие риски снижения качества высушиваемого зерна.

Conclusions. Freshly harvested grain with a moisture content of 14...15% can be temporarily safely stored using aeration cooling for a month or two. In this case, aeration units should operate continuously, except for periods when the relative humidity of the atmospheric air exceeds 85% for more than 12 hours, to avoid grain wetting. Aeration of wet grain creates an evaporative cooling effect, so it is not necessary to carry it out only during cold periods of time.

Aeration drying of grain, compared to the process of its cooling by aeration, is a significantly more complex process in terms of selecting and controlling the process parameters. It is a much slower process than aeration cooling with atmospheric air. A necessary, critically important condition for effective aeration drying is the rapid movement of the drying front along the entire thickness of the grain bulk, which is ensured by air aeration rates of 10...25 l / s t.

The developed two-stage technology of aeration drying of grain is a practical guide for the effective management of the complex process of drying grain of the main grain crops. To extend the time interval of operation of aeration dryers, an effective method is to heat the atmospheric air before feeding it to the air distribution ducts.

Additional heating is advisable to use when night temperatures drop to 0 ... + 5 °C or when the relative humidity of the atmospheric air exceeds 70% for a long period. Aeration rates for additional air heating for the main grain crops should be at least 15 l / s t.

The process of aeration drying requires constant monitoring and control, the developed control system for a floor dryer with additional air heating can be used in humid regions with low temperatures during the harvesting period.

Aeration drying should be based on carefully developed technological and technical support, otherwise there are high risks of reducing the quality of the dried grain.

Библиографический список

1. Анискин В. И., Рыбарук В. А. Теория и технология сушки и временной консервации зерна активным вентилированием. М.: ВИМ, 2018. 185 с.
2. Блоховцов В. Д. О некоторых способах обеспечения сохранности зерна в условиях крестьянских (фермерских) хозяйств края. Ставрополь: Кн. изд-во, 2019. 23 с.
3. Дринча В. М., Цыдендоржиев Б. Д. Основные концептуальные положения активного вентилирования зерна. Труды Орловского ГАУ. 2010. № 2. С. 36-39.
4. Дринча В. М., Сангадиев А. П. Правила и практика вентилирования зерна вертикальными колонками. Кормопроизводство. 2014. № 12. С. 44-48.
5. Иванов Н. М., Стрикунов Н. И., Леканов С. В. Технологии и техника для послеуборочной обработки зерна и семян: монография. Новосибирск: СФНЦА РАН, 2021. 277 с.
6. Казанина М. А., Воронкова В. Я., Петровская В. А. Справочник по хранению семян и зерна. Минск: Ураджай, 2021. 200 с.
7. Мельник Б. Е. Активное вентилирование зерна. М.: Колос, 2016. 159 с.
8. Стрикунов Н. И., Леканов С. В. Технологические основы компоновки оборудования семяочистительных линий. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 1 (207). С. 99-104.
9. Трисвятский Л. А. Хранение зерна: учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Альянс, 2017. 350 с.
10. Шибяев П. Н., Карпов Б. А. Активное вентилирование семян. М.: Россельхозиздат, 1969. 112 с.
11. Bailey J. E. Whole grain storage, in Storage of Cereal Products. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, 2012. Pp. 53-78.
12. Brooker D. B., Baaker-Arkema F. W., Hall C. W. Drying and Storage of Grains and Oilseeds. New York, 1992. 450 p.
13. Grain drying, handling and storage handbook. Iowa State University. Ames, MWPS-13. Iowa, 1987. 45 p.
14. Hansen R. C., Berry M. A., Keener H. M., Gustafson R. J. 1996. Current grain drying practices in Ohio. Applied Engineering in Agriculture. 1996. No 12 (1). Pp. 65-69.
15. McLean K. A. Drying and storing combinable crops. Suffolk, 1980. 281 p.
16. Natural Air Grain Drying. Saskatchewan Ministry of Agriculture. 2008. 14 p.
17. The mechanics and physics of modern grain aeration management. CRC Press LLC, 2012. 647 p.
18. Warrick Ch. Aerating stored grain cooling or drying for quality control. A Grains Industry Guide. GRDC, 2016. 24 p. www.primarybusiness.com.au

References

1. Aniskin V. I., Rybaruk V. A. Theory and Technology of Drying and Temporary Preservation of Grain by Active Ventilation. Moscow, VIM Publ., 2018. 185 p.
2. Blokhovtsov V. D. On Some Ways to Ensure the Safety of Grain in the Conditions of Peasant (Farmer) Farms of the Region. Stavropol: Book. Publ., 2019. 23 p.
3. Drincha V. M., Tsydendorzhiev B. D. Basic conceptual provisions of active grain ventilation. Proceedings of the Oryol State Agrarian University. 2010. № 2. Pp. 36-39.
4. Drincha V. M., Sangadiev A. P. Rules and practice of grain ventilation with vertical columns. Fodder production. 2014. № 12. Pp. 44-48.
5. Ivanov N. M., Strikunov N. I., Lekanov S. V. Technologies and Techniques for Post-Harvest Processing of Grain and Seeds: Monograph. Novosibirsk: SFNTSA RAN, 2021. 277 p.
6. Kazanina M. A., Voronkova V. Ya., Petrovskaya V. A. Handbook on the storage of seeds and grains. Minsk: Uradzhai, 2021. 200 p.
7. Melnik B. E. Active Grain Ventilation. Moscow, Kolos Publ., 2016. 159 p.
8. Strikunov N. I., Lekanov S. V. Technological Bases of Arrangement of Seed Cleaning Line Equipment. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2022. № 1 (207). Pp. 99-104.
9. Trisvyatsky L. A. Grain Storage: A Textbook for Students of Higher Educational Institutions. Moscow: AilyanS, 2017. 350 p.
10. Shibaev P. N., Karpov B. A. Active Seed Ventilation. Moscow, Rosselkhozizdat Publ., 1969. 112 p.
11. Bailey J. E. Whole grain storage, in Storage of Cereal Products. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, 2012. Pp. 53-78.
12. Brooker D. B., Baaker-Arkema F. W., Hall C. W. Drying and Storage of Grains and Oilseeds. New York, 1992. 450 p.
13. Grain drying, handling and storage handbook. Iowa State University. Ames, MWPS-13. Iowa, 1987. 45 p.
14. Hansen R. C., Berry M. A., Keener H. M., Gustafson R. J. 1996. Current grain drying practices in Ohio. Applied Engineering in Agriculture. 1996. No 12 (1). Pp. 65-69.
15. McLean K. A. Drying and storing combinable crops. Suffolk, 1980. 281 p.
16. Natural Air Grain Drying. Saskatchewan Ministry of Agriculture. 2008. 14 p.
17. The mechanics and physics of modern grain aeration management. CRC Press LLC, 2012. 647 p.
18. Warrick Ch. Aerating stored grain cooling or drying for quality control. A Grains Industry Guide. GRDC, 2016. 24 p. www.primarybusiness.com.au

Информация об авторах

Аммосов Иннокентий Николаевич, старший преподаватель кафедры «Технологические системы АПК» ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет» (Российская Федерация, 677007, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, Сергеляхское шоссе, 3-й км, д. 3), e-mail: amminnik@yandex.ru

Дондоков Юрий Жигмитович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологические системы АПК», ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет» (Российская Федерация, 677007, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, Сергеляхское шоссе, 3-й км, д. 3), e-mail: ooo-centaurus@mail.ru

Дринча Василий Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Технологические системы АПК» ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет» (Российская Федерация, 677007, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, Сергеляхское шоссе, 3-й км, д. 3), ORCID 0000-0003-1083-5370, e-mail: vdrincha@list.ru

Борисенко Иван Борисович, доктор технических наук, профессор кафедры «Земледелие и агрохимия», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: borisenivan@yandex.ru

Ямпиллов Сэнгэ Самбуевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Биомедицинская техника. Процессы и аппараты пищевых производств», Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (Российская Федерация, 670013, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, д. 40в), ORCID 0000-0001-7279-9083, e-mail: yampilovss@mail.ru

Author's Information

Ammosov Innokentiy Nikolaevich, Assistant Professor, Department of Technological Systems of the AIC, Arctic State Agrotechnological University (Russian Federation, 677007, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Sergelyakhskoye shosse, 3rd km, 3), e-mail: amminnik@yandex.ru

Dondokov Yuriy Zhigmitovich, Candidate of Engineering Sciences, Department of Technological Systems of the AIC, Arctic State Agrotechnological University (Russian Federation, 677007, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Sergelyakhskoye shosse, 3rd km, 3), e-mail: ooo-centaurus@mail.ru

Drincha Vasilii Michailovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Department of Technological Systems of the AIC, Arctic State Agrotechnological University (Russian Federation, 677007, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Sergelyakhskoye shosse, 3rd km, 3), ORCID 0000-0003-1083-5370, e-mail: vdrincha@mail.ru

Borisenko Ivan Borisovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Department of Agriculture and Agrochemistry, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky ave., 26), e-mail: borisenivan@yandex.ru

Jampilov Senge Sambuevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department "Biomedical Engineering, Processes and Equipment for Food Production, East Siberian State University of Technology and Management (Russian Federation, 670013, Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Klyuchevskaya Street, 40), ORCID 0000-0001-7279-9083, e-mail: yampilovss@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-45

ASSESSMENT OF THE POTENTIAL OF WIND ENERGY IN THE DISTRICTS OF THE VOLGOGRAD REGION FOR THE DEVELOPMENT OF LOW-POWER WIND ENERGY

Anikeev S. V., Konnov I. O., Bogdanov S. I.

Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author of the E-mail: anikeevvlg@yandex.ru

Received 17.09.2024

Submitted 13.11.2024

Abstract

Introduction. The Volgograd Region, being a hub of industrial activity in Russia, faces significant environmental challenges. Leveraging renewable energy sources like wind power could mitigate the adverse environmental effects associated with industrial operations and enhance the living standards of the region's residents. **Object.** The study focuses on the analysis of the potential of low-power wind power in the Volgograd region. **Materials and methods.** The paper considers the wind energy potential of the Volgograd region, the study was conducted on the basis of data from 15 weather stations in the Volgograd region over the past 15 years using statistical data processing methods. A private scoring system for evaluating the potential of a wind energy resource based on average monthly speed characteristics has been created. **Results and conclusions.** Based on the results obtained, it can be concluded that at this stage of the technical development of the wind energy industry, the Volgograd region has a small wind energy potential and the use of wind as the only energy source is not feasible and expedient, but can only be used as an additional energy source in combination with the main one.

Keywords: renewable energy sources, renewable energy resources, renewable energy potential, analysis of wind energy potential.

Citation. Anikeev S. V., Konnov I. O., Bogdanov S. I. Assessment of the potential of wind energy in the districts of the Volgograd region for the development of low-power wind energy. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 412-422 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-45.

The 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 final version presented.

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

УДК 620.92

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ В РАЙОНАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Аникеев С. В., аспирант

Коннов И. О., аспирант

Богданов С. И., кандидат технических наук, профессор РАЕ

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Волгоградская область является промышленно развитым регионом России, в связи с этим экологическая повестка является важным вопросом региона. Использование возобновляемых источников энергии, таких как ветер, может помочь снизить негативное воздействие на окружающую среду промышленных предприятий и улучшить качество жизни населения Волгоградской области. **Объект.** Исследование сосредоточено на анализе потенциала ветроэнергетики малой мощности в Волгоградской области. **Материалы и методы.** В данной работе исследуется потенциал ветровой энергии в Волгоградской области, исследование проводилось на основе данных с 15 метеостанций Волгоградской области за прошедшие 15 лет с использованием статистических методов обработки данных. Создана частная балльная система оценки потенциала ветроэнергетического ресурса на основе среднемесячных скоростных характеристик. **Результаты и выводы.** На основе полученных результатов можно сделать выводы, что на данном этапе технического развития ветроэнергетической отрасли Волгоградская область имеет малый ветроэнергетический потенциал и использование ветра в качестве единственного источника энергии не является возможным и целесообразным, а может быть использовано лишь как дополнительный источник энергии в сочетании с основным.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, ресурсы возобновляемой энергетики, потенциал возобновляемой энергетики, анализ ветроэнергетического потенциала.

Цитирование. Аникеев С. В., Коннов И. О., Богданов С. И. Оценка потенциала ветровой энергии в районах Волгоградской области для развития ветроэнергетики малой мощности. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 412-422. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-45.

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 связи с ростом населения в глобальном плане и увеличением потребительского спроса потребительская корзина каждого жителя Земли увеличивается, вместе с этим требуется увеличение и усовершенствование производственных мощностей для покрытия увеличивающегося спроса. Расширение производства и открытие новых направлений в вещах каждодневного использования приводит к увеличению выбросов в окружающую среду, что влечет за собой глобальные изменения для всего человечества. Основой рационального использования природных ресурсов становится переход на безотходные и устойчивые источники энергии, что требует частичного отказа от традиционных минеральных и углеводородных ресурсов. Исторически, в период быстрого развития человечества происходит увеличение потребляемых ресурсов и, соответственно, потребление энергии. Основным источником энергии на примере прошлого столетия являлись ископаемые виды топлива [1-3].

Бесконтрольное и неполное использование добываемых ресурсов привело к глобальным проблемам, к таким проблемам можно отнести негативное воздействие на окружающую среду, как уничтожение и вымирание целых видов, так и полное исчерпание данных ресурсов. Появление данных проблем заставило человечество задуматься о поиске решений, которые помогли бы уравновесить экологическую гармонию и экономические потребности. Одним из таких решений стал поиск и использование других источников энергии, отличных от «традиционных», которые позволяют приблизить цикл «потребление-производство-отходы» к системе, где отходы и воздействие на окружающую среду будут максимально минимизированы. Очищение энергетики через замену ископаемого топлива на неисчерпаемые возобновляемые природой ресурсы представляет собой перспективный

путь к устойчивому развитию, способствующий долгосрочному сохранению экологического баланса и обеспечению энергетических потребностей человечества без ущерба для будущих поколений [4-6].

Перед человечеством стоит острая необходимость поиска альтернатив традиционным источникам энергии, истощающим природные ресурсы и загрязняющим окружающий нас мир. Атомная энергетика, долгое время считавшаяся перспективным решением, столкнулась с серьезными вызовами, связанными с безопасностью и утилизацией радиоактивных отходов. Катастрофы на АЭС наглядно продемонстрировали высокую степень риска, сопряженную с использованием ядерной энергии. В противовес этому, ветроэнергетика, возобновляемая и экологически чистая технология, привлекает все больше внимания исследователей и инвесторов, особенно в странах с малым собственным запасом углеводородного сырья и низкими мощностями переработки первичных ресурсов. Несмотря на то, что ветровые мельницы использовались человеком с древних времен, современные ветроэнергетические установки (ВЭУ) представляют собой высокотехнологичные устройства, способные эффективно преобразовывать энергию ветра в электричество. Проблема истощения традиционных источников энергии и их негативного воздействия на окружающую среду требует скорого решения. Использование энергии ветра, как часть комплексного решения данной проблемы, способно внести свой вклад. Развитие и более глубокое использование ветроэнергетического потенциала не только снижает зависимость от ископаемого топлива и укрепляет энергетическую безопасность отдельных субъектов и предприятий, но и стимулирует развитие производственных отраслей и экономический рост, создавая новые технологии, рабочие места в сфере производства, установки и обслуживания данного вида энергетических комплексов [7-9].

В Российской Федерации развитие возобновляемых источников энергии, таких как ветроэнергетика, рассматривается как одно из направлений развития Энергетической стратегии на период до 2035 года. Реформа энергетической отрасли и переход на более стабильные и безопасные источники энергии являются важнейшими приоритетами для страны. Одним из ключевых направлений в этой сфере становится ветроэнергетика – экологически безопасная и многообещающая технология, которая существенно влияет на этот процесс. Исследование ветрового потенциала различных регионов России позволит определить наиболее подходящие локации для строительства ветропарков и оптимизировать процесс интеграции ветрогенерации в существующую энергосистему. Такой подход способствует не только снижению зависимости от традиционных ископаемых видов топлива, но и укреплению энергетической безопасности и независимости страны, а также поддержанию экологического баланса, что имеет огромное значение в условиях современного мира.

При видимой первоначальной привлекательности ветроэнергетики имеется ряд сложностей с выбором места для установки ветропарка, так как микрорельеф влияет на направление и силу воздушного потока, также относительная разность в исходных данных, например данные, полученные со спутников или метеостанций, и методов их обработки приводит к различающимся вариантам прогноза [10-14].

Данное исследование выявляет потенциал использования энергии ветра в Волгоградской области, основная цель работы – проанализировать климатические и технические возможности ветроэнергетики в регионе, базируясь на данных, полученных с локальных метеостанций, чтобы определить целесообразность установки ветроэнергетических систем малой мощности как для удаленных от общей энергосистемы предприятий, так и для использования в качестве дополнительного источника энергии.

Материалы и методы. Волгоградская область расположена в юго-восточной части Восточно-Европейской равнины. Имеет общую площадь 112877 км², находится в зоне континентального климата, для которого характерны жаркие и сухие летние месяцы, а также холодная зима с небольшим количеством снега. Регион расположен на стыке степей и полупустынь, что предопределяет разнообразие почвенных типов. В степной части преобладают черноземы и каштановые почвы, отличающиеся высокой урожайностью и пригодные для активного земледелия. В полупустынных районах распространены светло-каштановые почвы, которые также имеют большое значение для сельского хозяйства. Растительность степей и полупустынь включает преимущественно травяные виды, которые активно ис-

пользуются в сельском хозяйстве. Долины рек региона богаты плодородными почвами, формирующимися на основе речных наносов. Во время ежегодного паводка на этих территориях откладывается ил, богатый микроэлементами, что делает эти земли крайне продуктивными для выращивания различных сельскохозяйственных культур, включая овощи, бахчевые и садово-ягодные растения. Флора и фауна Волгоградской области богата и уникальна, что связано с её географическим положением, климатом и разнообразными ландшафтами. Здесь можно встретить представителей различных экосистем – от степных до полупустынных.

Агропромышленный сектор Волгоградской области хорошо развит, и регион занимает важное место в производстве сельскохозяйственной продукции на уровне страны. По объему выпуска сельхозпродукции область занимает десятое место в России. Ключевыми факторами развития агропромышленного комплекса региона являются обширные земельные и трудовые ресурсы, наличие развитой транспортной сети, а также выгодное расположение рядом с международными рынками. Волгоградская область занимает третье место в России по размеру сельскохозяйственных земель, уступая только Алтайскому краю и Оренбургской области. Основная часть сельскохозяйственного производства приходится на растениеводство, это около 70%, а оставшиеся 30% занимают отрасли животноводства.

Среднегодовая скорость колеблется от 2,07 м/с до 4,46 м/с в зависимости от микрорельефа (таблица 1). По данным Волгоградского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды средняя скорость ветра за многолетние наблюдения составляет 3,8 м/с.

Таблица 1 – Характеристики ветрового режима Волгоградской области по данным метеостанций
Table 1 – Characteristics of the wind regime of the Volgograd region according to weather stations

Номер метеостанции / Weather station number	Станция / station	Среднегодовая скорость V_c , м/с / Average annual velocity V_c , m/s	Доля ветра более 2 м/с за наблюдаемый период, % / The proportion of wind over 2 m/s during the observed period, %	Доля ветра более 3 м/с за наблюдаемый период, % / The proportion of wind over 3 m/s during the observed period, %
34240	Урюпинск / Uryupinsk	3,5	80	57
34253	Елань / Yelan	3,8	80	58
34254	Новоаннинский / Novoanninsky	2,67	69	40
34262	Рудня / Rudnya	2,07	55	30
34267	Даниловка / Danilovka	2,77	68	45
34363	Камышин / Kamyshin	4,46	92	79
34352	Михайловка / Mikhailovka	2,13	61	37
34356	Фролово / Frolovo	2,4	67	43
34362	Ольховка / Olkhovka	2,62	69	48
34373	Палласовка / Pallasovka	2,76	79	49
34461	Иловля / Ilovlya	2,46	64	37
34476	Эльтон / Elton	4,28	90	77
34555	Нижний Чир / Nizhniy Chir	4,18	87	73
34561	Волгоград / Volgograd	2,21	67	34
34655	Котельниково / Kotelnikovo	2,77	58	76

Связь энергии получаемой от ветрогенератора, и скоростью воздушного потока, где V – скорость ветра; D – диаметр ветроколеса ВЭУ; ξ – коэффициент использования энергии ветра, для быстроходных турбин может достигать максимума 0,4-0,5; η – коэффициент полезного действия электромеханических преобразований энергии, может быть рассчитана по формуле:

$$E = 4,81 * 10^{-4} V^3 D^2 \xi \eta \quad (1)$$

Ветровой кадастр региона в основном состоит из аэро- и энергохарактеристик ветра, таких как: скорость, повторяемость, профиль, удельная (потенциальная) энергия, ветресурс региона.

Для расчета энергopotенциала потока на 1 м^2 , использовалась формула, приведенная ниже, в которой берется во внимание как средняя скорость V_c , так и коэффициент вариации скорости C_v .

$$N_c \approx 0,613 V_c^3 (1 + 3 C_v^2 - 0,9 C_v^3 + 2,9 C_v^4) \quad (2)$$

Эта формула определяет теоретический верхний максимально возможный мощностью предел энергии, потому что данная энергия является общей энергией движения масс и не учитывает всевозможные потери, которые появляются при преобразовании и трансформации энергии, характеристики которых зависят от конкретных технических устройств и их физического исполнения. В качестве основных факторов, влияющих на мощность установки, можно выделить начальную и номинальную скорость потока, площадь ветроколеса, эффективность пары лопасть-генератор, плотность и различные турбулентные режимы воздушного потока.

Выбор места для установки ветроэнергетической системы критически важен, поскольку качество и количество вырабатываемой энергии зависит от внешних природных факторов, которые должны находиться в определенных пределах, такие как сила и продолжительность лимитированного воздушного потока, остальные параметры зависят от технических и механических характеристик самих ветроустановок, так, например энергия может вырабатываться только при скоростях ветра, входящих в коридор допустимых для нормального режима работы, иногда скорости потока может быть недостаточно для начала работы агрегата и производства энергии или скорость движения превышает верхнюю границу допустимого предела, что потребует его отключения и/или торможения колеса для предотвращения повреждений и различных аварийных ситуаций.

Согласно информации от различных поставщиков и производителей, некоторые ветроэнергетические установки начинают выработку электроэнергии при скорости ветра от 1,5 м/с, а их номинальная рабочая скорость составляет 10-12 м/с. Экспериментальные испытания, упомянутые в патенте, указывают, что ветроустановки, базирующиеся на модификации универсального ротора Онипко (патент RU2550718C2), могут начинать вращение при скорости потока от 0,3 м/с, что является основным преимуществом по сравнению с другими моделями, которые возможно приобрести на рынке, однако в настоящее время нет производителей, предлагающих модели на основе данной вариации.

Для анализа данных ветроэнергетического потенциала малой мощности Волгоградской области были проанализированы данные с 15 метеостанций за последние 15 лет, основные климатические параметры скорости ветра, учитываемые в исследовании, включают среднюю скорость ветра, стандартную ошибку среднего (SEM), коэффициент вариации (C_v) и частоту возникновения различных скоростей ветра.

Коэффициент вариации (C_v), который отражает относительное отклонение измеренных значений от средней скорости ветра, желательно, чтобы он был не более 0,33. В нашем случае этот показатель колебался от 0,08 до 0,21, что указывает на достаточно однородную совокупность и относительно стабильные условия ветра в течение года на измеряемых станциях.

Таблица 2 – Основные статистические характеристики среднегодовой скорости ветра на станциях Волгоградской области

Table 2 – The main statistical characteristics of the average annual wind speed at the stations of the Volgograd region

Номер метеостанции / Weather station number	Станция / Station	Vc, м/с	Cv	SEM	σ	A
34240	Урюпинск / Uryupinsk	3,50	0,11	0,11	0,16	0,51
34253	Елань / Yelan	3,25	0,12	0,11	0,15	-0,13
34254	Новоаннинский / Novoanninsky	2,41	0,12	0,11	0,08	-0,01
34262	Рудня / Rudnya	2,04	0,21	0,12	0,19	0,10
34267	Даниловка / Danilovka	2,47	0,11	0,09	0,09	-0,08
34363	Камышин / Kamyshin	4,46	0,09	0,12	0,17	-0,05
34352	Михайловка / Mikhailovka	2,12	0,18	0,10	0,15	-0,13
34356	Фролово / Frolovo	2,40	0,12	0,09	0,09	-0,08
34362	Ольховка / Olkhovka	2,62	0,12	0,09	0,11	0,17
34373	Палласовка / Pallasovka	2,76	0,12	0,09	0,11	0,02
34461	Иловля / Ilovlya	2,18	0,13	0,08	0,08	0,10
34476	Эльтон / Elton	4,28	0,08	0,10	0,12	0,30
34555	Нижний Чир / Nizhniy Chir	4,18	0,12	0,15	0,27	-0,07
34561	Волгоград / Volgograd	2,21	0,10	0,06	0,05	0,40
34655	Котельниково / Kotelnikovo	2,77	0,13	0,10	0,14	0,26

Примечание. Vc, м/с- среднегодовая скорость; Cv – коэффициент вариации; SEM – стандартная ошибка среднего; σ – дисперсия; A – коэффициент асимметрии.

Note. Vc, m/s – is the average annual velocity; Cv – is the coefficient of variation; SEM – is the standard error of the mean; σ – is the variance; A – is the skewness coefficient.

Для анализа распределения данных часто используется понятие асимметрии, коэффициент асимметрии (A) служит для оценки степени асимметрии и мерой несимметричности, который показывает, в какую сторону сдвинуто большинство данных распределения, если значение по модулю меньше 0,25, то определяется как незначительное, если же находится в пределах значений между 0,25 и 0,5, то принято считать как умеренное, в том случае когда полученное значение превышает 0,5 тогда можно отнести к значительным. На различных станциях данный коэффициент колеблется от 0,13 до 0,51, при этом среднее значение по региону составило A = 0,09. Восемь станций показывают положительное значение коэффициента асимметрии, что свидетельствует о правосторонней асимметрии распределения.

Результаты и обсуждения. Для ветроэнергетики особый интерес представляют метеостанции, где средние скорости ветра превышают 3 м/с, такие как Эльтон, Нижний Чир, Камышин и Урюпинск. Это связано с особенностями местного микрорельефа, включая перепады высот и наличие крупных водоемов. В таблице 3 приведены данные по среднемесячной скорости ветра в Волгоградском регионе, а также балльная оценка потенциала использования ветра на данной территории для высоты флюгера. При среднемесячных скоростях от 2 до 3 м/с были присвоены по 0,5 балла за каждый месячный показатель, при скоростях между 3 и 6 м/с присваивался 1 балл соответственно, и 2 балла выдавалось за те месяцы, когда скорость месячная скорость превышала 6 м/с, но при этом была ниже максимальной скорости потока для работы ветроагрегата. Итоговые оценки потенциала в баллах для годовой характеристики составляют следующую градацию: от 0 до 6 баллов является показателем очень низкого энергетического потенциала использования ресурса; между 6 и 12 баллами включительно определено как низкий потенциал; для территорий с балльностью от 12 до 17 – средний; наиболее перспективные участки с потенциалом самой большой выработки от 18 до 24 баллов для проверочного участка. Эти данные позволяют провести анализ изменения скорости ветра в течение года, в ходе анализа выявлено, что наиболее значительные колебания скорости ветра происходят в межсезонные периоды, особенно при переходах от весеннего сезона к летнему и от летнего сезона к осеннему. Эти периоды сопровождаются наибольшими измене-

ниями в скорости ветра, что указывает на значительное влияние сезонных факторов на скоростные характеристики ветра в регионе. Минимальные значения отмечаются именно в летний период, это явление можно объяснить снижением активности атмосферных фронтов, приводящих к понижению потоков воздуха. Летние месяцы характеризуются наиболее стабильными и спокойными погодными условиями, что и отражается на снижении скорости ветра. Важно подчеркнуть, что схожее распределение средней скорости ветра фиксируется на всех метеорологических станциях Волгоградской области, это свидетельствует о том, что такая тенденция характерна для всего региона и не связана с локальными особенностями или специфическими условиями отдельных участков.

Исходя из разработанной системы оценок для определения ветроэнергетического потенциала на основе среднемесячных скоростей ветра, каждому участку был присвоен балл потенциальной эффективности маломощных ВЭУ, для обеспечения потребностей малых предприятий и частного использования.

Таблица 3 – Среднемесячная скорость ветра (м/с), общий годовой балл

Table 3 – Average monthly wind speed (m/s), total annual score

Месяц / Month												Балл/ Score
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Урюпинск / Uryupinsk												12
3,71	3,99	3,95	3,99	3,54	3,19	2,91	3,00	3,12	3,38	3,69	4,04	
Елань / Yelan												10
3,50	3,65	3,65	3,57	3,07	2,91	2,73	2,72	2,82	3,12	3,51	3,79	
Новоаннинский / Novoanninsky												5,5
2,58	2,82	2,71	2,77	2,35	2,27	1,99	2,09	2,06	2,27	2,39	2,67	
Рудня / Rudnya												3
2,46	2,47	2,62	2,50	1,86	1,67	1,49	1,54	1,55	1,88	2,27	2,53	
Даниловка / Danilovka												6
2,60	2,78	2,91	2,86	2,41	2,31	2,07	2,14	2,16	2,37	2,66	2,77	
Камышин / Kamyshin												12
4,69	4,96	5,03	4,87	4,18	4,07	3,82	3,98	4,06	4,34	4,61	4,88	
Михайловка / Mikhailovka												3,5
2,41	2,50	2,68	2,50	2,06	1,76	1,64	1,59	1,67	1,91	2,33	2,47	
Фролово / Frolovo												5,5
2,53	2,69	2,73	2,71	2,29	2,15	1,96	2,04	2,05	2,20	2,59	2,81	
Ольховка / Olkhovka												6,5
2,87	2,88	3,16	2,98	2,59	2,31	2,25	2,33	2,22	2,36	2,66	2,87	
Палласовка / Pallasovka												8,5
3,03	3,11	3,24	3,13	2,74	2,44	2,33	2,47	2,31	2,51	2,75	3,06	
Иловля / Ilovlya												3,5
2,38	2,43	2,64	2,51	2,12	1,97	1,83	1,94	1,83	1,87	2,25	2,46	
Эльтон / Elton												12
4,38	4,73	4,90	4,60	4,21	4,00	3,77	3,95	3,88	4,09	4,24	4,59	
Нижний Чир / Nizhniy Chir												12
4,70	4,76	4,68	4,48	3,77	3,69	3,53	3,44	3,69	4,02	4,52	4,89	
Волгоград / Volgograd												4,5
2,32	2,48	2,60	2,43	2,13	2,08	2,00	1,97	1,95	1,99	2,22	2,34	
Котельниково / Kotelnikovo												8,5
2,93	3,16	3,18	3,16	2,63	2,46	2,26	2,22	2,36	2,71	3,01	3,16	

Для расчета удельного ветроэнергетического потенциала Волгоградской области была использована формула (2), результаты представлены в таблице 4. Стоит отметить, что с увеличением высоты скорость ветра также увеличивается и это зависит от шероховатости подстилающей поверхности – окружающего рельефа, лесных насаждений, водных объектов, а также с увеличением высоты ветряка уменьшается плотность потока, что приводит к требованию увеличения радиуса колеса.

Таблица 4 – Ветроэнергетический потенциал Волгоградской области на высоте 10-12 метров
Table 4 – Wind energy potential of the Volgograd region at an altitude of 10-12 meters.

Метеостанция / Weather station	Vc, м/с	Cv	Nc, Вт/м ²
Урюпинск / Uryupinsk	3,5	0,11	27,19
Елань / Yelan	3,25	0,12	21,91
Новоаннинский / Novoanninsky	2,41	0,12	8,93
Рудня / Rudnya	2,04	0,21	5,82
Даниловка / Danilovka	2,47	0,11	9,56
Камышин / Kamyshin	4,46	0,09	55,66
Михайловка / Mikhailovka	2,12	0,18	6,36
Фролово / Frolovo	2,4	0,12	8,82
Ольховка / Olkhovka	2,62	0,12	11,48
Палласовка / Pallasovka	2,76	0,12	13,42
Иловля / Ilovlya	2,18	0,13	6,65
Эльтон / Elton	4,28	0,08	48,96
Нижний Чир / Nizhniy Chir	4,18	0,12	46,61
Волгоград / Volgograd	2,21	0,1	6,81
Котельниково / Kotelnikovo	2,77	0,13	13,65

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что применение энергии ветра в качестве единственного источника для маломощных предприятий и частного использования не является целесообразным. Ветрогенерация может эффективно использоваться только в качестве дополнительного или резервного источника энергии в составе комплексной системы, включающей несколько источников энергии и накопительные устройства. Территории, где скорость ветра позволяет использовать этот ресурс в качестве вспомогательного, включают в себя такие районы, как Урюпинск, Камышин, Эльтон и Нижний Чир. С учетом того, что энергетические потребители Волгоградской области имеют промышленную направленность, наиболее крупными и доминирующими потребителями являются металлургический и химический промышленные комплексы, которые размещены по всему региону, использование малых ветроэнергетических установок в качестве основных генерирующих мощностей не представляется перспективным как для больших, так и для малых предприятий. В свете этих факторов, применение ВЭУ в регионе может рассматриваться только в качестве дополнения к основным источникам энергии, особенно в тех районах, где ветровой потенциал достаточен для обеспечения выработки энергии.

Использование ветроэнергетических установок, способных работать при низких скоростях ветра, открывает значительные перспективы. В настоящее время ведутся активные разработки новых типов ВЭУ, направленных на повышение их эффективности и надежности. Так, исследователи предложили заменить традиционные воздушные винты более инновационными шнеками – спиральными винтами Архимеда, эти конструкции обладают рядом преимуществ благодаря своей уникальной форме и принципу работы, также заслуживает внимания технология, основанная на роторе Онипко, которая предлагает важные улучшения, одним из ключевых преимуществ новых решений является изменение конструкции лопастей по сравнению с традиционными моделями, что значительно повышает чувствительность к воздушному потоку, спиральные лопасти благодаря своей геометрии остаются прочными и устойчивыми, при этом они выполняют роль ребер жесткости

для ступицы, к которой крепятся, что придает всей конструкции дополнительную прочность и легкость. Еще одним важным преимуществом данных установок является их чувствительность к воздушному потоку, другими словами начинать работы при малых скоростях ветра, в отличие от других аналогов на рынке ВЭУ, эти устройства не требуют сложных систем для настройки по направлению ветра или контроля скорости вращения турбины, что делает их конструкцию проще и надежнее в эксплуатации, новые модификации ветроустановок могут оказаться намного продуктивнее и стабильнее по сравнению со своими предшественниками, что позволит их сделать перспективными для широкого применения в различных условиях и задачах.

Таким образом, использование малых ветроэнергетических установок ограничено рамками вспомогательной роли в энергосистеме региона и их применение должно быть тщательно продумано в контексте существующих энергетических потребностей и ресурсов области.

Заключение. Проведенное исследование показало, что потенциал возобновляемой ветроэнергетики в Волгоградской области, хотя и невелик в абсолютных величинах, все же достаточен для применения в качестве дополнительного источника энергии в ряде районов, этот потенциал можно использовать для снабжения энергией таких объектов, как частные строения, производственные цеха, отдельные производственные депо, предприятия агропромышленного сектора и другие подобные объекты, в зависимости от потребляемой мощности и требований бесперебойной подачи энергии, для каждого объекта индивидуально решается направление для использования дополнительного (резервного) источника энергии и их использования от сезонности и времени суток, особенно актуально это для районов, где возобновляемая энергия может эффективно сочетаться с резервными системами и накопителями энергии. Однако, чтобы полностью удовлетворить энергетические потребности региона и каждого потребителя в частности, потребуются внедрение дополнительных источников энергии и привлечение альтернативных, в том числе и чистой энергии, кроме того, расположение основных потребителей вблизи жилых комплексов и нахождение внутри них приводит к определенным рамкам возможности использования ветроустановок, в том числе и шумового воздействия на окружающую среду, эти ограничения касаются как размеров, так и количества используемых ветрогенераторов, которые могут быть размещены в таких условиях, поэтому, помимо общей оценки ветроэнергетического потенциала малой мощности для региона, необходимо проводить более детальные исследования, эти исследования должны учитывать территориальные, экологические и технические факторы влияния для каждого конкретного проекта. Такая комплексная оценка позволит определить оптимальные варианты размещения энергетических установок, их количество и размеры в каждом запрашиваемом случае.

Conclusion. The conducted research has shown that the potential of renewable wind energy in the Volgograd region, although small in absolute terms, is still sufficient for use as an additional energy source in a number of areas, this potential can be used to supply energy to such facilities as private buildings, production workshops, individual production depots, pre-enterprises of the agro-industrial sector and other similar facilities, depending on the power consumption and the requirements of uninterrupted energy supply, For each facility, the direction for the use of an additional (backup) energy source and their use depends on the seasonality and time of day is individually decided, this is especially important for areas where renewable energy can be effectively combined with backup systems and energy storage. However, in order to fully meet the energy needs of the region and each consumer in particular, it will be necessary to introduce additional energy sources and attract alternative ones, including clean energy, in addition, the location of the main consumers near residential complexes and being inside them leads to certain limits on the possibility of using wind turbines, including and the noise impact on the environment, these restrictions relate to both the size and the number of wind turbines used, which can be used in such conditions, therefore, In addition to the general assessment of the low-power wind energy potential for the region, more detailed studies should be carried out, these studies should take into account the territorial, environmental and technical factors of influence for each specific project. Such a comprehensive assessment will make it possible to determine the optimal options for the placement of power plants, their number and size in each requested case.

Библиографический список

1. Смирнов В. С. и др. Оценка экологичности ветроэнергетических станций. Экологический Вестник Северного Кавказа. 2024. № 3. С. 57-65.
2. Туралина А. Г. и др. Возобновляемая энергетика как инновационный фактор развития мировой экономики. Вестник Донецкого национального университета. Серия В. Экономика и право. 2021. № 3. С. 309-316.
3. Лясковская Е. А., Халилова Г. Р. Циркулярная экономика и экосбалансированные методы строительства в управление устойчивым развитием региона. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2022. № 2. С. 43-54.
4. Искра Е. С. Экологические проблемы и политика Германии в области возобновляемых источников энергии (2013-2020 гг.). Вестник Донецкого национального университета. Гуманитарные науки. 2020. № 4. С. 27-31.
5. Антонов Н. В. и др. Возобновляемая энергетика за рубежом и в регионах России. Географическая среда и живые системы. 2020. № 1. С. 85-99.
6. Гусейнова С. М. Зарубежный опыт по производству и использованию альтернативной и возобновляемой энергетики. Азиатско-тихоокеанский регион: экономика, политика, право. 2024. № 1. С. 72-81.
7. Файн Б. И., Репетюк С. В. Консолидация электросетевого комплекса Российской Федерации: проблемы и результаты. Экономическое развитие России. 2021. № 1. С. 37-49.
8. Тяглов С. Г., Бугаян С. А., Парада Е. В. Развитие ветроэнергетики как одного из направлений повышения энергоэффективности Российских регионов. Вестник Самарского государственного экономического университета. 2019. № 9. С. 19-26.
9. Осадченко Е. А. Место энергетической безопасности в системе безопасности Российской Федерации. Вестник Омского университета. Экономика. 2024. № 3. С. 83-91.
10. Абдали Л. М. и др. Исследование режимов работы комбинированных солнечно-ветровых установок для обеспечения уличного освещения. Строительство и техногенная безопасность. 2022. № 25 (77). С. 75-85.
11. Васильев В. Ю., Титов Е. В. Обоснование развития подходов к расчету ветроэнергетических установок. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2024. № 8 (238). С. 107-110.
12. Курбачкий В. Г., Шакиров В. А. Методическое и программное обеспечение для оценки ветроэнергетического потенциала северо-востока России. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2020. № 1. С. 145-163.
13. Разживин И. А. и др. Разработка программно-технических средств моделирования ветроэнергетической установки 4 типа. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2020. № 1. С. 183-194.
14. Воронин С. М., Украинцев М. М. Автономные системы электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии для сельских объектов. Вестник аграрной науки Дона. 2022. № 4 (60). С. 82-94.

References

1. Smirnov V. S., et al. Environmental Assessment of Wind Power Plants. Ecological Bulletin of the North Caucasus. 2024. № 3. Pp. 57-65.
2. Turalina A. G. et al. Renewable Energy as an Innovative Factor in the Development of the World Economy. Bulletin of Donetsk National University. Series B. Economics and Law. 2021. № 3. Pp. 309-316.
3. Lyaskovskaya E. A., Khalilova G. R. Circular Economy and Ecobalanced Construction Methods in the Management of Sustainable Development of the Region. Bulletin of South Ural State University. Series: Economics and Management. 2022. № 2. Pp. 43-54.
4. Iskra E. S. Ecological problems and policy of Germany in the field of renewable energy sources (2013-2020). Bulletin of Donetsk National University. Humanities. 2020. № 4. Pp. 27-31.
5. Antonov N. V., et al. Renewable Energy Abroad and in the Regions of Russia. Geographical environment and living systems. 2020. № 1. Pp. 85-99.
6. Guseynova S. M. Foreign experience in the production and use of alternative and renewable energy. Asia-Pacific Region: Economics, Politics, Law. 2024. № 1. Pp. 72-81.
7. Fain B. I., Repetyuk S. V. Consolidation of the Electric Grid Complex of the Russian Federation: Problems and Results. Economic development of Russia. 2021. № 1. Pp. 37-49.
8. Tyaglov S. G., Bugayan S. A., Parada E. V. Development of wind power as one of the directions for improving the energy efficiency of Russian regions. Bulletin of Samara State University of Economics. 2019. № 9. Pp. 19-26.
9. Osadchenko E. A. Place of energy security in the security system of the Russian Federation. Bulletin of Omsk University. Economics. 2024. № 3. Pp. 83-91.
10. Abdali L. M., et al. Study of the operating modes of combined solar-wind installations for ensuring street lighting. Construction and Technogenic Safety. 2022. № 25 (77). Pp. 75-85.
11. Vasilyev V. Yu., Titov E. V. Substantiation of the development of approaches to the calculation of wind power installations. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2024. № 8 (238). Pp. 107-110.
12. Kurbatsky V. G., Shakirov V. A. Methodological and software support for assessing the wind energy potential of the north-east of Russia. Bulletin of the Irkutsk State Technical University. 2020. № 1. Pp. 145-163.
13. Razzhivin I. A., et al. Development of software and hardware for modeling wind power plants of type 4. Bulletin of the Irkutsk State Technical University. 2020. № 1. Pp. 183-194.
14. Voronin S. M., Ukraintsev M. M. Autonomous systems of electric supply based on renewable energy sources for rural objects. Bulletin of Agrarian Science of the Don. 2022. № 4 (60). Pp. 82-94.

Информация об авторах

Аникеев Сергей Владимирович, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: 0009-0005-1297-7980, e-mail: anikeevvl@yandex.ru

Коннов Игорь Олегович, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: 0009-0002-1129-3286, e-mail: igor-konnov@yandex.ru

Богданов Сергей Иванович, кандидат технических наук, доцент, профессор РАЕ, заведующий кафедрой «ЭОЭХП АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: 0000-0002-3111-2895, e-mail: bsi@mail.ru

Author's Information

Anikeev Sergei Vladimirovich, postgraduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation 400002, Volgograd, Universitetskiy ave., 26), ORCID: 0009-0005-1297-7980, e-mail: anikeevvg@yandex.ru

Konnov Igor Olegovich, postgraduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation 400002, Volgograd, Universitetskiy ave., 26), ORCID: 0009-0002-1129-3286, e-mail: igor-konnov@yandex.ru

Bogdanov Sergey Ivanovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of RAE, Head of the Department, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation 400002, Southern Federal District, Volgograd region, Volgograd, etc. 26 Universitetskiy Street), ORCID: 0000-0002-3111-2895, e-mail: bsi@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-46

DEVELOPMENT OF AN EXPERT SYSTEM FOR THE SELECTION OF PRESERVATIVES FOR SILAGE

¹Brazhnik E. A., ¹Bikonya S. N., ^{1,2}Laptev G. Yu., ³Kochetkova O. V.

¹BIOTROPH Ltd.

Pushkin, St. Petersburg, Russian Federation

²Saint-Petersburg State Agrarian University

Saint-Petersburg, Russian Federation

³Volgograd State Agrarian University

Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: bea@biotrof.ru

Received 08.10.2024

Submitted 26.11.2024

Summary

The article proposes a method for selecting preservatives for silage based on an expert system. Selecting a preservative for silage requires deep knowledge in the field of forage production, as well as biotechnology and microbiology. Using an expert system (ES) allows you to speed up the selection of the necessary preservative and achieve a solution to production issues without involving qualified specialists. This method allows you to take into account various factors in the conditions of using starters for silage and predict the expected quality of finished feed. Using intelligent technologies to select the necessary preservatives allows you to solve complex and ambiguous production problems when harvesting succulent bulky feed.

Abstract

Introduction. The relevance of developing an expert system is associated with the need to automate the process of selecting preservatives for silage, which in turn significantly speeds up the process of preparation and improves the quality of prepared feed. **Object.** The object of the study was the process of selecting a preservative for the preparation of succulent bulk feeds. **Materials and methods.** The study used methods of structural, object-oriented analysis, planning, algorithmization, systems theory and systems analysis. The hierarchy analysis method was used to select the tools for creating an expert system. The Expert 2.0 program was used as a shell for developing the expert system. The expert system was developed in accordance with the logical inference scheme. IDEF0 and DFD process diagrams "As is" and "As will be" were built. **Results and conclusions.** Systematization of knowledge of experts in the field of procurement of succulent bulky feeds allowed to reasonably recommend starters for silage, and, in addition, to achieve a reduction in production costs and optimize the costs of forage procurement. The developed expert system allows you to reduce the time for selecting the necessary preservatives for silage and increase the validity of decisions made.

Keywords: expert systems, starter cultures for silage, feed preservatives, bulky feeds, decision-making efficiency.

Citation. Brazhnik E. A., Bikonya S. N., Laptev G. Yu. Kochetkova O. V. Development of an expert system for the selecting of preservatives for silage. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 422-432 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-46.

Author's contributions. 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 636.085.7:65.011.56:004.584

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА КОНСЕРВАНТОВ ДЛЯ СИЛОСОВАНИЯ¹Бражник Е. А., контролер по качеству ООО «БИОТРОФ»¹Биконя С. Н., заместитель гл. технолога ООО «БИОТРОФ»^{1,2}Лаптев Г. Ю., доктор биологических наук, профессор³Кочеткова О. В., доктор технических наук, профессор¹ООО «БИОТРОФ»

г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье предложен метод выбора консервантов для силосования на основе экспертной системы. Выбор консерванта для силосования требует глубоких знаний в области кормопроизводства, а также биотехнологии и микробиологии. Использование экспертной системы (ЭС) позволяет ускорить выбор необходимого консерванта и достичь решения производственных вопросов без привлечения квалифицированных специалистов. Данный метод позволяет учитывать разные факторы условий применения заквасок для силосования и прогнозировать ожидаемое качество готовых кормов. Использование интеллектуальных технологий для выбора необходимых консервантов позволяет решать сложные и неоднозначные производственные задачи при заготовке сочных объемистых кормов.

Актуальность. Актуальность разработки экспертной системы связана с необходимостью автоматизации процесса выбора консервантов для силосования, что в свою очередь значительно ускоряет процесс приготовления и повышения качества заготовленных кормов. **Объект.** Объектом исследования стал процесс выбора консерванта для приготовления сочных объемистых кормов. **Материалы и методы.** В исследовании использовались: методы структурного, объектно-ориентированного анализа, планирования, алгоритмизации, теории систем и системного анализа. Для выбора инструментария для создания экспертной системы применялся метод анализа иерархий. В качестве оболочки для разработки экспертной системы использована программа Expert 2.0. Экспертная система разработана в соответствии со схемой логического вывода. Построены диаграммы процесса IDEF0 и DFD «Как есть» и «Как будет». **Результаты и выводы.** Систематизация знаний экспертов в области заготовки сочных объемистых кормов позволила обоснованно рекомендовать закваски для силосования и, кроме того, достичь снижения издержек производства и оптимизировать затраты на заготовку кормов. Разработанная экспертная система позволяет сократить время подбора необходимых консервантов для силосования и повысить обоснованность принимаемых решений.

Ключевые слова: экспертные системы, закваски для силосования, консерванты кормов, объемистые корма, эффективность принятия решений.

Цитирование. Бражник Е. А., Биконя С. Н., Лаптев Г. Ю., Кочеткова О. В. Разработка экспертной системы выбора консервантов для силосования. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 422-432. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-46.

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 конфликтов интересов.

Введение. В настоящее время основным объемистым кормом для жвачных животных является силос и одной из важнейших задач кормопроизводства является повышение качества заготавливаемого силоса из любого растительного сырья и максимальное сохранение его питательной ценности.

Успешное силосование требует соблюдения нескольких ключевых условий:

- выбор сырья. Не все растения подходят для консервирования. Показателем, характеризующим способность кормового растительного сырья к быстрому подкислению, является сбраживаемость зеленой массы, на которую влияет химический состав зеленых растений: содержание сухого вещества, водорастворимых углеводов, а также буферная емкость. Не менее важным является такой показатель, как сахаро-буферное отношение [1];

- севообороты и агротехнические приемы возделывания кормовых культур. Например, правильное планирование севооборота позволяет рационально использовать органические и минеральные удобрения, улучшая усвоение растениями необходимых элементов питания [2, 3];

- погодные условия и влажность сырья. Оптимальная влажность составляет 65-70%, при более низкой влажности процесс силосования может замедлиться, а при более высокой увеличивается риск порчи [4];

- сроки уборки и скашивание кормовых культур, фазы вегетации растений. Несвоевременная уборка кормовых культур может привести к снижению поедаемости корма, переваримости питательных веществ кормов, что в итоге влияет на уровень молочной продуктивности у животных [5, 6];

- технология закладки, хранения и выемки силоса [7];

- правильный выбор закваски для силосования. Использование консервантов при силосовании обусловлено необходимостью обеспечить минимизацию потерь питательных веществ и обменной энергии, связанных с процессами брожения, протекающими при консервировании корма [8].

Накопленные данные, опыт и знания специалистов при использовании консервантов для приготовления сочных объемистых кормов можно использовать для построения специализированной экспертной системы, позволяющей решать различные производственные задачи, в том числе и выбор нужного консерванта. Такая система может быть тонко настроена и иметь возможность дополнения новыми данными. Вместе со знаниями в области кормления животных, приготовления кормов, экспертная система сможет учитывать также особенности сельхозпредприятия.

Цель исследования. Целью исследования является сокращение времени, стоимости и повышение обоснованности принятия решений по выбору консервантов для силосования. Существует множество видов различных биологических и химических консервантов, предназначенных для приготовления объемных кормов, в связи с чем возникает сложность при поиске и выборе подходящей закваски для решения определенных задач. Часто для выбора закваски необходимы специалисты из разных отраслей наук, которые не всегда имеются в сельхозпредприятии. Кроме того, работа квалифицированных специалистов требует высокой оплаты труда.

Материалы и методы. Эффективность процесса выбора закваски для силосования можно повысить путем разработки специализированной экспертной системы (ЭС), при использовании которой длительность процесса выбора консерванта в значительной степени будет зависеть от схемы логического вывода, включающей этап выявления потребностей и подбор консерванта под выявленные потребности. Для разработки правил логического вывода был выполнен системный анализ предметной области, этап идентификации и концептуализации, позволяющий структурировать задачу на подзадачи и создать модель работы системы. Метод анализа иерархий использовался для выбора в качестве инструментария создания экспертной системы программного продукта Expert 2.0. Оболочка ЭС имеет графический интерфейс пользователя, что позволяет сделать работу с системой более интуитивно понятной. Также немаловажно, что ЭС бесплатная (Microsoft, 2021 г.).

Одним из методов разработки ЭС является применение онтологического подхода, предусматривающего последовательное формирование базы знаний, содержащей правила и термины предметной области [9]. Выбор препарата, предназначенного для консервирования зеленых кормов, сопряжен с разными условиями: видом и качеством сырья, стоимостью консерванта, оказываемым эффектом, совместимостью с другими препаратами, способом применения, условиями транспортировки и др.

Консерванты для силосования по своей форме делятся на сухие (в виде порошка) и жидкие. Преимуществом сухих является то, что они занимают меньший объем, дольше хранятся, что важно при транспортировке в отдаленные регионы страны. Закваски в жидкой форме имеют меньший срок хранения, но позволяют осуществить быстрый старт процесса силосования [10]. Также консерванты имеют различия по составу: например, есть жидкие биологические консерванты, в состав которых входят бактерии рода *Bacillus*, обладающие способностью синтезировать антимикробные вещества, которые препятствуют развитию нежелательной микрофлоры; бактерии рода *Lactobacillus* и *Enterococcus* способны быстро подкислять зеленую массу, что важно для сохранения питательных веществ кормов и подавления патогенной микрофлоры. Данные особенности учитываются при разработке заквасок, нацеленных на консервирование разнотравья или определенные культуры растений, такие, например, как кукуруза, люцерна и т. д.

Отечественный производитель кормовых добавок для животных и заквасок для силосования компания ООО «БИОТРОФ», г. Санкт-Петербург, позволяет максимально восполнить потребности по консервантам, возникающие при заготовке кормов. В номенклатуре товаров производителя – восемь уникальных продуктов. Основные характеристики и особенности применения заквасок представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики и особенности кормовых добавок для силосования

Table 1 – Characteristics and features of feed additives for silage

Наименование препарата (действующее вещество) / Name of the drug (active substance)	Особенности применения / Features of application	Дозировка / Dosage
Консерванты на основе молочнокислых бактерий, в форме жидкости / Preservatives based on lactic acid bacteria, in liquid form		
Биотроф®-600 (<i>Lactobacillus buchneri</i> в культуральной среде) / Biotrof®-600 (<i>Lactobacillus buchneri</i> in culture medium)	Для консервирования плющеного зерна / For canning flattened grain	1 л/2 т / 1 l/2 t
Биотроф® (<i>Lactobacillus plantarum</i> в культуральной среде) / Biotrof® (<i>Lactobacillus plantarum</i> in culture medium)	Для консервирования свежескошенного или провяленного разнотравья (при содержании сухого вещества до 33-35%) / For preserving freshly cut or dried herbs (with a dry matter content of up to 33-35%)	1 л/75 т / 1 l/75 t
Биотроф® 2+ (<i>L. plantarum</i> и <i>E. faecium</i> в культуральной среде) / Biotrof® 2+ (<i>L. plantarum</i> and <i>E. faecium</i> in culture medium)	Для силосования, сенажирования, силажирования разнотравья, в том числе и для заготовки в рулонах; при сложных условиях заготовки / For ensiling, haylage, silage ring of forbs, including for harvesting into rolls; under difficult harvesting conditions	1 л/30 т / 1 l/30 t
Биотроф® - АС (<i>L. plantarum</i> и <i>L. buchneri</i> в культуральной среде) / Biotrof® - AS (<i>L. plantarum</i> and <i>L. buchneri</i> in culture medium)	Для силосования, сенажирования, силажирования трав; достигается высокая аэробная стабильность готового корма / For silage, haylage, grass silage; high aerobic stability of the finished feed is achieved	1 л/50 т / 1 l/50 t
Консерванты на основе бактерий рода <i>Bacillus</i> , в форме жидкости / Preservatives based on <i>Bacillus</i> bacteria, in liquid form		
Биотроф®-111 (<i>Bacillus subtilis</i> в культуральной среде) / Biotrof®-111 (<i>Bacillus subtilis</i> in culture medium)	Подходит для силосования разнотравья, кукурузы и люцерны (при содержании сухого вещества до 33-35%) / Suitable for silage of forbs, corn and alfalfa (with a dry matter content of up to 33-35%)	1 л/150 т / 1 l/150 t
Консерванты на основе бактерий рода <i>Bacillus</i> , в форме порошка / Preservatives based on <i>Bacillus</i> bacteria, in powder form		
Промилк® (<i>B. subtilis</i> на носителе) / Promilk® (<i>B. subtilis</i> on a carrier)	Для приготовления сенажа и силоса из всех видов растительного сырья; трудносилосуемые культуры требуют обязательного подвяливания; возможна увеличенная дозировка для консервирования люцерны; длительный срок хранения добавки / For the preparation of haylage and silage from all types of plant materials; crops that are difficult to silage require mandatory drying; an increased dosage is possible for canning alfalfa; long shelf life of the additive	100 г/75 т; Увеличенная дозировка – 100 г/50 т / 100 g /75 t; Increased dosage – 100 g/50 t
Промилк®+ (<i>B. subtilis</i> и <i>E. faecium</i> на носителе) / Promilk®+ (<i>B. subtilis</i> and <i>E. faecium</i> on a carrier)	Для приготовления сенажа и силоса из всех видов растительного сырья; в сложных условиях и на проблемных культурах; длительный срок хранения добавки / For the preparation of haylage and silage from all types of plant materials; in difficult conditions and on problem crops; long shelf life of the additive	100 г/75 т / 100 g/75 t
Консерванты на основе метаболитов с добавлением кислот, в форме жидкости / Preservatives based on metabolites with added acids, in liquid form		
Ацидисил® (метаболиты <i>E. faecium</i> и органические кислоты) / Acidisil® (<i>E. faecium</i> metabolites and organic acids)	Для приготовления плющеного зерна / For canning flattened grain	4 л/1 т / 4 l/1 t

Закваску Биотроф®-600 рекомендуют для безопасного консервирования плющеного зерна ячменя. Молочнокислые бактерии закваски позволяют быстро сформировать и запустить необходимый микробиологический процесс, что предотвращает развитие нежелательных микроорганизмов и сдерживает накопление микотоксинов в зерне. Бактерии *L. buchneri* № 600 относятся к гетероферментативным молочнокислым бактериям, которые позволяют сократить потери при консервировании свежескошенных и проявленных злаковых трав, богатых простыми углеводами [11]. Также для консервирования плющеного зерна разработан новый уникальный продукт, сочетающий в себе метаболиты бактерий *E. faecium* и смесь органических кислот (лимонной, молочной и пропионовой кислоты) – это Ацидисил® [12].

Биотроф® – добавка для консервирования свежескошенного или проявленного разнотравья. Интенсивное выращивание бычков с использованием сенажа, заготовленного с консервантом Биотроф®, способствует проявлению биоресурсного потенциала молодняка и формированию более крупного их телосложения [13]. Молочнокислые бактерии, находящиеся в активной фазе развития при добавлении закваски в зеленую массу, начинают действовать незамедлительно, что важно для правильного формирования процесса силосования.

Биотроф® 2+ – добавка, предназначенная для силосования, сенажирования, силажирования разнотравья в сложных условиях заготовки. Биотроф® 2+ является одной из новых разработок компании «БИОТРОФ». При проектировании этой добавки была поставлена задача найти штаммы, способные образовывать молочную кислоту в условиях силосной траншеи, а также подавлять плесневые грибы и дрожжи. Таким требованиям отвечает композиция из двух молочнокислых бактерий *L. plantarum* и *E. faecium* [14].

Для достижения высокой аэробной стабильности готового силоса была разработана добавка Биотроф®-АС. В состав нового препарата входят гомоферментативные *L. plantarum* и гетероферментативные *L. buchneri*. Гомоферментативные бактерии синтезируют только молочную кислоту, а гетероферментативные помимо молочной кислоты способны образовывать уксусную и другие кислоты, а также спирт, воду и углекислый газ [15]. Аэробная стабильность кормов, заготовленных с Биотроф®-АС, достигается благодаря мощной антимикробной защите консорциума молочнокислых бактерий, синтезируемые ими метаболиты подавляют развития дрожжей и плесневых грибов – продуцентов микотоксинов [16].

Использование молочнокислых бактерий в заквасках для приготовления кормов позволяет решить основную задачу – сохранить питательность корма. При силосовании злаковых трав с содержанием сухого вещества 30-35% количество эпифитной молочнокислых бактерий может быть недостаточным, особенно при поздних укосах трав. Малое начальное количество молочнокислых бактерий в процессе силосования может привести к порче силоса. Применение специальных заквасок на основе отселектированных штаммов лактобактерий делает процесс силосования более предсказуемым. Помимо молочнокислых бактерий для силосования трав также применяют препараты на основе бактерий *Bacillus subtilis*, обладающие рядом преимуществ. В качестве действующего вещества закваска Биотроф®-111 содержит культуру *B. subtilis* штамм 111. Способность данных бактерий консервировать основана на их свойстве сохранять активность в анаэробных условиях, сбраживать углеводы по типу гомоферментативного молочнокислого брожения и способности синтезировать спектр метаболитов с антифунгальной активностью.

Для длительного срока хранения и удобства транспортировки была разработана специальная сухая форма препарата Промилк®, содержащая в своем составе *B. subtilis*-111 в лиофильно высушенном виде. Промилк® и Биотроф®-111 являются универсальными консервантами для любых трав. Для сложных условий и для проблемных культур была разработана усовершенствованная рецептура сухого препарата – Промилк®+. Помимо бактерий *B. subtilis*-111 в составе препарата содержатся молочнокислые бактерии *E. faecium*. Данная комбинация бактерий позволяет решать задачи заготовки кормов в сложных погодных условиях [10].

Очевидно, что для обоснованного выбора консерванта необходимо участие специалиста. После поиска и вызова специалиста его нужно долго ждать, что не всегда удобно. Также в работе эксперта не исключены ошибки. В настоящий момент процесс выбора консерванта состоит из следующих последовательных этапов – поиск эксперта в области заготовки кормов, вызов эксперта, выявление требований для успешного силосования и выбора необходимого консерванта и его дозировки.

Результаты и обсуждение. Моделирование бизнес-процессов в нотациях IDEF0 и DFD выполняли в RAMUS (версия 2.0), основанной на Java и распространяемой по GPL-3.0 лицензии (<http://ramussoftware.com>). На рисунке 1(A) приведена IDEF0-диаграмма контекстного уровня, (B) – первый уровень декомпозиции и (C) DFD-диаграмма процесса выбора консервантов «Как есть».

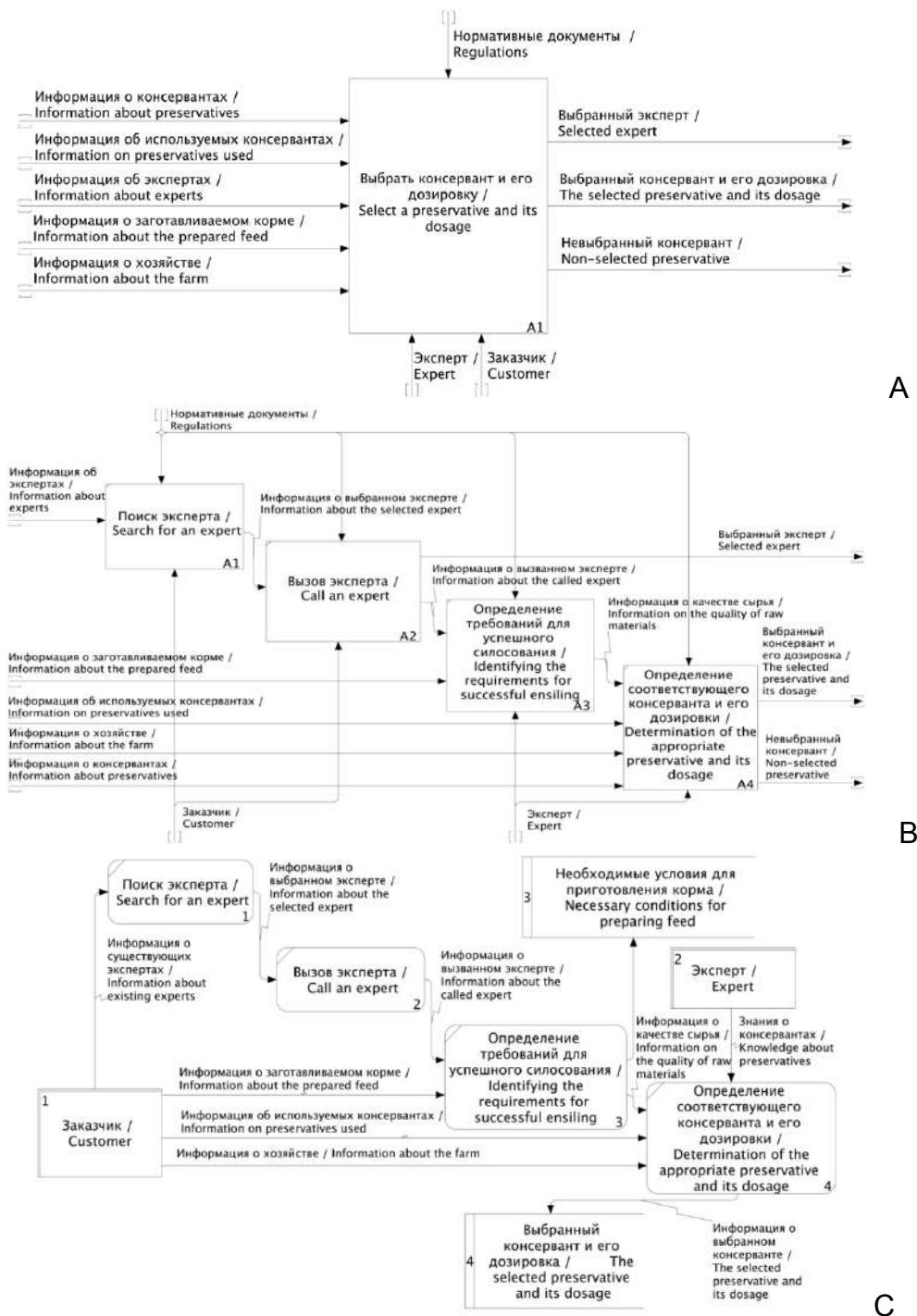


Рисунок 1 – IDEF0 и DFD-диаграммы процесса выбора консерванта «Как есть»
Примечание: А – IDEF0-диаграмма, контекстный уровень; В – IDEF0-диаграмма, первый уровень декомпозиции; С – DFD-диаграмма

Figure 1 – IDEF0 and DFD diagrams of the preservative selection process «As is»
Note: A – IDEF0 diagram, context level; B – IDEF0 diagram, first level of decomposition; C – DFD diagram

В качестве входящей информации определены: информация о существующих консервантах, информация об используемых консервантах, информация об экспертах, информация о заготавливаемом корме, информация о хозяйстве. В качестве управляющих механизмов определены: нормативные документы. В качестве выходных данных определены: выбранный эксперт, выбранный консервант и его дозировка, невыбранный консервант. В качестве исполнителей определены: эксперт, заказчик.

Управление большими данными и их анализом в реальном времени стало возможным благодаря усовершенствованию технических характеристик вычислительного оборудования [17]. Разработка экспертной системы в области выбора заквасок для силосования имеет ряд преимуществ. Во-первых, это позволит ускорить и автоматизировать процесс выбора подходящей закваски с учетом заготавливаемого сырья, что сэкономит время и усилия. Во-вторых, экспертная система будет основываться на знаниях опытных специалистов в области кормозаготовки, микробиологии, ветеринарии и кормления животных, что гарантирует правильность выбора закваски и ее соответствие требованиям для успешного силосования. В-третьих, экспертная система может учитывать различные факторы, такие как ботанический состав, фазу вегетации заготавливаемой травы, влажность сырья и др., что позволит выбрать наиболее оптимальную дозировку закваски для каждого конкретного случая.

Особенность оболочки Expert 2.0 заключается в том, что она имеет графический интерфейс пользователя, что позволяет сделать работу с системой интуитивно понятной и удобной. В этой оболочке имеется редактор базы знаний, с помощью которого можно создавать правила и условия для принятия решений, а также вводить новые факты и информацию о проблеме, решение которой требуется. В Expert 2.0 также реализована возможность работы с гипертекстами, что позволяет пользователям ознакомиться с различными видами информации и материалами, такими как учебные пособия, описаниями методов и алгоритмов, и многое другое.

Система использует прямой вывод. Прямой вывод используется в продукционных моделях при решении, например задач интерпретации, когда по исходным данным нужно определить сущность некоторой ситуации, или в задачах прогнозирования, когда из описания некоторой ситуации требуется вывести все следствия. Также у системы имеется возможность решения задач интерпретации, система представлена в свободном доступе.

Основной идеей комплексной автоматизации является создание единой системы управления автоматизацией, которая включает в себя все её аспекты. Данный подход позволяет максимально точно отразить требования заказчика к функциональности системы и уменьшить вероятность ошибок и упущений. Однако разработка комплексной автоматизации требует больших ресурсов и усилий на планирование и внедрение. Необходимо убедиться, что все составляющие системы должны быть интегрированы и настроены правильно. Единица управления автоматизацией должна быть действенной и состоять из высококвалифицированных специалистов (Кропотин Д. Д., 2024). Задача настоящей работы по автоматизации выбора консервантов относится к лоскутной стратегии автоматизации, так как будет автоматизироваться один процесс по определению закваски для силосования.

IDEF0-диаграмма автоматизированного процесса выбора заквасок «Как будет» представлена на рисунке 2. В качестве входящей информации определены: информация о консервантах, информация об используемых консервантах, информация о заготавливаемом корме, информация о хозяйстве. В качестве управляющих механизмов определены: нормативные документы. В качестве выходных данных определены: выбранный консервант и его дозировка, невыбранный консервант. В качестве исполнителей определены: ЭС и заказчик.

Процесс выбора консерванта сильно сокращается при использовании экспертной системы. Остаются только этапы выявления требований для успешного силосования и определение соответствующей закваски и ее дозировки. Полностью отпадает необходимость вызова и долгого ожидания эксперта. Теперь любой сельхозпроизводитель может выбрать закваску без участия эксперта и начать ее использовать. На рисунке 2 (С) представлена DFD-диаграмма процесса выбора консерванта «Как будет».

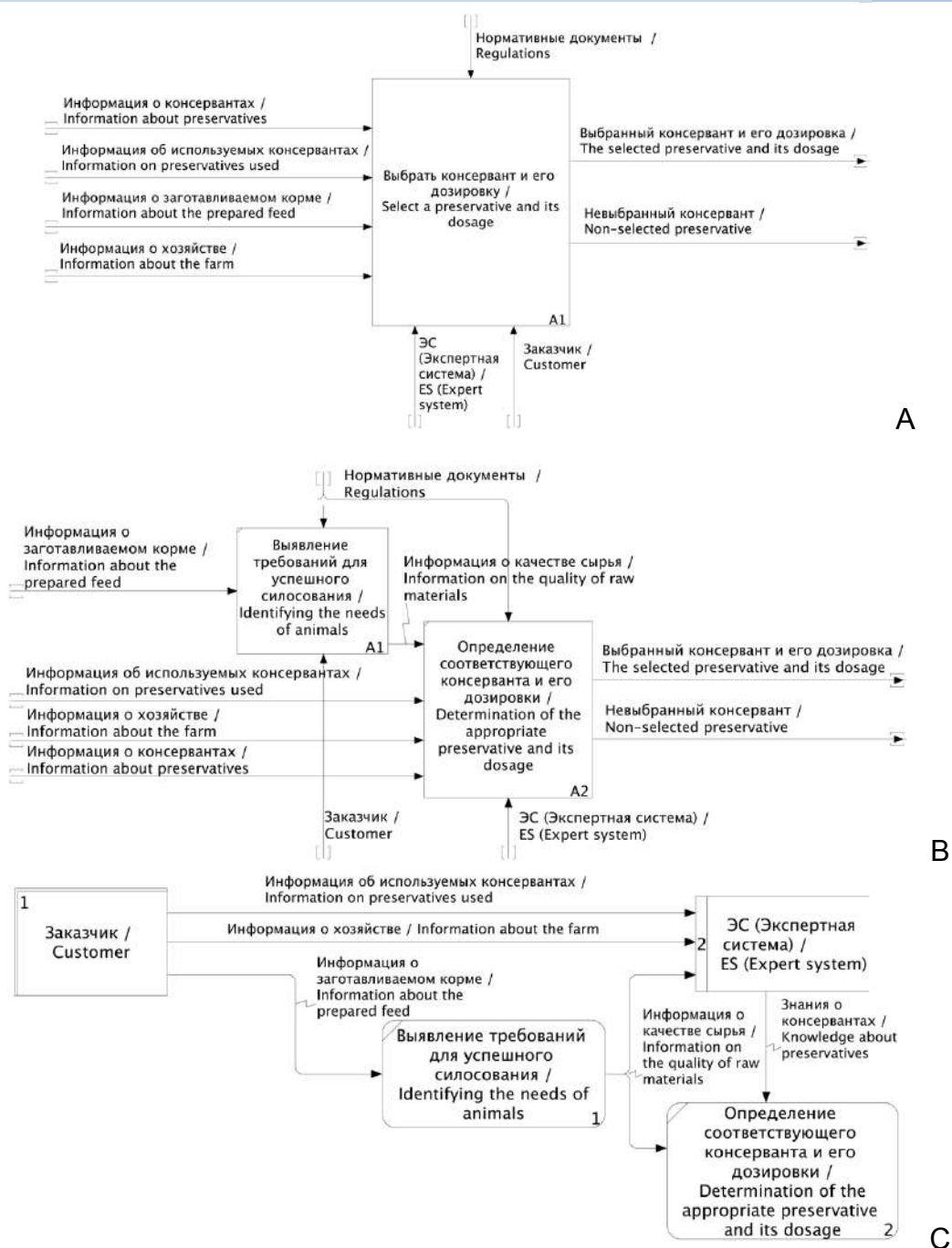


Рисунок 2 – IDEF0 и DFD -диаграммы процесса выбора консерванта «Как будет»
Примечание: А – IDEF0-диаграмма, контекстный уровень; В – IDEF0-диаграмма, первый уровень декомпозиции; С – DFD-диаграмма

Figure 2 – IDEF0 and DFD diagrams of the preservative selection process «As it will be»
Note: A – IDEF0 diagram, context level; B – IDEF0 diagram, first level of decomposition; C – DFD diagram

ЭС осуществляет выбор консерванта на основании знаний о заквасках и информации, полученной от заказчика. ЭС имеет возможность выбирать из различных консервантов, а также задавать заказчику вопросы, моделирующие поведение грамотного специалиста в области применения консервантов, консультировать по характеристикам препарата для быстрого выбора дозировки. Характеристики нормативно-справочной, входной и результатной информации представлены в таблице № 2.

Таблица № 2 – Характеристики модулей экспертной системы выбора кормовых добавок
Table № 2 – Characteristics of modules of the expert system for selecting feed additives

Функции / Functions	Характеристики / Characteristics
Входящая информация / Incoming information	Информация о консервантах, информация об используемых консервантах и информация о заготавливаемом сырье (характеристики и свойства консервантов; заказчик указывает какие, консерванты он уже использует, чтобы избежать выбора конфликтующих друг с другом препаратов; сведения о ботаническом составе, влажности заготавливаемого сырья и информация о специализации хозяйства) / Information on preservatives, information on preservatives used and information on the raw materials being prepared (characteristics and properties of preservatives; the customer specifies which preservatives he already uses in order to avoid choosing preparations that conflict with each other; information on the botanical composition, moisture content of the prepared raw materials and information on the specialization of the farm)
Управляющие механизмы / Control mechanisms	Нормативные документы – это различные документы, которые регулируют процесс выбора консервантов / Regulatory documents are various documents that regulate the process of selecting preservatives
Выходные данные / Output	Выбранный консервант и его дозировка или невыбранный консервант (наименование выбранного консерванта; отсутствие выбранного консерванта, поскольку предложенные препараты не подошли заказчику) / The selected preservative and its dosage or non-selected preservative (name of selected preservative; absence of selected preservative, since the proposed preparations did not suit the customer)
Исполнители / Performer	ЭС (экспертная система, осуществляющая выбор консерванта) и заказчик (человек или компания, обратившиеся для выбора закваски для силосования) / ES (expert system that selects a preservative) and the customer (a person or company that has applied for the selection of a starter culture for silage)

Для предотвращения рисков, связанных с развертыванием экспертной системы, необходимо тщательно подготовить план развертывания, предварительно убедиться в правильности настройки всех компонентов системы и разработать процедуры восстановления системы в случае сбоев. Также необходимо регулярно обновлять систему, чтобы она могла адаптироваться к изменяющимся условиям. Было проведено тестирование экспертной системы, которое не выявило нарушений в работе.

Заключение. Разработанная экспертная система значительно упрощает процесс выбора консерванта для заготовки объемистых кормов (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023666181 от 26.07.2023). Она базируется на знаниях экспертов в области микробиологии, биотехнологии, кормопроизводства, ветеринарии, кормления животных и ориентирована на снижение издержек производства и оптимизацию затрат на заготовку кормов. Экспертная система может учитывать такие факторы, как потребности животных, особенности хозяйства и целесообразность применения соответствующих консервантов. Наполнение базы знаний и использование системы на постоянной основе позволит более тонко настроить ее работу, что может быть перспективно для ее расширения в другие области сельского хозяйства.

Conclusions. The developed expert system significantly simplifies the process of choosing a preservative for the preparation of bulk feed (certificate of state registration of the computer program № 2023666181 dated 26.07.2023). It is based on the knowledge of experts in the field of microbiology, biotechnology, feed production, veterinary science, animal feeding and is aimed at reducing production costs and optimizing the costs of preparing feed. The expert system can take into account such factors as the needs of animals, the characteristics of the farm and the feasibility of using appropriate preservatives. Filling the knowledge base and using the system on a permanent basis will allow for a more fine-tuning of its operation, which may be promising for its expansion into other areas of agriculture.

Библиографический список

1. Победнов Ю. А. Как получить качественный силос из люцерны? Эффективное животноводство. 2021. № 3 (169). С. 48-51.
2. Голохвастова С. А. Про заготовку кормов. Сельскохозяйственные вести. 2019. № 2. С. 54-55.
3. Третьяков В. Е. Обоснование современного двухкультурного севооборота в Центральном Черноземье России. The World of Science Without Borders. 2022. Pp. 81-83.

4. Благов Д. А., Новиков Н. Н., Митрофанов С. В., Панферов Н. С., Программный комплекс для проведения расчетов по заготовлению сочных кормов. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2019. № 2 (42). С. 5-11.
5. Зенькова Н. Н., Моисеева М. О. Влияние сроков уборки на продуктивность и качественный состав зеленой массы кормовых бобов. Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 4 (28).
6. Разумовский Н. Заготовка и использование кукурузного силоса. Животноводство России. 2021. № S2. С. 31-33.
7. Ганущенко О., Зенькова Н. Повышаем качество травяных кормов. Животноводство России. 2021. № 3. С. 47-54.
8. Бикчантаев И. Т., Шакиров Ш. К., Вафин Ф. Р. Эффективность биологических препаратов в консервировании люцерны. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 2 (49). С. 23-26.
9. Осмоловский И. С., Зарубина Т. В. Методика разработки экспертных систем с использованием графовой СУБД и онтологического подхода. Менеджер здравоохранения. 2023. № 6. С. 70-79.
10. Лаптев Г. Ю., Йылдырым Е. А., Ильина Л. А. Закваска Промилк обеспечит качество силоса и зерно-сенажа. Животноводство России. 2023. № 4. С. 50-54.
11. Косолапова В. Г., Осипян Б. А., Мамаев А. А. Использование биологических препаратов при силосовании злаковых культур. Кормопроизводство. 2018. № 6. С. 27-33.
12. Лаптев Г. Ю., Йылдырым Е. А., Маркман И. Л. Закваски для плющенки и кукурузного силоса. Сельскохозяйственные вести. 2023. № 2. С. 46-49.
13. Позднякова Е. В., Миронова И. В., Нигматьянов А. А., Сайфуллин Р. Р. Особенности роста и развития бычков чёрно-пёстрой породы при скормливании сенажа из люцерны с разными дозами закваски Биотроф. Известия ОГАУ. 2018. № 6 (74). С. 201-204.
14. Селиванов Д. Г., Солдатова В. В., Йылдырым Е. А. Грамотный подход к силосованию. Животноводство России. 2018. С. 40-42.
15. Okoye C. O. The performance of lactic acid bacteria in silage production: A review of modern biotechnology for silage improvement. Microbiological Research. 2023. V. 266. P. 127-212.
16. Лаптев Г. Ю., Йылдырым Е. А., Тюрина Д. Г. Предотвращаем вторичную ферментацию и аэробную порчу силоса. Животноводство России. 2024. № 4. С. 52-54.
17. Matsuzaka Y., Yashiro R., AI-Based Computer Vision Techniques and Expert Systems. AI. 2023. № 4. Pp. 289-302.

References

1. Pobednov Yu. A. How to get high-quality silage from alfalfa? Effective animal husbandry. 2021. № 3 (169). Pp. 48-51.
2. Golokhvastova S. A. About forage harvesting. Agricultural news. 2019. № 2. Pp. 54-55.
3. Tretyakov V. E. Justification of modern two-crop crop rotation in the Central Black Earth Region of Russia. The World of Science Without Borders. 2022. Pp. 81-83.
4. Blagov D. A., Novikov N. N., Mitrofanov S. V., Panferov N. S., Software package for calculations on the preparation of succulent fodder. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2019. № 2 (42). Pp. 5-11.
5. Zenkova N. N., Moiseeva M. O. Influence of harvesting timing on the productivity and qualitative composition of green mass of fodder beans. Legumes and cereal crops. 2018. № 4 (28).
6. Razumovsky N. Harvesting and use of corn silage. Animal Husbandry of Russia. 2021. № S2. Pp. 31-33.
7. Ganushchenko O., Zenkova N. Improving the quality of grass forage. Animal Husbandry of Russia. 2021. № 3. Pp. 47-54.
8. Bikchantaev I. T., Shakirov Sh. K., Vafin F. R. Efficiency of biological products in alfalfa preservation. Bulletin of Kazan State Agrarian University. 2018. Vol. 13. № 2 (49). Pp. 23-26.
9. Osmolovskiy I. S., Zarubina T. V. Methodology for developing expert systems using a graph DBMS and an ontological approach. Healthcare Manager. 2023. № 6. Pp. 70-79.
10. Laptev G. Yu., Yildirim E. A., Ilyina L. A. Promilk starter culture will ensure the quality of silage and grain haylage. Animal Husbandry of Russia. 2023. № 4. Pp. 50-54.
11. Kosolapova V. G., Osipyan B. A., Mamaev A. A. Use of biological preparations in the ensiling of cereal crops. Forage production. 2018. № 6. Pp. 27-33.
12. Laptev G. Yu., Yildirim E. A., Markman I. L. Starters for flattened and corn silage. Agricultural news. 2023. № 2. Pp. 46-49.
13. Pozdnyakova E. V., Mironova I. V., Nigmatyanov A. A., Saifullin R. R. Features of growth and development of black-and-white bulls when feeding alfalfa haylage with different doses of Biotroph starter. News of the OGAU. 2018. № 6 (74). Pp. 201-204.
14. Selivanov D. G., Soldatova V. V., Yildirim E. A. Competent approach to silage. Livestock breeding of Russia. 2018. Pp. 40-42.
15. Okoye C. O. The performance of lactic acid bacteria in silage production: A review of modern biotechnology for silage improvement. Microbiological Research. 2023. V. 266. P. 127-212.
16. Laptev G. Yu., Yildirim E. A., Tyurina D. G. Preventing secondary fermentation and aerobic spoilage of silage. Animal Husbandry of Russia. 2024. № 4. Pp. 52-54.
17. Matsuzaka Y., Yashiro R., AI-Based Computer Vision Techniques and Expert Systems. AI. 2023. № 4. Pp. 289-302.

Информация об авторах

Бразжник Евгений Александрович, контролер по качеству, ветеринарный врач, ООО «БИОТРОФ» (Российская Федерация, 196602, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Малиновская, 8А, пом. 7-Н), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2178-9330>, e-mail: bea@biotrof.ru

Биконя Светлана Николаевна, заместитель главного технолога ООО «БИОТРОФ» (Российская Федерация, 196602, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Малиновская, 8А, пом. 7-Н), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3900-6341>, e-mail: svetlana@biotrof.ru

Лаптев Георгий Юрьевич, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (Российская Федерация, 196601, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 2), директор ООО «БИОТРОФ» (Российская Федерация, 196602, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Малиновская, 8А, пом. 7-Н), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8795-6659>, e-mail: laptev@biotrof.ru

Кочеткова Ольга Владимировна, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4892-1899>, e-mail: ovk555@bk.ru

Author's Information

Brazhnik Evgenii Aleksandrovich, quality controller, veterinarian, BIOTROPH Ltd (Russian Federation, 196602, St. Petersburg, Pushkin, Malinovskaya St., 8A, 7-N), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2178-9330>, e-mail: bea@biotrof.ru

Bikonya Svetlana Nikolaevna, deputy chief technologist, BIOTROPH Ltd (Russian Federation, 196602, St. Petersburg, Pushkin, Malinovskaya St., 8A, 7-N), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3900-6341>, e-mail: svetlana@biotrof.ru

Laptev Georgii Yurevich, Doctor of Biological Science, professor, Saint Petersburg State Agrarian University (Russian Federation, 196601, St. Petersburg, Pushkin, Petersburg highway, 2), Director of BIOTROPH Ltd (Russian Federation, 196602, St. Petersburg, Pushkin, Malinovskaya St., 8A, 7-N), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8795-6659>, e-mail: laptev@biotrof.ru

Kochetkova Olga Vladimirovna, Doctor of Engineering Sciences, professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Av., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4892-1899>, e-mail: ovk555@bk.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-47

**ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF NEW FOOD ENGINEERING SOLUTIONS
IN THE MEAT INDUSTRY****Bozhkova S. E., Khramova V. N., Zhigalova N. O., Lubchinsky K. A.***Volgograd State Technical University
Volgograd, Russian Federation*Corresponding author E-mail: bozhkova@mail.ru

Received 25.08.2024

Submitted 28.11.2024

Summary

Today, the development of the market for meat and vegetable pates requires constant improvement and optimization of existing methods of its production through the search for new technological solutions. In this regard, the modernization and introduction of new designs of machines and devices becomes relevant. A method for improving the quality of meat and vegetable slicing is considered by analyzing the effectiveness of using a steam chamber and a continuous contact steam heating device interacting with a screw. A device is proposed, consisting of a block housing with a screw, a manifold with nozzles for supplying steam. A recipe was also developed and production modes for pates were optimized. This is relevant in order to improve organoleptic, physico-chemical and microbiological parameters.

Abstract

Introduction. The article discusses a way to improve the quality of meat and vegetable pates after heat treatment and increase the economic efficiency of production. The tasks set are solved by a comparative analysis of the effectiveness of using a steam chamber and an upgraded continuous-acting steam-contact heating device with a screw. The proposed device, consisting of block housing with a screw, a collector with nozzles for steam supply, allows increasing reliability in operation. Technical and economic indicators show the advantages of the device with a screw by optimizing the technological parameters of the process, ensuring the continuity of operations for the production of pates at the stage of heat treatment. **Objects.** For the research, samples of meat paste were selected using a continuous baking chamber (Gernal steam tunnel, Belgium) and a continuous heat treatment apparatus with a screw and with an upgraded arrangement of steam injectors (Figure 1) under the following processing modes: steam pressure at the inlet to the chamber is not less than 0.2-0.4 MPa; the steam temperature at the entrance to the chamber is 104-125 °C. **Purpose.** The purpose of this work is to develop a method for increasing the efficiency of the process of heat treatment of meat and vegetable pates by introducing a continuous steam-contact thermal apparatus with a screw into the production line. **Materials and methods.** The preparation of samples for laboratory studies was carried out in accordance with the requirements of GOST R 51447-99 (ISO 3100-1-91). The development and research of control and prototype samples was carried out according to generally accepted methods in accordance with the current regulatory and technical documentation of the food industry. **Results and conclusions.** Thus, the data provided allow us to conclude that it is advisable to use equipment of an upgraded design for the heat treatment of pate masses at meat processing enterprises: the device for continuous heat treatment with a screw and nozzles along the body, made of stain-

less steel, which combines simplicity and safety of operation, provides full temperature control over the production process. The indicators of the specific consumption of electricity and steam consumption of the continuous heat treatment device are lower than those of similar devices, which have a positive effect on the economic efficiency of the production of meat pates. The use of vegetable additives in the recipe of pates not only contributes to an increase in nutritional value, but also preserves the high functional and technological properties of the meat emulsion and leads to an increase in product yield.

Keywords: *continuous heat treatment devices, meat and vegetable pates, food industry, meat processing.*

Citation. Bozhkova S. E., Khramova V. N., Zhigalova N. O., Lubchinsky K. A. Analysis of the effectiveness of new food engineering solutions in the meat industry. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 432-441 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-47.

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

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

УДК 664.002 (075.8)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ РЕШЕНИЙ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ В МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Божкова С. Е., кандидат биологических наук, доцент
Храмова В. Н., доктор биологических наук, профессор
Жигалова Н. О., соискатель
Лубчинский К. А., аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. В статье рассматривается способ повышения качества мясорастительных паштетов после термической обработки и увеличения экономической эффективности производства. Поставленные задачи решаются путем сравнительного анализа эффективности применения паровой камеры и модернизированного пароконтактного теплового аппарата непрерывного действия со шнеком. Предложенное устройство, состоящее из блок-корпуса со шнеком, коллектора с форсунками для подачи пара, позволяет увеличить надежность в эксплуатации. Техничко-экономические показатели показывают преимущества аппарата со шнеком за счет оптимизации технологических параметров процесса, обеспечения непрерывности операций производства паштетов на стадии тепловой обработки. **Объекты.** Для проведения исследований были выбраны образцы мясорастительного паштета с применением камеры запекания непрерывного действия (проходной паровой тоннель фирмы Gernal, Бельгия) и аппарата для непрерывной тепловой обработки со шнеком и с модернизированным расположением форсунок для подачи пара (рисунок 1) при следующих режимах обработки: давление пара на входе в камеру не менее 0,2-0,4 МПа; температура пара на входе в камеру 104-125 °С. **Цель.** Целью данной работы является разработка способа повышения эффективности процесса тепловой обработки мясорастительных паштетов путем внедрения в технологическую линию пароконтактного теплового аппарата непрерывного действия со шнеком. **Материалы и методы.** Образцы для лабораторных исследований были подготовлены в соответствии с ГОСТ Р 51447-99 (ИСО 3100-1-91). Производство и анализ контрольных и экспериментальных образцов проводились по утвержденным методикам, которые соответствуют действующей нормативно-технической документации пищевой отрасли. **Результаты и выводы.** Полученные данные позволяют сделать вывод о целесообразности использования оборудования усовершенствованной конструкции для тепловой обработки паштетных масс на мясоперерабатывающих предприятиях: аппарат для непрерывной тепловой обработки со шнеком и форсунками вдоль корпуса, выполненный из нержавеющей стали, сочетает простоту и безопасность эксплуатации, обеспечивает полный температурный контроль над производственным процессом. Показатели удельного расхода электроэнергии и потребления пара устройства непрерывной тепловой обработки ниже имеющихся аналогов, что положительно отразится на себестоимости производства мясорастительных паштетов.

Ключевые слова: *аппараты непрерывной тепловой обработки, мясорастительные паштеты, пищевая промышленность, переработка мяса.*

Цитирование. Божкова С. Е., Храмова В. Н., Жигалова Н. О., Лубчинский К. А. Анализ эффективности применения новых решений продовольственного машиностроения в мясной промышленности. *Известия НВ АУК.* 2024. 6(78). 432-441. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-47.

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 данный момент требуется непрерывное улучшение и оптимизация существующих способов производства паштетов путем использования инновационных технологических решений, так как рынок мясных продуктов с каждым годом демонстрирует стабильный рост. Важно разрабатывать такие мясные продукты, которые будут ориентированы на широкие социальные группы. Паштеты являются продуктами с высокой питательной ценностью и выпускаются в охлажденном виде, что удобно и практично для потребителей. Проблемой производства мясорастительных паштетов является длительный процесс тепловой обработки, и как следствие высокие энергозатраты для предприятий. В связи с этим становится актуальным модернизация и внедрение передовых конструкций машин и аппаратов на различных этапах технологического цикла [1-9].

Мясорастительные паштеты – это колбасные изделия, обладающие мажущейся консистенцией и содержащие термически обработанные ингредиенты. Доля мясных компонентов в таких паштетах варьируется от 30% до 60% включительно (в соответствии с ГОСТ Р 52427-2005 Промышленность мясная. Продукты пищевые. Термины и определения). Оптимизация стадии тепловой обработки паштетов позволит сократить время технологической операции, уменьшить энергозатраты [4, 5-9].

Инновационность разработанной рецептуры мясорастительных паштетов заключается в объединении ингредиентов как животного, так и растительного происхождения. Применение растительных компонентов при производстве таких паштетов не только обогащает их функциональными элементами, такими как белок, пищевые волокна и железо, но и способствует лучшему усвоению продукта, отвечающего потребностям организма в питательных веществах. Использование гречневой муки при непосредственном контакте с паром позволяет увеличить выход, нежность, сочность в сравнении с запеканием за счет высоких функционально-технологических свойств [1-4, 10].

Гречневая мука ценится за свои высокие пищевые и биологические свойства, а также за высокое содержание клетчатки. В ней содержатся значительные количества углеводов, почти все витамины и все необходимые аминокислоты, такие как магний, цинк, железо, калий, рутин, природные антиоксиданты, витамины группы В и витамин Е. Благодаря содержанию незаменимых аминокислот и легкоусвояемых углеводов, которые предотвращают резкие колебания уровня сахара в крови, гречневая мука идеально подходит для диетического питания. Продукты из гречневой крупы и муки способствуют улучшению функций печени, сердца и пищеварительной системы, а также используются для борьбы с анемией и диабетом [4-8].

Для доведения до кулинарной готовности паштетную массу в формах рекомендуется направлять на термическую обработку в печах непрерывного или периодического действия при 120-180 °С [11, 12].

В настоящее время для тепловой обработки паштетных масс в формах используются ротационные или конвейерные печи (ротационные печи марки WLBake), духовые шкафы (шкаф жарочный марки ШЭЖП-1-01), а также мешалки-плавители закрытого типа марки ИПКС-070(Н) с паровым обогревом [11, 12].

Для максимального использования функционально-технологических свойств гречневой муки и равномерного диспергирования ее во всем объеме вязкого мясного фарша целесообразно провести техническое перевооружение действующих производственных линий путем использования модернизированного пароконтактного аппарата для тепловой обработки с эффективным устройством для перемешивания паштетной массы.

Цель и задачи. Целью данного исследования является разработка способа повышения эффективности процесса тепловой обработки мясорастительных паштетов путем внедрения в технологическую линию пароконтактного теплового аппарата непрерывного действия со шнеком.

С целью решения поставленной задачи было использовано при тепловой обработке оборудование, наиболее эффективное по конструктивным особенностям, которое улучшает качество и позволяет снижать себестоимость паштетов.

Основной задачей являлся сравнительный анализ показателей при обработке продукта в камере запекания непрерывного действия с прямым впрыском пара и аппарате для непрерывной термической обработки при перемешивании продукта шнеком с подачей водяного пара.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования, которые направлены на создание новых способов производства и рецептур мясных и мясорастительных продуктов с повышенной пищевой ценностью, проводились в учебно-научном центре «Колбасный цех «Технолог» и лаборатории кафедры «Технология пищевых производств» ВолгГТУ (Россия, г. Волгоград).

Исследования были выполнены путем проведения экспериментов в установленном порядке.

Паштетная эмульсия подвергалась тепловой обработке в специальных аппаратах (камере запекания и аппарат со шнеком), предварительно разогретых теплоносителем. За счёт регулирования подачи теплоносителя и сырья, и скорости перемещения продукта в аппарате добивались требуемого качества получаемого продукта. Температура подаваемого теплоносителя и продукта на выходе из аппаратов контролировалась с помощью цифрового многоканального измерителя температуры (температурная обработка не менее 120 °С).

При анализе результатов экспериментальной выработки мясорастительных паштетов использовалась методика определения органолептических показателей качества по ГОСТ 9959-2015; нормы показателей безопасности определяли в соответствии с ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции». Выход продукта W (в процентах) рассчитывался по формуле:

$$W = \frac{M_1 \cdot 100}{M_2}, \quad (1)$$

где M_1 – масса несоленого сырья, кг; M_2 – масса готового продукта, кг.

Исходя из поставленных задач экспериментальной работы необходимо было разработать схему проведения исследований, включающую следующие этапы:

- постановка целей и задач эксперимента;
- разработка способа производства;
- подбор ингредиентов и разработка рецептур экспериментальных образцов;
- выработка экспериментальных образцов;
- анализ функционально-технологических свойств мясных фаршей;
- определение массовой доли белка по ГОСТ 25011-2017;
- определение массовой доли жира по ГОСТ 23042-2015;
- определение массовой доли хлористого натрия по ГОСТ 9957-2015;
- определение содержания пищевых волокон по ГОСТ 34844-2022.

Рецептура экспериментальных образцов № 1 мясорастительного паштета представлена следующими компонентами, кг/100 кг несоленого сырья: печень куриная – 40; мясо кур – 10; гречневая мука – 20; ядра грецкого ореха – 9; лук репчатый – 10; морковь – 8; яичный порошок – 3; а также специи и материалы: соль пищевая – 1,5; сахар-песок – 0,2; перец черный молотый – 0,05; масло сливочное – 3; мясной бульон – 15. Контрольный образец № 2 отличался тем, что в его составе вместо гречневой муки использовали пшеничную муку (первого сорта с выходом муки при помоле зерна 72%).

Результаты и обсуждение. Для сравнения технических характеристик единиц оборудования использовали общеизвестные методы и показатели, характеризующие затраты материалов и энергоресурсов [9, 11, 12].

На рисунке 1 отражен общий вид аппарата для непрерывной тепловой обработки паштетной массы со шнеком и форсунками вдоль корпуса. Преимущества наличия шнека в конструкции пароконтактного теплообменника обусловлены сравнительной простотой конструкции, маневренностью при изменении конечных параметров продукта, возможностью использования как в дискретных технологических схемах, так и в составе высокопроизводительных автоматических линий.

Коррозионная агрессивность сред пищевых и прочих рабочих сред, применяемых в мясной промышленности, предполагает использование в качестве основного конструкционного материала металлических узлов теплообменного аппарата стали аустенитного класса 12X18H10T; 12X17H13M3T; плоской крышки – из материала стали ВСт3; корпуса – из материала стали 08X18H10T; фланец – из материала стали 12X18H10T; болт – из ма-

териала стали 35Х. Сборно-сварной шнек, в котором винтообразная лента приварена автоматической сваркой к цельному валу, изготавливают из нержавеющей стали 08Х22Н6Т, сварные швы должны быть защищены от шероховатости $Rz \leq 80$. Для экономии нержавеющей стали на рабочие поверхности шнека наносят коррозионностойкие покрытия (лужение пищевым оловом или твердое хромирование) [11, 12].

Эмульсия для производства паштета подается в корпус устройства (рисунок 1) через патрубок и перемещается шнеком вдоль корпуса в сторону выгрузки – торцевой крышки. Пар по форсункам подается в продукт во время перемешивания и продвижения вдоль корпуса аппарата. Шнек в устройстве позволяет равномерно разогреть продукт, перемешивание продукта при термической обработке позволяет значительно снизить время цикла и повысить выход готового продукта.

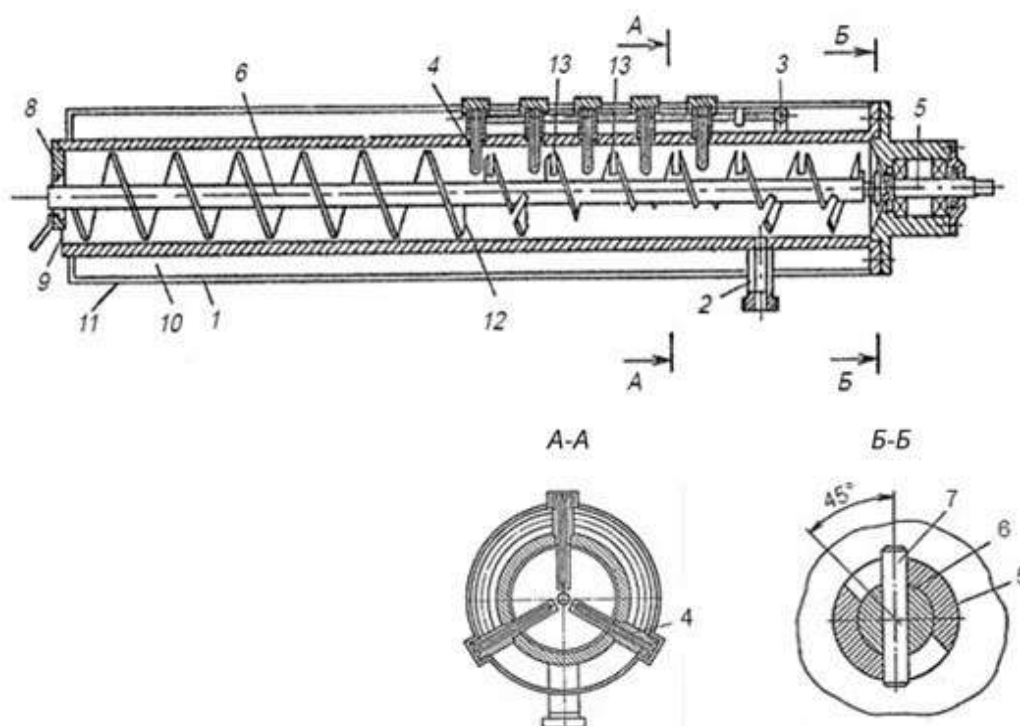


Рисунок – Устройство для непрерывной тепловой обработки

Figure 1 – Continuous heat treatment device

1 – корпус / frame, 2 – патрубок / pipe branch, 3 – коллектор / collector, 4 – форсунки / injectors, 5 – приводной вал / drive shaft, 6 – хвостовик шнека / auger shank, 7 – штифт (крепежный элемент) / pin (fastening element), 8 – торцевая крышка / end cap, 9 – отверстие для выхода продукта / product outlet hole, 10 – теплоизоляция / thermal insulation, 11 – кожух / casing, 12 – вертикальные прорези для обеспечения вращения шнека во время работы / vertical slots to ensure rotation of the auger during operation, 13 – прорези для обеспечения прохода форсунок при снятии шнека для санитарной обработки / slots to allow passage of nozzles when removing the auger for sanitary treatment

В результате исследования образцы, подвергнутые непрерывной тепловой обработке с использованием шнека, имели достаточно высокие органолептические показатели в сравнении с контрольными образцами, полученными путем термической обработки в камере запекания – проходном паровом тоннеле, а именно: продукт получился сочнее, однороднее и равномерно пропеченным, внешняя поверхность паштета (фасованного в формы) – без явной корочки подсыхания.

Все экспериментальные образцы паштетов соответствовали требованиям стандартов по показателям безопасности, установленным нормативными правовыми актами РФ, что доказывает эффективность подобранных температурных режимов в указанных аппаратах.

Сопоставительный анализ по органолептическим показателям контрольного и экспериментального образцов паштетов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Органолептические показатели мясорастительных паштетов
Table 1 – Organoleptic characteristics of meat and vegetable pates

№ образца / Sample №	Характеристика / Characteristic				
	поверхность / surface	структура / structure	вкус / taste	запах / smell	цвет / color
1 – контрольный / control	Чистая, сухая / Clean, dry	Нежная, име- ются включе- ния грецкого ореха / Tender, contains walnut inclusions	Сливочный, в меру соленый с привкусом гречневой му- ки / Creamy, moderately salty with a taste of buck- wheat flour	Мясной, с от- тенком черно- го перца и грецкого оре- ха / Meaty, with a hint of black pepper and walnut	Серый / Grey
Баллы / Points	4	4	5	5	5
2 – эксперимен- тальный / experimental	Чистая, сухая, равномерно приготовлена / Clean, dry, evenly cooked	Нежная, одно- родная имеются включения грец- кого ореха соч- ная / Tender, homogeneous, contains walnut inclusions Juicy	Сливочный, в меру соленый с привкусом гречневой му- ки / Creamy, moderately salty with a taste of buck- wheat flour	Мясной, с от- тенком черно- го перца и грецкого оре- ха / Meaty, with a hint of black pepper and walnut	Серый / Grey
Баллы / Points	5	5	5	5	5

На основе 5-балльной оценки показателей построена профилограмма образцов (рисунок 2). Образец № 1 был получен путем термической обработки в камере запекания, образец № 2 был подвергнут непрерывной тепловой обработке предлагаемым способом. Образец № 2 отличался от другого однородной консистенцией, сочностью, а также равномерным запеканием по всему продукту.

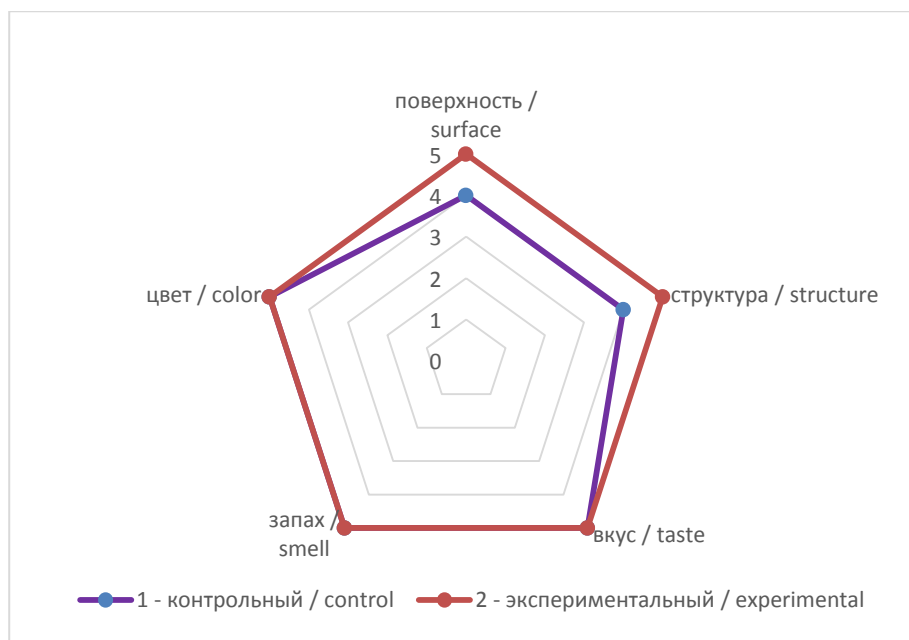


Рисунок 2 – Профилограмма образцов мясорастительных паштетов

Figure 2 – Profilogram of samples of meat and vegetable pates

1 – неудовлетворительно / unsatisfactory; 2 – удовлетворительно / satisfactory; 3 – хорошо / good; 4 – очень хорошо / very good; 5 – отлично / excellent

Вырабатываемое изделие, помимо обладания высокими функционально-технологическими свойствами (влагосвязывающая способность мясной фаршевой системы после термообработки экспериментальных образцов превышала этот показатель у кон-

трольных образцов на 3,5%; влагоудерживающая способность – на 1,0%), должно быть качественным. Качество паштетов определяется такой совокупностью характеристик, которая способна в повседневной жизни удовлетворять потребности человека. Оно зависит от применяемых компонентов, а также технологии приготовления. Объективная оценка продукции невозможна без качественного и количественного исследования продукции. Современные физико-химические методы позволяют изучить структуру веществ, что помогает абсолютно точно определить качество и безопасность выпускаемой продукции. Таблица 2 содержит данные о физико-химических показателях образцов.

Таблица 2 – Физико-химические показатели мясорастительных паштетов

Table 2 – Physical and chemical indicators of meat and vegetable pates

№	Показатель / Index	Результаты для образца / Results	
		1 – контрольный / control	2 – экспериментальный / experimental
1	Массовая доля белка, %, не менее / Mass fraction of protein, %, not less	15,5±0,03	15,6±0,01
2	Массовая доля жира, %, не более / Mass fraction of fat, %, no more	19,0±0,12	19,0±0,21
3	Массовая доля хлористого натрия (поваренной соли), % не более / Mass fraction of sodium chloride (table salt), % no more than	1,4±0, 002	1,4±0,001
4	Содержание железа мг/100г продукта / Iron content mg/100g product	4,5±0,01	9,0±0, 01
5	Содержание пищевых волокон г/100 г продукта / Dietary fiber content g/100 g product	2,9±0,002	3,0±0,001
6	Энергетическая ценность ккал/100 г продукта, не более / Energy value kcal/100 g of product	248	250

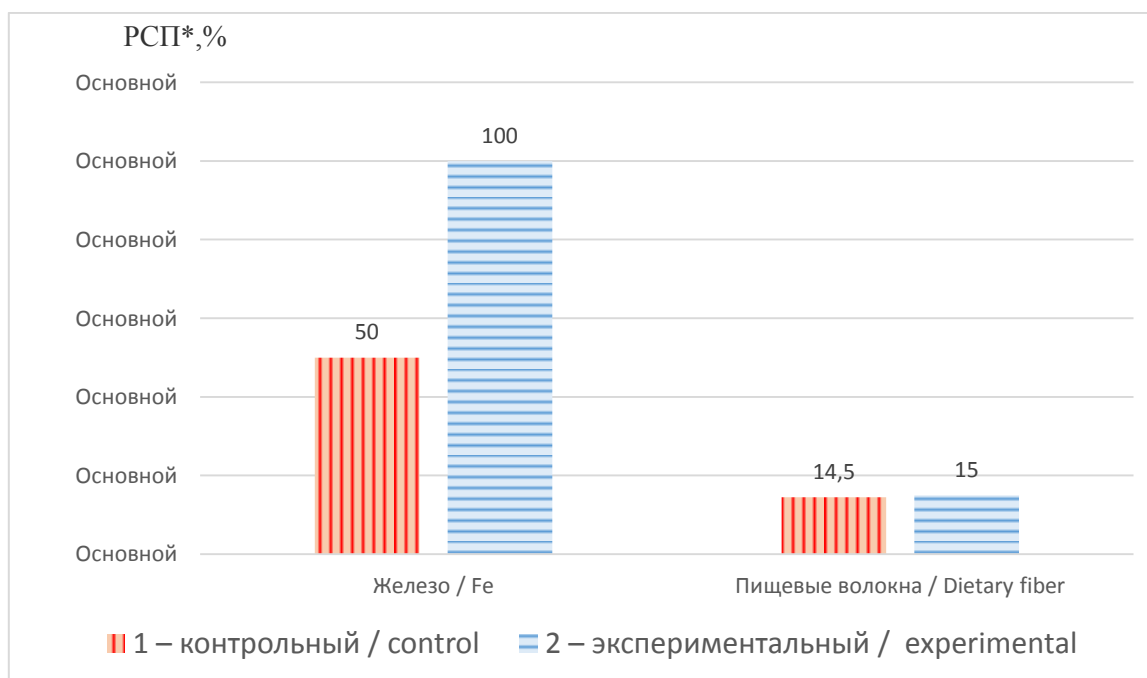


Рисунок 3 – Пищевая ценность паштетов

*Рекомендуемая суточная потребность при употреблении 100 г продукта, %

Figure 3 – Nutritional value of pates

*Recommended daily requirement when consuming 100 g of product, %

Полученные в ходе экспериментальных исследований образцы имели преимущество по значениям показателей – содержание белка (на 0,1%) и нутриентного состава. Высокая пищевая ценность паштетов при употреблении 100 г продукта в сутки в пересчёте на рекомендуемую среднюю суточную потребность для всех групп населения (пищевых волокон – 20 г, железа – 9 мг) с добавлением гречневой муки в сравнении с контрольным образцом показана на рисунке 3.

По микробиологическим показателям паштеты не должны превышать норм, установленных нормативными правовыми актами Российской Федерации. Требования установлены ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции», указанные в таблице 3. Экспериментальные образцы паштетов соответствуют данным требованиям.

Таблица 3 – Микробиологические показатели мясорастительных паштетов

Table 3 – Microbiological indicators of meat and vegetable pates

КМАФАнМ КОЕ/г, не более / КМАФАнМ CFU/g, no more	Масса продукта, г, в которой не допускается / Weight of product, g, in which it is not allowed			
	БГКП / coliform	Сульфитредуцирующие кловстридии / Sulfite-reducing clostridia	Патогенные, в т.ч. сальмонеллы / Pathogenic, incl. salmonella	S. aureus / S. aureus
$1 \cdot 10^3$	1,0	0,01	25	1

Таблица 4 – Сравнительная характеристика аппаратов для непрерывной тепловой обработки мясорастительных паштетов

Table 4 – Comparative characteristics of devices for continuous heat treatment of meat and vegetable pates

Показатель / Index	Значение показателя при использовании / Indicator value when used	
	камеры запекания – проходной паровой тоннель) / baking chambers – pass-through steam tunnel)	аппарата со шнеком и форсунками вдоль корпуса / apparatus with auger and nozzles along the body
Производительность техническая по исходному сырью, кг/ч, не менее / Technical productivity for raw materials, kg/h, not less	300	300
Выход готового продукта, к массе несоленого сырья, %, не менее / Yield of the finished product, to the weight of unsalted raw materials, %, not less	100	118
Вид теплоносителя / Type of coolant	водяной насыщенный пар / saturated water steam	
Удельная занимаемая площадь, м ² /1000 кг продукта, не более / Specific occupied area, m ² /1000 kg of product, no more	3,8	2,6
Удельная металлоемкость, кг/кг продукта, не более / Specific metal consumption, kg/kg product, no more	0,32	0,35
Удельный расход электроэнергии, кВт*ч / 1000 кг продукта, не более / Specific electricity consumption, kW*h/1000 kg of product, no more	1,7	1,1
Удельное потребление пара, кг/1000 кг продукта, не более / Specific steam consumption, kg/1000 kg of product, no more	22,0	18,0
Обслуживающий персонал, че- ловек / Service personnel, person	1	1

В процессе разработки экспериментальных образцов были оптимизированы способы и режимы термической обработки паштетов: образцы мясорастительного паштета выработывались с применением камеры запекания непрерывного действия (проходной паровой тоннель фирмы Gernal, Бельгия) и аппарата для непрерывной тепловой обработки со шнеком и с модернизированным расположением форсунок для подачи пара (рисунок 1) при следующих режимах обработки: давление пара на входе в камеру не менее 0,2-0,4 МПа; температура пара на входе в камеру 104-125 °С [7].

Выбранная для сравнения с модернизируемым аппаратом камера для запекания в виде парового тоннеля с прямым впрыском пара имеет довольно схожие технические характеристики и широко распространена для термической обработки паштетной массы.

С целью анализа эффективности использования рассмотренного оборудования для непрерывной термической обработки приведены основные технические характеристики и рассчитаны удельные показатели (таблица 4).

Помимо показателей безопасности и технико-экономических показателей производства при организации выпуска мясорастительных паштетов имеют высокое значение следующие факторы. Растительное сырье, входящее в состав мясорастительного паштета, обладает высокими функционально-технологическими свойствами, которые позволяют увеличить выход продукта (не менее чем на 18%) при применении аппарата со шнеком.

Заключение. Таким образом, приведенные данные позволяют сделать вывод о целесообразности использования оборудования модернизированной конструкции для термообработки паштетных масс на мясоперерабатывающих предприятиях: аппарата для непрерывной тепловой обработки со шнеком и форсунками вдоль корпуса, выполненный из нержавеющей стали, который сочетает простоту и безопасность эксплуатации, обеспечивает полный температурный контроль над производственным процессом. Показатели удельного расхода электроэнергии и потребления пара устройства непрерывной тепловой обработки ниже, чем у аналогичных аппаратов, что положительно влияет на экономическую эффективность производства мясорастительных паштетов.

Добавление растительных компонентов в рецептуру паштетов не только улучшает их пищевую ценность, но и поддерживает высокие функционально-технологические свойства мясной эмульсии, что ведет к увеличению выхода готовой продукции.

Conclusions. Thus, the data provided allow us to conclude that it is advisable to use equipment of an upgraded design for the heat treatment of pate masses at meat processing enterprises: the device for continuous heat treatment with a screw and nozzles along the body, made of stainless steel, which combines simplicity and safety of operation, provides full temperature control over the production process. The indicators of specific energy consumption and steam consumption of the continuous heat treatment device are lower than those of similar devices, which has a positive effect on the economic efficiency of the production of meat pates.

The use of vegetable additives in the recipe of pates not only contributes to an increase in nutritional value, but also preserves the high functional and technological properties of the meat emulsion and leads to an increase in product yield.

Библиографический список

1. Gorlov I. F., et al. Advances In Technological Productivity And Biological Evaluation Of Sausage Products. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. Vol. 10. Issue 1. Pp. 2075-2080.
2. Саакян А. С., Вильданов Х. С. Влияние здоровой пищи на человека. Вестник Башкирского государственного медицинского университета. 2022. № 2 (спецвыпуск). С. 326-329.
3. Горлов И. Ф., Божкова С. Е., Княжеченко О. А., Сложенкина М. И. Изучение функционально-технологических свойств и показателей качества мясорастительных паштетов. Актуальные направления инновационного развития животноводства, медицины, техники и современные технологии продуктов питания: материалы конференции. Персиановский, 2019. Ч. 2. С. 348-353.
4. Гернер А. Н., Акан А. М., Васильева Д. Д. Пищевые и биологически активные добавки. Актуальные вопросы развития современных технологий: сборник статей Международной научно-практической конференции. Петрозаводск: «Новая Наука», 2022. С. 100-105.
5. Gorlov I. F., et al. Analysis of efficiency of production of sausage products using non-traditional vegetable raw materials. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. IOP Publishing, 2020. Vol. 548. 11 p.
6. Khranova V. N. Environmentally friendly raw materials for the production of a dietary product. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2022. Vol. 981. P. 022099.
7. Батурин А. К., Мартинчик А. Н., Камбаров А. О. Структура питания населения России на рубеже XX и XXI столетий. Вопросы питания. 2020. № 4. С. 60-70.

8. Позняковский В. М., Герасименко Н. Ф., Челнакова Н. Г. Методологические аспекты полноценного, безопасного питания: значение в сохранении здоровья и работоспособности. Человек. Спорт. Медицина. 2017. Т. 17. № 1. С. 79-86.
9. Короткова А. А., Храмова В. Н., Божкова С. Е., Картушина Ю. Н. Оценка нутриентного профиля сырного продукта при реализации новых ресурсосберегающих технологических решений. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84. № 1 (91). С. 131-139.
10. Пономарев А. С., Пастушкова Е. В., Чугунова О. В. Использование пищевых ингредиентов растительного происхождения в технологии мясных рубленых полуфабрикатов. Индустрия питания. Т. 6. № 3. 2021. С. 109-119.
11. Оборудование для пищевой промышленности. <https://foodmechanic.ru/#rec249582449#!/tproduct/249582449-1605855853792>.
12. Козлова Е. И., Левочкина Т. Г., Рамазанцева Д. А. Современное оборудование для мясной промышленности. Экономическая среда. 2017. № 4. С. 103-109.

References

1. Gorlov I. F., et al. Advances In Technological Productivity And Biological Evaluation Of Sausage Products. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. Vol. 10. Issue 1. Pp. 2075-2080.
2. Saakyan A. S., Vildanov Kh. S. Influence of healthy food on a person. Bulletin of the Bashkir State Medical University. 2022. No 2 (special issue). Pp. 326-329.
3. Gorlov I. F., Bozhkova S. E., Knyazhenko O. A., Slozhenkina M. I. Study of Functional and Technological Properties and Quality Indicators of Meat and Vegetable Pâtés. Current directions of innovative development of animal husbandry, medicine, technology and modern food technologies: conference materials. Persianovsky, 2019. Part 2. Pp. 348-353.
4. Gerner A. N., Akan A. M., Vasilyeva D. D. Food and biologically active additives. Actual issues of the development of modern technologies: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. Petrozavodsk: Novaya Nauka, 2022. Pp. 100-105.
5. Gorlov I. F., et al. Analysis of efficiency of production of sausage products using non-traditional vegetable raw materials. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. IOP Publishing, 2020. Vol. 548. 11 p.
6. Khramova V. N. Environmentally friendly raw materials for the production of a dietary product. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2022. Vol. 981. P. 022099.
7. Baturin A. K., Martinchik A. N., Kambarov A. O. Structure of nutrition of the population of Russia at the turn of the XX and XXI centuries. Nutrition issues. 2020. № 4. Pp. 60-70.
8. Poznyakovsky V. M., Gerasimenko N. F., Chelnakova N. G. Methodological aspects of complete, safe nutrition: significance in the preservation of health and performance. Person. Sport. Medicine. 2017. V. 17. № 1. Pp. 79-86.
9. Korotkova A. A., Khramova V. N., Bozhkova S. E., Kartushina Y. N. Assessment of the Nutrient Profile of a Cheese Product in the Implementation of New Resource-Saving Technological Solutions. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2022. V. 84. № 1 (91). Pp. 131-139.
10. Ponomarev A. S., Pastushkova E. V., Chugunova O. V. Use of Food Ingredients of Plant Origin in the Technology of Chopped Semi-Finished Meat Products. Food industry. V. 6. № 3. 2021. Pp. 109-119.
11. Equipment for the food industry. <https://foodmechanic.ru/#rec249582449#!/tproduct/249582449-1605855853792>.
12. Kozlova E. I., Lyovochkina T. G., Ramazantseva D. A. Modern Equipment for the Meat Industry. Economic environment. 2017. № 4. Pp. 103-109.

Информация об авторах

Божкова Светлана Евгеньевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Технология пищевых производств» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28), e-mail: bozhkova@mail.ru

Храмова Валентина Николаевна, доктор биологических наук, профессор кафедры «Технология пищевых производств» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28), e-mail: hramova_vn@mail.ru

Жигалова Наталья Олеговна, соискатель кафедры «Технология пищевых производств» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28), e-mail: nzhigalova99@gmail.com

Лубчинский Кирилл Александрович, аспирант кафедры «Технология пищевых производств» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28), e-mail: lubkirill@mail.ru

Author's Information

Bozhkova Svetlana Evgenievna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd V. I. Lenin Ave., 28), e-mail: bozhkova@mail.ru

Khramova Valentina Nikolaevna, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd V. I. Lenin Ave., 28), e-mail: hramova_vn@mail.ru

Zhigalova Natalya Olegovna, applicant of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd V. I. Lenin Ave., 28), e-mail: nzhigalova99@gmail.com

Lubchinsky Kirill Aleksandrovich, post-graduate student of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd V. I. Lenin Ave., 28), e-mail: lubkirill@mail.ru

WHIPPED CREAMY VEGETABLE PRODUCT WITH A BALANCED FATTY ACID COMPOSITION**Serova O. P., Khramova V. N., Bozhkova S. E., Zhigalova N. O.***Volgograd State Technical University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: s_vyatka@mail.ru

Received 23.10.2024

Submitted 04.12.2024

Summary

For a full and balanced diet, high-quality dairy products are necessary, which provide the body with all the necessary substances. Therefore, it is important to develop a technology for the production of butter with an optimal fatty acid composition. Adding a certain amount of dill oil and chickpea flour to the recipe will make the product not only tasty, but also useful, since it will contain omega-9 and protein necessary for the body. The use of an oxidative stability analyzer for samples helps to determine the oxidation resistance of the product.

Abstract

Introduction. The article is devoted to the development of technology for the production of butter with a balanced fatty acid composition, with increased storage stability and improved organoleptic characteristics. Using the optimal ratio of dill oil and chickpea flour in the formulation will make the product functional in omega-9 and protein co-responsibly. During the whipping of cream in the production technology of a creamy vegetable product, the product is saturated with air, which subsequently affects the shelf life. The application of the oxidative stability analyzer of samples allows you to extrapolate and determine the resistance of the product to oxidation by analyzing the same sample at different temperatures. **Objects.** For the research, samples of a creamy vegetable product with the addition of a different ratio of dill oil and chickpea flour were selected. **Objects.** For the research, samples of a creamy vegetable product with the addition of a different ratio of dill oil and chickpea flour were selected. **Purpose.** The purpose of this work is to develop a recipe and production technology for a whipped creamy vegetable product with the addition of dill oil, chickpea flour, lecithin. The product should have a balanced fatty acid composition of the lipid fraction and be more resistant to oxidation. **Materials and methods.** The preparation of samples for laboratory studies was carried out in accordance with the requirements of GOST R 51447-99 (ISO 3100-1-91). The development and research of control and prototype samples was carried out according to generally accepted methods in accordance with the current regulatory and technical documentation of the food industry. **Results and conclusions.** The data obtained allow us to conclude that it is advisable to use hydrated chickpea flour in the formulation of a creamy vegetable product as an additional source of protein; dill oil as a source of polyunsaturated fatty acids and to give an original taste and aroma to the product; lecithin as an emulsifier, which makes it possible to expand the range of specialized fat-and-oil products, to give an attractive- attractive consumer characteristics.

Keywords: *butter, creamy vegetable products, chickpea flour, dill oil, estimated shelf life, milk fat.*

Citation. Serova O. P., Khramova V. N., Bozhkova S. E., Zhigalova N. O. Whipped creamy vegetable product with a balanced fatty acid composition. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 442-451 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-48.

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

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

УДК 637.148:637.23

**ВЗБИТЫЙ СЛИВОЧНО-РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКТ СО СБАЛАНСИРОВАННЫМ
ЖИРНОКИСЛОТНЫМ СОСТАВОМ**

Серова О. П., кандидат биологических наук, доцент
Храмова В. Н., доктор биологических наук, профессор
Божкова С. Е., кандидат биологических наук, доцент
Жигалова Н. О., соискатель

*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»
г. Волгоград, Российская Федерация*

Актуальность. Статья посвящена разработке технологии производства сливочного масла со сбалансированным жирнокислотным составом, с повышенной стабильностью при хранении и с улучшенными органолептическими показателями. Использование в рецептуре оптимального соотношения укропного масла и нутовой муки позволит сделать продукт функциональным по омега-9 и

белку соответственно. Во время взбивания сливок в технологии производства сливочно-растительного продукта происходит насыщение продукта воздухом, что впоследствии сказывается на сроке годности. Применение анализатора окислительной стабильности образцов позволяет выполнить экстраполяцию и определить стойкость продукта к окислению посредством анализа одного и того же образца при разных температурах. **Объекты.** Для проведения исследований были выбраны образцы сливочно-растительного продукта с добавлением различного соотношения укропного масла и нутовой муки. **Цель.** Целью данной работы является разработка рецептуры и технологии производства взбитого сливочно-растительного продукта с добавлением укропного масла, нутовой муки, лецитина. Продукт должен иметь сбалансированный жирнокислотный состав липидной фракции и быть более устойчивым к окислению. **Материалы и методы.** Образцы для лабораторных исследований были подготовлены в соответствии с ГОСТ Р 51447-99 (ИСО 3100-1-91). Производство и анализ контрольных и опытных образцов проводились по утвержденным методикам, которые соответствуют действующей нормативно-технической документации пищевой отрасли. **Результаты и выводы.** Полученные данные позволяют сделать вывод о целесообразности использования в рецептуре сливочно-растительного продукта гидратированной нутовой муки в качестве дополнительного источника белка; укропного масла, как источника полиненасыщенных жирных кислот и для придания оригинального вкуса и аромата продукту; лецитина – в качестве эмульгатора, что позволяет расширить ассортимент специализированной масложировой продукции, придать привлекательные потребительские характеристики.

Ключевые слова: сливочное масло, сливочно-растительные продукты, нутовая мука, укропное масло, предполагаемые сроки хранения, молочный жир.

Цитирование. Серова О. П., Храмова В. Н., Божкова С. Е., Жигалова Н. О. Взбитый сливочно-растительный продукт со сбалансированным жирнокислотным составом. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 442-451. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-48.

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. Полноценное и сбалансированное питание невозможно без высококачественных молочных продуктов, которые обеспечивают организм всеми необходимыми веществами. Среди разнообразия молочных продуктов особое место занимает сливочное масло.

Молочный жир имеет особую структуру, которая позволяет ему плавиться и затвердевать при более низкой температуре. Благодаря этому он легко переходит в жидкое состояние в пищеварительном тракте, что делает его более удобным для усвоения организмом. Это преимущество молочного жира особенно ценно для людей с функциональными расстройствами пищеварительной системы, такими как заболевания печени и желчного пузыря. Кроме того, молочный жир рекомендуется для детского питания.

Пищевая ценность сливочного масла определяется наличием в нём жирных кислот, жирорастворимых витаминов и фосфолипидов.

Однако несбалансированный состав жирных кислот и высокая ресурсоёмкость технологии производства сливочного масла привели к созданию модифицированных видов этого продукта.

Создание пищевых продуктов с заранее определённым химическим составом и свойствами – это передовая тенденция в пищевой промышленности. В последние годы как в России, так и во многих других странах проводятся исследования по разработке комбинированных молочных продуктов. При этом допускается замена молочной основы частично или полностью натуральными компонентами немолочного происхождения [1-8]. В качестве компонентов можно использовать укропное масло и нутовую муку.

Укропное масло – это ценный продукт, обладающий множеством полезных свойств. В его состав входят незаменимые жирные кислоты, которые необходимы для нормального функционирования организма. Одна из таких кислот – олеиновая кислота (20,1%), относящаяся к классу омега-9. Она помогает снизить уровень сахара в крови, что особенно важно для профилактики диабета. Кроме того, олеиновая кислота укрепляет иммунную систему, способствует снижению уровня холестерина и служит защитой от онкологических заболеваний. Ещё две кислоты, входящие в состав укропного масла – α и β -линоленовая (2,1%)

класса омега-6. Они обладают мембранопротекторным, ангиопротекторным и иммуномодулирующим действием. Эти кислоты также улучшают метаболизм мозга. Наконец, линолевая кислота (1,3%) класса омега-6 обладает противовоспалительным, сосудоуживающим и агрегационным действием, что делает укропное масло полезным для здоровья.

В состав укропного масла (например, Живое укропное масло линейки «Маслище», [доступ <https://www.wildberries.ru/catalog/6833621/detail.aspx>, дата обращения 01.04.2023 г.]) входят пищевые и биологически активные вещества, полученные из укропа. Укроп – это источник флавоноидов, фенольных соединений, сапонинов, терпенов и сердечных гликозидов, а также некоторых витаминов и минералов. Он обладает противораковыми, противовоспалительными и противомикробными свойствами. Укроп способен нормализовать работу желудка, устраняя раздражение и дискомфорт. Укропное масло сохраняет аромат этого растения и может использоваться в различных рецептах.

Введение укропного масла в рецептурный состав продукта с комбинированной жировой фазой повысит биологическую ценность и позволит расширить ассортимент специализированных продуктов за счет использования нетрадиционных источников сырья.

В качестве стабилизатора консистенции и источника белка предлагается использовать нутовую муку, что обусловлено технологическими и физиологическими требованиями.

Нутовая мука (ТУ 9293-005-05286136-2014) [доступ <https://ivpt.ru/tocs/341-342/3/>, дата обращения 01.04.2023 г.] представляет собой продукт с высокой пищевой ценностью: массовая доля сырого белка – 19,2%, сырого жира – 8,4%. Белок нута содержит большое количество незаменимых аминокислот: валин, лейцин, изолейцин, минеральные вещества – йод (до 12 мг/100 г), селен (до 2,8 мг/100 г). Нут в составе продукта придаёт ему нужную консистенцию и делает его более густым. Он также стабилизирует жировую эмульсию, переводя свободную влагу в связанную форму. Это не только помогает продукту дольше храниться, но и предотвращает развитие вредных микроорганизмов.

В качестве эмульгатора предлагается использовать соевый лецитин. Лецитин соевый (например, биологически активная добавка к пище «Лецитин соевый порошок Лецигран М (Lecigran M)», [доступ <https://www.pleza.ru/about/squash/lecithin.php>, дата обращения 01.04.2023 г.] считается «строительным материалом» клеток. Биологические функции лецитина – источника фосфолипидов (65-75% в указанном компоненте) с триглицеридами заключаются в способности обеспечивать равномерное растворение в крови организма витаминов А, Д, Е, К, аминокислот, липидов, лекарственных препаратов и транспортировать их к клеткам различных органов и тканей.

Цель и задачи. Целью исследования является разработка рецептуры и технологии производства взбитого сливочно-растительного продукта с добавлением укропного масла, нутовой муки, лецитина. Продукт должен иметь сбалансированный жирнокислотный состав липидной фракции и быть более устойчивым к окислению.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- изучить научно-техническую литературу и определить перспективные направления в создании рецептур сливочно-растительных продуктов;
- изучить состав жирных кислот укропного масла и исследовать возможность его применения в производстве сливочно-растительного продукта;
- разработать оригинальную рецептуру и технологию взбитого сливочно-растительного продукта;
- оценить органолептические и физико-химические показатели сливочно-растительного продукта;
- провести анализ срока годности разработанного продукта.

Материалы и методы. Объектами исследований являлись образцы сливочно-растительного продукта. Исследования проводили в 2022-2024 гг. на базе лаборатории кафедры «Технологии пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета.

Для выполнения поставленных задач и достижения целей экспериментального исследования выполнены следующие этапы.

Первый этап включал разработку рецептуры и производство образцов.

Выработка образцов взбитого сливочно-растительного продукта проведена с подобранным ингредиентным составом:

- контрольный образец – без наполнителей (сливочное масло, выработанное по традиционной технологии способом сбивания сливок);
- опытный образец № 1 – на основе контрольного образца с добавлением 8% укропного масла и 3% нутовой муки;
- опытный образец № 2 – на основе контрольного образца с добавлением 7% укропного масла и 4% нутовой муки;
- опытный образец № 3 – на основе контрольного образца с добавлением 6% укропного масла и 5% нутовой муки.

Нутовую муку предварительно гидратировали в сливках, полученных после сепарирования молока коровьего, при массовом соотношении сливки: нутовая мука 3:1.

Во всех опытных образцах содержался эмульгатор – лецитин соевый, в количестве 0,3%.

1) Второй этап исследований посвящен анализу органолептических показателей.

Органолептические показатели определялись в соответствии с ГОСТ ISO 6658-2016, а также методиками для сливочного масла [9].

2) Третий этап – анализ физико-химических показателей и пищевой ценности экспериментальных образцов.

Определение кислотности молочной плазмы проводили по ГОСТ 33613-2015 «Масло сливочное. Потенциометрический метод определения активной кислотности плазмы».

Определение массовой доли влаги проводили по ГОСТ 3626-73 «Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества».

Определение массовой доли общего жира проводили по ГОСТ 5867-90 «Молоко и молочные продукты. Методы определения жира».

Расчет пищевой ценности проводился с целью оценить функциональность растительных компонентов в составе рецептуры продукта с использованием МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации».

3) На четвертом этапе исследований был определен срок годности экспериментальных образцов.

Определение срока годности проводили по ГОСТ 34815-2021 «Продукты пищевые. Ускоренный тест на окисление с использованием окислительного испытательного реактора» при сравнении индукционного периода оптимального опытного и контрольного образцов на приборе OXITEST (анализатор окислительной стабильности), в том числе посредством анализа одного и того же образца при разных температурах.

Результаты и обсуждение. Контрольный образец был выработан традиционным способом сбивания, который включал следующие основные технологические стадии: сепарирование молока с целью получения сливок жирностью 38%, пастеризация сливок, физическое созревание сливок, сбивание сливок, механическая обработка масла. [Патент № 2328860 С1 РФ, МПК А23С 15/02, А23С 15/18, А23С 15/20. Способ получения сливочного масла; опубл. 20.07.2008]; [Патент № 2325064 С1 РФ, МПК А23С 15/18, А23С 15/02, С11В 15/00. Антиокислитель для сливочного масла; опубл. 27.05.2008].

Отличие разработанного способа производства сливочно-растительного продукта заключалось в проведении дополнительных технологических стадий. После сепарирования сливки разделяли на 4 части и дальнейший процесс производства проводили отдельно для каждой части.

Контрольный образец (1 часть) был выработан без растительных наполнителей. В три опытных образца (2, 3, 4 части) на стадии составления смеси вносили экстракт укропного масла – 8% в опытный № 1, 7% – в опытный № 2, 6% – в опытный № 3; гидратированную нутовую муку – 3% в опытный № 1, 4% – в опытный № 2, 5% – в опытный № 3 и лецитин 0,3% во все опытные образцы. Затем смесь эмульгировали с помощью эмульсора при температуре 60-65 °С 20-30 минут для создания однородной гомогенной структуры. Полученную после эмульгирования смеси пастеризовали в пластинчатой пастеризационно-охлаждающей установке при температуре 90-95 °С в течение 10-15 минут с целью уничтожения патогенных бактерий, инактивации ферментов.

Горячую пастеризованную массу быстро охлаждали до 6 °С, с последующим созреванием при температуре 6 °С на протяжении 7-15 часов для отвердевания жировых шариков и образования кристаллических структур из смешанных кристаллов глицеридов.

Созревшую смесь подогревали до температуры сбивания 12-16 °С и отправляли в маслоизготовитель, где при температуре 12-16 °С в течение 30-45 мин. производили сбивание до образования масляных зерен. В первые 3-5 мин. сбивания маслоизготовитель останавливали 1-2 раза, чтобы через кран выпустить газы, выделившиеся из смеси.

При сбивании сливок происходит нарушение стабилизирующей способности липопротеиновых оболочек жировых шариков, их агрегация и образование масляного зерна. Для соединения масляных зерен в пласт с требуемым содержанием влаги и равномерным ее распределением проводят механическую обработку масла при помощи вальцов или шнеков в маслоизготовителях непрерывного действия при температуре 11-17 °С.

Готовую масляную смесь подвергали взбиванию и перемешиванию в плоскорешетчатых взбивателях при температуре 12-13 °С, в течение 10 минут.

В дальнейшем готовый сливочно-растительный продукт предполагалось хранить в условиях холодильника при температуре не более 4±2 °С без доступа света.

Рецептуры опытных образцов при следующем соотношении исходных компонентов, масс. ч. представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Рецептуры опытных образцов

Table 1 – Formulations of prototypes

Наименование компонента / Name of the component	Опытный образец № 1 / Experimental sample No 1	Опытный образец № 2 / Experimental sample No 2	Опытный образец № 3 / Experimental sample No 3
Сливки жирностью 38% / Cream with a fat content of 38%	200	200	200
Укропное масло / Dill oil	8	7	6
Нутовая мука / Chickpea flour	3	4	5
Лецитин / Lecithin	0,3	0,3	0,3

Для выбора оптимальной рецептуры проводили органолептическую оценку опытных образцов сравнивая с контрольным. Результаты органолептической оценки сливочно-растительного взбитого продукта представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Органолептическая оценка сливочно-растительного продукта

Table 2 – Organoleptic evaluation of a creamy vegetable product

Наименование позиции / Name of the position	Характеристика, балл / Characteristic, score		
	Вкус и запах / Taste and smell	Консистенция и внешний вид / Consistency and ap- pearance	Цвет / Colour
Контрольный образец / Control sample	выраженный сливочный / pronounced creamy	плотная, пластичная, однородная / dense, plastic, homogeneous	от светло-желтого до желтого / from light yellow to yellow
Опытный образец № 1 (8% укропного масла) / Prototype № 1 (8% dill oil)	сливочный с остро выраженным укропным привкусом / creamy with a pronounced dill flavor	взбитая, слабовязкая / whipped, slightly viscous	желтоватый / yellowish
Опытный образец № 2 (7% укропного масла) / Prototype № 2 (7% dill oil)	сливочный с привкусом укропа / creamy with a hint of dill	взбитая, вязкая / whipped, viscous	светло-желтый / light yellow
Опытный образец № 3 (6% укропного масла) / Prototype № 3 (6% dill oil)	сливочный, без выраженного привкуса укропа / creamy, without a pronounced dill flavor	взбитая, плотная / whipped, dense	белый / white

На основании данных из таблицы 2 сделан вывод, что по органолептическим показателям образцы 1 и 3 уступают опытному образцу № 2, особенно по вкусу и консистенции.

Анализ влияния растительных компонентов на качественные характеристики готового продукта проводили по результатам исследований физико-химических показателей оптимального опытного (опытный образец № 2) в сравнении с контрольным образцом представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-химические показатели сливочно-растительного продукта
Table 3 – Physical and chemical indicators of the creamy vegetable product

Физико-химические показатели / Physical and chemical indicators	Контрольный образец / Control sample	Опытный образец № 2 / The prototype № 2
Массовая доля влаги, %, не более / Mass fraction of moisture, %, no more	16,0	12,0
Массовая доля жира, %, не менее / Mass fraction of fat, %, not less	72,5	75,0
Титруемая кислотность молочной плазмы, °Т, не более / Titrated acidity of milk plasma, °T, no more	26,0	22,0

При внесении экстракта укропного масла – 7% и нутовой муки – 4% в опытном образце № 2 снижается титруемая кислотность молочной плазмы по сравнению с контрольным образцом, изготовленным без растительных наполнителей. Нутовая мука связывает свободную влагу, вследствие чего повышается вязкость продукта, что приводит к улучшению взбивания и увеличению массовой доли общего жира за счет уменьшения массовой доли влаги.

Расчетным методом установлена пищевая ценность сливочно-растительного продукта. Результаты по белковой, углеводной и жирнокислотной обеспеченности образцов показаны в таблице 4.

Таблица 4 – Белковая и жирнокислотная обеспеченность опытного образца №2
Table 4 – Protein and fatty acid security of prototype №2

Нутриент / The nutrient	Суточная потребность, мг / Daily requirement, mg	Содержание в продукте, мг / The content in the product, mg	Удовлетворение суточной потребности, % / Satisfaction of daily needs-news, %	Функциональность продукта / Product functionality
Олеиновая кислота (омега-9) / Oleic acid (omega-9)	650	187,2	28,8	Функционален / Functional
Белок / Protein	76000	179,12	0,24	Не функционален / Not functional
Пищевые волокна / Dietary fiber	25000	450,0	1,8	Не функционален / Not functional

Оригинальность продукта заключается в том, что взбитый сливочно-растительный продукт сбалансирован по незаменимым жирным кислотам – омега-9, является источником растительного белка с богатым аминокислотным составом и пищевых волокон, что позволяет расширить ассортимент специализированной масложировой продукции, имеет привлекательные потребительские характеристики.

Сохранение нативного состава и свойств готовой продукции в процессе хранения является определяющим при разработке новых технологий. Хранимоспособность сливочно-растительного продукта характеризует его способность длительное время сохранять качество при минимальных изменениях. Хорошая хранимоспособность обеспечивается при использовании высококачественного сырья, строгом соблюдении технологии, использовании биологически активных веществ и антиокислителей, в том числе природного происхождения [10-12].

На срок годности готового продукта влияет много факторов, самые важные из которых для заявленного продукта – использование растительных добавок и насыщение продукта кислородом воздуха. При анализе стойкости заявленного продукта к окислению с использованием окислительного испытательного реактора «Oxitest анализатор окислительной стабильности» выявлено, что индукционный период образца сливочного масла взбитого

(промежуток времени между началом измерения и моментом, когда начинает быстро возрастать образование продуктов окисления) не имеет значительных отклонений в сравнении с контрольным образцом сливочного масла, произведенным без растительных добавок и без взбивания. При температуре плюс 3 °С индукционный период исследуемых образцов составил 24 дня 15 часов, при температуре минус 6 °С – 39 дней 8 часов, при температуре минус 18 °С – более 73 дней 12 часов, что подтверждает соответствие высокой стойкости заявленного продукта и контрольного образца к гидролитической и окислительной порче.

Графики определения предполагаемых сроков хранения опытного образца № 2 представлены на рисунке 1.

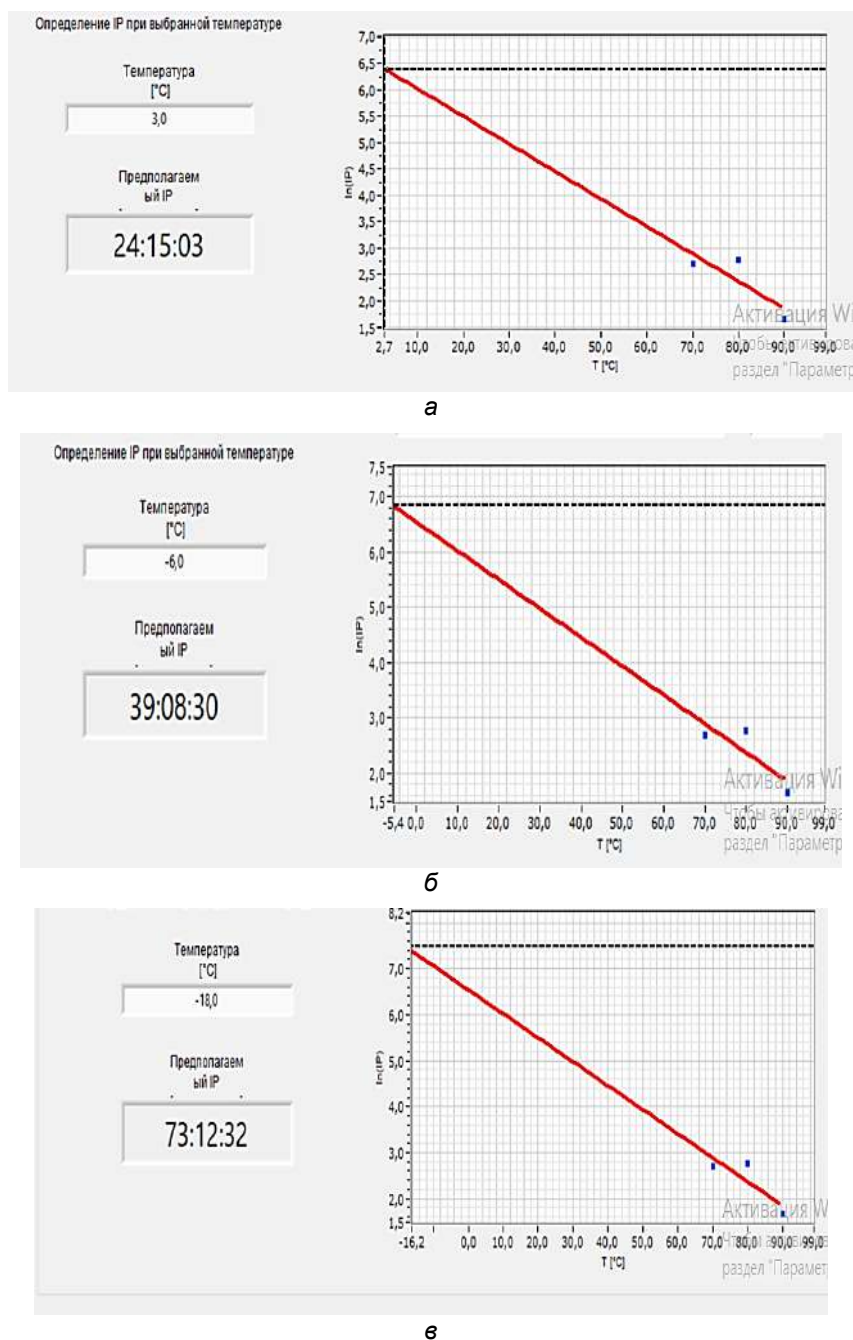


Рисунок 1 – Индукционный период сливочно-растительного продукта при температурах:

Figure 1 – The induction period of a creamy vegetable product at temperatures:

а) +3 °C; б) -6 °C; в) -18 °C

Проведенный анализ окислительной стабильности (заданные параметры: давление 6 бар и температура 90 °С) позволяет определить лучшую рецептуру для образца путем исследования образцов из одних и тех же сырьевых компонентов, приготовленного с использованием разных дозировок компонентов, и сравнения полученных значений параметра индукционного периода (IP) со значением, определенным для формулы эталонного образца – контрольного (рисунок 2).

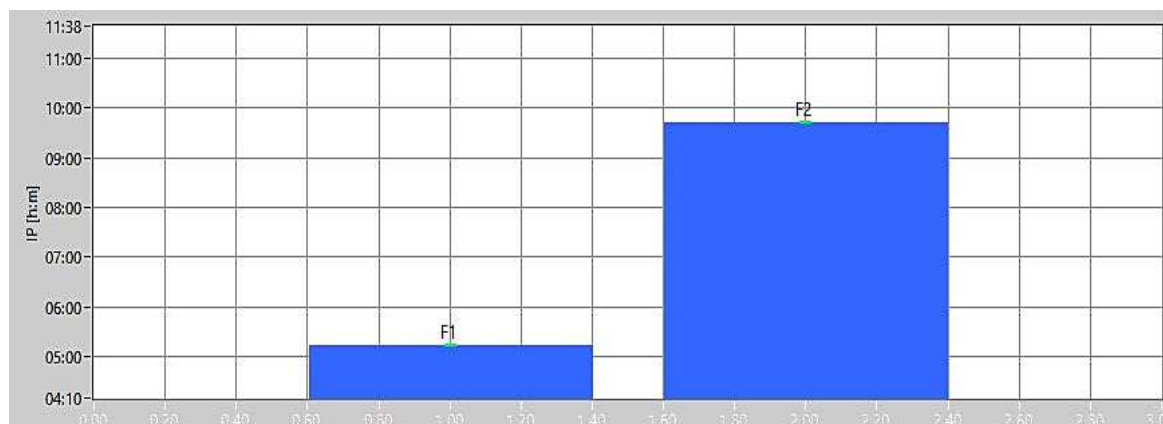


Рисунок 2 – Сравнение индукционных периодов образцов, выработанных по рецептурам опытного и контрольного образцов: F1 – опытный образец № 2 / The prototype № 2

Figure 2 – Comparison of formulations of experimental and control samples:

F2 – контрольный образец / Control sample

В результате индукционный период контрольного образца составил 9 часов 42 минуты, опытного образца – 5 часов 13 минут.

В процессе исследования выяснилось, что при понижении температуры хранения увеличивается индукционный период, следовательно, повышается срок годности анализируемого продукта, но при добавлении растительных компонентов, срок годности уменьшается по сравнению со сливочным маслом – контрольным образцом.

Заключение. Разработана оригинальная рецептура и технология производства сливочно-растительного взбитого продукта путем подбора оптимального соотношения рецептурных компонентов. Для выбора оптимальной рецептуры проводили органолептическую оценку опытных образцов сравнивая с контрольным. На основе данных из таблиц сделан вывод, что по органолептическим показателям образцы № 1 и № 3 уступают образцу № 2. При внесении экстракта укропного масла 7% и нутовой муки 4% снижается титруемая кислотность молочной плазмы по сравнению с контрольным образцом. Нутовая мука связывает свободную влагу, в последствии повышается вязкость продукта, что приводит к улучшению взбивания и увеличению массовой доли общего жира.

За счет внесения укропного масла продукт функционален по омега-9, а нутовая мука в составе продукта является источником белка.

Олеиновая кислота, содержащаяся в значительном количестве в разработанном сливочно-растительном продукте, обладает такими доказанными полезными свойствами как снижение уровня сахара в крови и препятствие развития диабета, замедление деления злокачественных клеток в организме; улучшение эластичности сосудов крови; удерживание влаги в подкожных покровах и другие.

Анализ срока годности сливочно-растительного взбитого продукта показал следующие периоды хранения продукта без протекания окислительных процессов: образец № 1 при температуре (3±2) °С – не более 24 суток; образец № 2 при температуре минус (6±3) °С – не более 39 суток; образец № 3 при температуре минус (18±2) °С – не более 72 суток. При понижении температуры хранения увеличивается индукционный период, следовательно, повышается срок годности анализируемого продукта, но при добавлении растительных компонентов, срок годности уменьшается по сравнению со сливочным маслом контрольного образца.

Conclusions. An original formulation and technology of a creamy vegetable whipped product have been developed by selecting the optimal ratio of prescription components. To select the optimal formulation, an organoleptic evaluation of the prototypes was performed comparing with the control

one. Based on the data from the tables, it is concluded that samples No. 1 and No. 3 are inferior to sample No. 2 in organoleptic parameters. When applying an extract of dill oil 7% and chickpea flour 4%, the titrated acidity of the milk plasma decreases, compared with the control sample. Chickpea flour binds free moisture, subsequently the viscosity of the product increases, which will lead to an improvement in whipping and an increase in the mass fraction of total fat, due to a decrease in the mass fraction of moisture.

Due to the addition of dill oil, the product is functional according to omega-9, and chickpea flour in the product is a source of protein. Oleic acid has beneficial properties such as: lowering blood sugar levels and preventing the development of diabetes, increasing immune resistance; reduces cholesterol; serves as a prevention of oncological diseases and slows down the spread of malignant tumors.

A study of a creamy vegetable whipped product for the expected shelf life showed: sample No. 1 at a temperature of $(3 \pm 2) ^\circ\text{C}$ – no more than 24 days; sample No. 2 at a temperature of minus $(6 \pm 3) ^\circ\text{C}$ – no more than 39 days; sample No. 3 at a temperature of minus $(18 \pm 2) ^\circ\text{C}$ – no more than 72 days. When the storage temperature decreases, the induction period increases, therefore, the shelf life of the analyzed product increases, but with the addition of vegetable components, the shelf life decreases compared to the butter of the control sample.

Библиографический список

1. Шингарева Т. И. Исследование физико-химических показателей разных видов сливок. Переработка молока. 2020. № 10 (252). С. 16-17.
2. Голубев А. А., Дунченко Н. И., Купцова С. В. Пищевые потери и роль натуральных антиоксидантов в решении этой проблемы: анализ и перспективы. Молочная промышленность. 2024. № 1. С. 40-45.
3. Cardoso-Ugarte G. A., Sosa-Morales M. E. Essential Oils from Herbs and Spices as Natural Antioxidants: Diversity of Promising Food Applications in the past Decade. Taylor & Francis. 2021. Vol. 38. № S1. Pp. 403-433.
4. Мироненко О. Переход на органику: почему мир заинтересовался здоровым питанием? Молочная промышленность. 2022. № 3. С. 34-35.
5. Данилова Е. С., Топникова Е. В. Вопрос-ответ. О жирнокислотном составе сливочного масла. Молочная промышленность. 2022. № 8. С. 50-51.
6. Щуцкая А. В., Чеченкова Е. А. Современное состояние и перспективы развития рынка молока и молочной продукции в Российской Федерации. Проблемы развития предприятий: теория и практика. 2021. № 1-1. С. 168-172.
7. Вагачёва Н. В. Новые разработки в области сыроделия и маслоделия. Сыроделие и маслоделие. 2020. № 5. С. 30-31.
8. Топникова Е. В., Рогов Г. Н. Сыроделие и маслоделие сегодня: проблемы и возможные пути их решения. Сыроделие и маслоделие. 2022. № 4. С. 4-8.
9. Гусева Т. Б., Солдатова С. Ю., Караньян О. М. Органолептическая оценка масла сливочного. Особенности проведения и интерпретации результатов. Бюллетень науки и практики. 2020. № 9. <https://cyberleninka.ru/article/n/organolepticheskaya-otsenka-masla-slivochnogo-osobennosti-provedeniya-i-interpretatsii-rezultatov>.
10. Ryaskova A. D., Slozhenkina M. I., Bozhkova S. E., Sivko A. N., Mosolova N. I., Mishina O. Yu. The influence of plant components on physicochemical and structural-mechanical properties of curd dessert. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk, 2021. P. 32034.
11. Bozhkova S. E., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Anisimova E. Yu., Knyazhechenko O. A., Mosolova N. I., Zolotareva A. G. Enriched confectionary dairy product. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk, 2021. P. 32005.
12. Serbova T. V., Serova O. P., Bozhkova S. E., Durdyev A. K., Knyazhechenko O. A., Mosolova N. I. Studying the properties of monoingredients for stabilizing a complex whey dessert in the food industry. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Environmental Technologies and Engineering for Sustainable Development. IOP Publishing Ltd, 2022. P. 012094.

References

1. Shingareva T. I. Investigation of physico-chemical parameters of various types of cream. Let's process the milk. 2020. № 10 (252). Pp. 16-17.
2. Golubev A. A., Dunchenko N. I., Kuptsova S. V. Lush shrubs and the role of natural antioxidants in solving this problem: analysis and prospects. Dairy industry. 2024. No 1. Pp. 40-45.
3. Cardoso-Ugarte G. A., Sosa-Morales M. E. Essential Oils from Herbs and Spices as Natural Antioxidants: Diversity of Promising Food Applications in the past Decade. Taylor & Francis. 2021. Vol. 38. № S1. Pp. 403-433.
4. Mironenko O. Transition to organics: what is the world interested in healthy eating? Dairy industry. 2022. No 3. Pp. 34-35.
5. Danilova S., Topnikova Q. Question and answer. About the fatty acid composition of butter. Dairy industry. 2022. No 8. Pp. 50-51.
6. Shchutskaya A. V., Chechenkova E. A. The current state and prospects of the development of the milk and dairy products market in the Russian Federation. Problems of a developed enterprise: theory and practice. 2021. No 1-1. Pp. 168-172.
7. Vagacheva N. V. New developmentS in the fields of cheese making and butter making. Cheese and butter making. 2020. No 5. Pp. 30-31.

8. Topnikova.V., Rogov G. N. Cheese making and butter making today: problems and rich ways of their solution. Cheese and butter making. 2022. No 4. Pp. 4-8.

9. Guseva T. B., Soldatova S. Yu., Karanyan O. M. Organoleptic evaluation of butter. Peculiarities of conducting and interpreting the results. Bulletin of Science and Practice. 2020. No 9. <https://cyberleninka.ru/article/n/organolepticheskaya-otsenka-masla-slivochnogo-osobennosti-provedeniya-i-interpretatsii-rezultatov>.

10. Ryaskova A. D., Slozhenkina M. I., Bozhkova S. E., Sivko A. N., Mosolova N. I., Mishina O. Yu. The influence of plant components on physico-chemical and structural-mechanical properties of curd dessert. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk, 2021. P. 32034.

11. Bozhkova S. E., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Anisimova E. Yu., Knyazhechenko O. A., Mosolova N. I., Zolotareva A. G. Enriched confectionary dairy product. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk, 2021. P. 32005.

12. Serbova T. V., Serova O. P., Bozhkova S. E., Durdyev A. K., Knyazhechenko O. A., Mosolova N. I. Studying the properties of monoingredients for stabilizing a complex whey dessert in the food industry. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Environmental Technologies and Engineering for Sustainable Development. IOP Publishing Ltd, 2022. P. 012094.

Информация об авторах

Серова Ольга Петровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Технология пищевых производств», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28), e-mail: s_vyatka@mail.ru

Храмова Валентина Николаевна, доктор биологических наук, профессор кафедры «Технология пищевых производств», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина д. 28), e-mail: hramova_vn@mail.ru

Божкова Светлана Евгеньевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Технология пищевых производств», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28), e-mail: bozhkova@mail.ru

Жигалова Наталья Олеговна, соискатель кафедры «Технология пищевых производств», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28), e-mail: nzhigalova99@gmail.com

Author's Information

Serova Olga Petrovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), e-mail: s_vyatka@mail.ru

Khramova Valentina Nikolaevna, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), e-mail: hramova_vn@mail.ru

Bozhkova Svetlana Evgenievna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), e-mail: bozhkova@mail.ru

Zhigalova Natalya Olegovna, applicant of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), e-mail: nzhigalova99@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-49

STUDIES OF DRY GELATIN PRODUCTION USING VACUUM DRYING WITH STEP-BY-STEP HEATING

Makhambetov E. M., Voroshilin R. A., Kurbanova M. G.

*Kemerovo State University
Kemerovo, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: mahambetovem@kuzstu.ru, rom.vr.22@mail.ru, kurbanova-mg@mail.ru

Received 02.06.2024

Submitted 12.11.2024

Abstract

Problem and purpose. The purpose of this study is to study the process of obtaining dry gelatin using vacuum drying with step heating. Evaluation of the quality of the obtained dry gelatin according to its physico-chemical properties. **Methodology.** Scientific research was carried out on a vacuum dryer with step heating. To obtain reliable results of the experimental part of the work, modern equipment, generally accepted and standard research methods were used. **Results.** For the study of dry gelatin obtained on a vacuum dryer with step heating, a concentrated gelatin broth (with a mass fraction of 17% solids) obtained from chicken paws was selected. Four experiments were carried out with different end temperatures of 65, 70, 75, 80 °C. The sample obtained at 75 °C turned out to be the most optimal in terms of humidity. This sample was dried for 50 minutes at the first stage to 35 ± 1 °C with a duration of 10 minutes, at the second stage to 55 ± 1 °C with a duration of 20 minutes and a third stage up to 75 °C with a duration of 20 minutes, the humidity sensor analyzed the values every 2 seconds. After drying, powdered dry gelatin was obtained. The dependence of the drying temperature on time has received a stepwise form due to the stepwise heating mode. The first stage starts from 25 °C to 35 °C; the second stage from 35 °C to 55 °C and the third

stage from 55 °C to 75 °C. A feature of stepwise heating is its smooth transition from one stage to another. The mass of the sample first decreased in a straight line with the temperature, and after reaching a temperature of 28 °C and a mass of 1733.9 g, the mass of the material began to decrease smoothly, having the appearance of hyperbole until the end of drying. **Conclusion.** At the end of drying, we received 10.952 g. The initial mass of the product (dry gelatin) decreased by almost 183 times. After differentiating the temperature dependence graph from the drying time, a drying rate curve was obtained. In the first section of the drying rate curve, the material is heated, which leads to a gradual increase in the concentration of dry substances. This process took 4 minutes and reached a dry matter concentration of 29.16% with a temperature of 28 °C. In the second section, drying takes place at a constant speed of 0.05 kg/ (kg * s). This section lasted 9 minutes to a temperature of 35 ± 2 °C, the concentration of dry substances rose from 29.16 to 49.66%. And in the third section, the drying rate decreases to a maximum concentration of 88.78% solids and a final temperature of 75 °C.

Keywords: dry gelatin, vacuum dryers, powdered gelatin, gelatin heating.

Citation. Makhambetov E. M., Voroshilin R. A., Kurbanova M. G. Studies of dry gelatin production using vacuum drying with step-by-step heating. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 6(78). 451-461 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-06-49.

Author's contribution. All 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 no conflict of interest.

УДК 661

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУХОГО ЖЕЛАТИНА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВАКУУМНОЙ СУШКИ СО СТУПЕНЧАТЫМ НАГРЕВОМ

Махамбетов Э. М., аспирант

Ворошилин Р. А., кандидат технических наук, доцент

Курбанова М. Г., доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «Кемеровский Государственный Университет»

г. Кемерово, Российская Федерация

Актуальность. Целью данного исследования является изучение процесса получения сухого желатина с использованием вакуумной сушки со ступенчатым нагревом. Оценка качества полученного сухого желатина по физико-химическим свойствам. **Методология.** Научные исследования проводились на вакуумной сушилке со ступенчатым нагреванием. Для получения достоверных результатов экспериментальной части работы использовали современное оборудование, общепринятые и стандартные методы исследований. **Результаты.** Для исследования сухого желатина, полученного на вакуумной сушилке со ступенчатым нагреванием, был выбран концентрированный желатиновый бульон (с массовой долей сухих веществ 17%), полученных из куриных лап. Проводили четыре эксперимента с разными конечными температурами 65, 70, 75, 80 °C. Самым оптимальным по влажности получился образец, полученный при 75 °C. Данный образец сушился 50 мин. при первой ступени до 35±1 °C с продолжительностью 10 мин., на второй ступени до 55±1 °C с продолжительностью 20 мин. и третья ступень до 75 °C с продолжительностью 20 мин.), датчик влажности анализировал значения через каждые 2 секунд. После сушки получили порошкообразный сухой желатин. Зависимость температуры сушки от времени получила ступенчатую форму благодаря ступенчатому режиму нагревания. Первая ступень начинается с 25 °C до 35 °C; вторая ступень с 35 °C до 55 °C и третья ступень с 55 °C до 75 °C. Особенностью ступенчатого нагревания является его плавный переход с одной ступени до другой. Масса образца сначала уменьшалась прямолинейно температуре, а после достижения температуры 28 °C и массы 1733,9 г масса материала стала плавно уменьшаться, имея вид гиперболы до окончания сушки. **Заключение.** В конце сушки мы получили 10,952 г. Начальная масса продукта (сухого желатина) уменьшилась почти в 183 раза. После дифференцирования графика зависимости температуры от времени сушки получили кривую скорости сушки. На первом участке кривой скорости сушки происходит нагревание материала, что приводит к постепенному возрастанию концентрации сухих веществ. Данный процесс протекал 4 минуты и доходил до концентрации сухих веществ 29,16% с температурой 28 °C. На втором участке происходит сушка при постоянной скорости 0,05 кг/(кг*с). Данный участок длился 9 мин до температуры 35±2 °C, концентрация сухих веществ поднималась с 29,16 до 49,66%. И на третьем участке происходит уменьшение скорости сушки до максимального содержания концентрации сухих веществ 88,78% и конечной температуры 75 °C.

Ключевые слова: сухой желатин, вакуумные сушилки, порошкообразный желатин, нагревание желатина.

Цитирование. Махамбетов Э. М., Ворошилин Р. А., Курбанов М. Г. Исследования получения сухого желатина при использовании вакуумной сушки со ступенчатым нагревом. *Известия НВ АУК*. 2024. 6(78). 451-461. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-06-49.

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 в Российской Федерации существует программа по развитию пищевой, фармацевтической и медицинской промышленности. Основной задачей данной программы является создание современных производственных мощностей, повышение научно-технического потенциала отрасли, разработку и продвижение инновационных продуктов, стимулирование экспорта российских товаров, обеспечение доступности лекарственных средств для населения, снижение зависимости от импорта и диверсификация производства. Кроме этого, существуют задачи по увеличению выпуска продукции от отечественных промышленных предприятий, улучшению качества продукции и повышению конкурентоспособности на мировом рынке.

Желатин является одним из самых востребованных коллагенов, основным сырьем для его получения являются отходы от переработки сельскохозяйственных животных, птицы и рыбы. Использование желатина имеет огромную актуальность в фармацевтической и пищевой промышленности [1, 2].

В фармацевтике желатин используется для создания капсул, жидких препаратов, таблеток и других лекарственных форм. Капсулы из желатина позволяют удобно и безопасно принимать различные лекарственные средства. Они имеют хорошую биодоступность, легко растворяются в желудке, что обеспечивает быстрое и эффективное действие лекарства. Кроме того, желатин также используется в качестве покрытия для таблеток, что обеспечивает их сохранность и стабильность [6, 8].

В пищевой промышленности желатин применяется для создания различных продуктов. Он добавляется в мороженое, желе, мармелад, молочные продукты, конфеты, десерты, пасту, соусы и многие другие продукты. Желатин придает продуктам текстуру, упругость, структуру и связывает воду. Кроме того, использование желатина в пищевой промышленности позволяет создавать безопасные и устойчивые продукты [3, 4, 7].

При получении высокобелковых гидроколлоидов, к которым относится и желатин, одной из основных технологических операций, от которых зависит качество полученного продукта, является сушка бульона. В России существует большой спрос на желатин и его продукты, поэтому разработка эффективных методов сушки при производстве желатина имеет большое значение. Оптимизация процесса сушки может привести к снижению затрат производства и повышает конкурентоспособность российских производителей на рынке труда. Кроме этого, можно увеличить качество и безопасность продуктов. По данным в России за целый 2020 год экспортировали 426,68 тонн (3,17 млн. \$) желатина и его производных. К 2025 году планируется выпускать около 6 тыс. тонн желатина в год из полностью отечественного сырья.

Для создания новой технологии необходимо разработать и внедрить ресурс- и энергосберегающие технические решения, позволяющие интенсифицировать производство, снизить себестоимость при сохранении высокого качества готового продукта.

Таким образом, разработка новых способов и аппаратов, относящихся к производству желатина, является актуальным направлением для исследований с точки зрения как в пищевой и фармацевтической промышленности, а также в экономической эффективности.

Материалы и методы исследования. Теоретические, конструкторские, экспериментальные и лабораторные исследования проводили в ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачёв» и в ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

Проектно-конструкторские решения на кафедре «Энергоресурсосберегающих процессов в химической и нефтегазовой технологиях», в «КузГТУ». Обработка режимных параметров процесса сушки биополимеров, определение химического состава, физико-химичих, микробиологических характеристик и технологических свойств проводили в НИИ «Биотехнологии» и на кафедре «Технологии продуктов питания животного происхождения» в «КемГУ».

- При проведении исследований использовались следующие методы:
- 1) Определение температуры и влажности. Температуру и влажность измеряли с помощью датчика SHTC3, подключённого к плате Arduino.
 - 2) Определение давления. Давление измеряли с помощью манометра, установленного на вакуумном насосе типа НВПР.
 - 3) Масса сухого желатина определяли на аналитических весах GR-300.
 - 4) Органолептические показатели сухого желатина по ГОСТ 11293-2017 в виде желатинового бульона, так и в готовом порошкообразном виде.

Таблица 1 – Результаты проведения эксперимента вакуумной сушки концентратов желатинового бульона, 2024 г.

Table 1 – Results of the experiment of vacuum drying of gelatin broth concentrates, 2024

№ образца / № Sample	Объём, мл / Volume, ml	Число емкостей / Number of containers	Толщина слоя, мм / Layer thickness, mm	Температура сушки, °C / Drying temperature, °C	Продолжительность сушки, сек / Drying time, sec	Давление, кПа / Pressure, kPa	Масса высушенного образца, г / Weight of the dried sample, g	Потребление энергии, кВт*ч* / Energy consumption, kWh*	Начальное содержание сухих веществ, % / Initial dry matter content, %	Влажность материала, % / Material moisture, %		
1	400	5	1±0,5	1 ступень / step 35±1 2 ступень / step 45±1 3 ступень / step 65±1	3600	7	9,216	3,300	17	10,85		
2				1 ступень / step 35±1 2 ступень / step 50±1 3 ступень / step 70±1	3300		10,812	3,025			10,57	
3				1 ступень / step 35±1 2 ступень / step 55±1 3 ступень / step 75±1	3000		10,952	2,749				11,22
4				1 ступень / step 35±1 2 ступень / step 60±1 3 ступень / step 80±1	3300		5,064	3,025				

Результаты исследований и их обсуждение. В качестве опытного образца был взят концентрированный желатиновый бульон (с массовой долей сухих веществ 17%), полученных из куриных лап, описанным в источниках [5]. Исследуемый концентрированный желатиновый бульон помещали в пять ёмкостей размерам 470x325 мм в объёме 400 мл в каждом (в сумме 2000 мл), загружали в сушильную камеру, включали вакуумный насос и задавали давление 7 кПа. С помощью терморегулятора в сушильной камере для образца задаются 3 режима нагревания (3 ступени). Первая ступень сушки составляла 35 °С в течение 10 мин.; вторая ступень 45 °С в течение 20 мин. и третья ступень при 65 °С в течение 30 мин. При используемых температурных режимах процесс сушки длился 60 мин. После сушки образовалась равномерная пленка высушиваемого продукта, которую снимали ножом (рисунок 1), рассчитано энергопотребление, которое составило 3,3 кВт*ч. Дальше были произведены эксперименты с конечными температурами 70, 75, 80 °С. Полученные данные представлены в таблице 1.

По результатам экспериментальных данных из таблицы 4.1 получаем следующее:

1) Образец № 1 сушился 60 мин. до конечной температуры 65 °С (1 ступень - 35±1 °С с продолжительностью 10 мин.; 2 ступень - 45±1 °С с продолжительностью 20 мин.; 3 ступень - 65 °С с продолжительностью 30 мин.), датчик влажности анализировал значения через каждые 5 секунд. После сушки получили 9,216 граммов порошкообразного сухого желатина с влажностью 10,85%.

2) Образец № 2 сушился 55 мин. до температуры 70 °С (1 ступень - 35±1 °С с продолжительностью 10 мин.; 2 ступень - 50±1 °С с продолжительностью 15 мин.; 3 ступень - 70 °С с продолжительностью 30 мин.), датчик влажности анализировал значения через каждые 3 секунд. После сушки получили 10,812 грамм порошкообразного сухого желатина с влажностью 10,57%.

3) Образец № 3 сушился 50 мин. до температуры 75 °С (1 ступень - 35±1 °С с продолжительностью 10 мин.; 2 ступень - 55±1 °С с продолжительностью 20 мин.; 3 ступень - 75 °С с продолжительностью 20 мин.), датчик влажности анализировал значения через каждые 2 секунд. После сушки получили 10,952 грамм порошкообразного сухого желатина с влажностью 11,22%.

4) Образец № 4 сушился 55 мин. до конечной температуры 80 °С (1 ступень - 35±1 °С с продолжительностью 10 мин.; 2 ступень - 60±1 °С с продолжительностью 25 мин.; 3 ступень - 65 °С с продолжительностью 20 мин.), датчик влажности анализировал значения через каждые 1 секунду. После сушки получили 5,064 грамм порошкообразного сухого желатина с влажностью 9,24%. Это обусловлено тем, что желатиновый бульон перегреваются, и резко теряет влагу, в связи, с чем сильно пристывает к ёмкости для сушки, при этом происходит потери ~ 50% продукта.

Анализируя каждый образец, можно сделать вывод, что оптимальным получился образец № 3. Это обусловлено тем, что данный образец по влажности получается более близким к допусжаемому, чем остальные (разница экспериментальных данных с допусаемым: образец № 1 – 32,19%; образец № 2 – 33,94%, образец № 3 – 29,88%; образец № 4 – 42,19%), а также во время сушки установка потребляет мало энергии.

Дальше по полученным данным строятся графики зависимости влажности продукта от времени высушивания по четырем экспериментам (рисунок 1).

После выбора оптимального образца производится его анализ и расчет.

Данный график образца № 3 на рисунок 1 можно разделить на следующие участки АВ, ВС и CD. На участке АВ происходит нагревание материала до 28 °С и длится 4 мин. Участок ВС является участком сушки (I период) в котором происходит удаление свободной влаги, время I периода составило 9 мин. Точка С является точкой критической влажности ($w = 50,335\%$) и является началом участка CD. На участке CD происходит падение скорости сушки (II период), а влажность падает до достижения равновесной влажности ($w_r=11,22\%$). Время участка CD составило 36 мин.

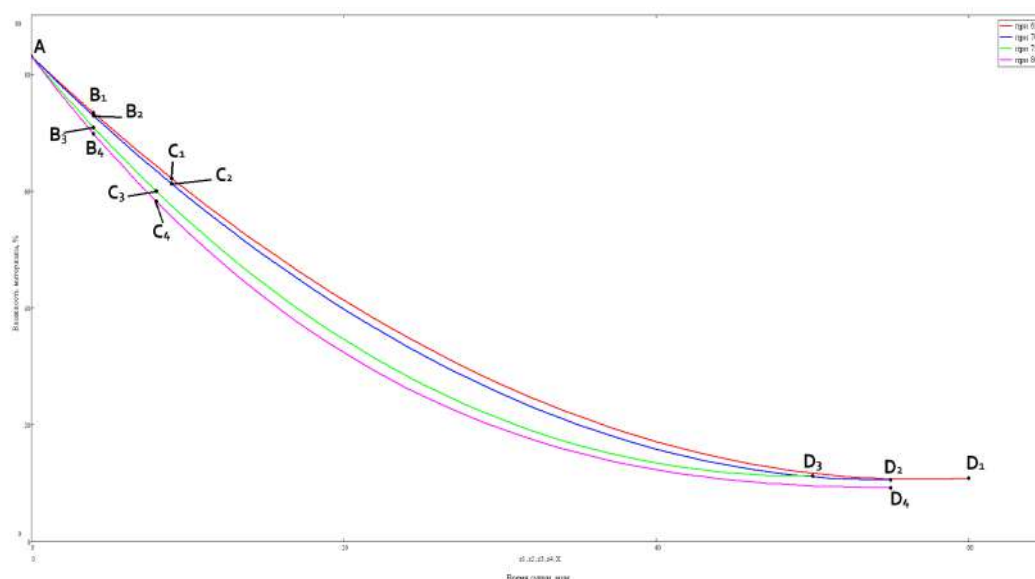


Рисунок 1 – Зависимость влажности продукта от времени высушивания вакуумной сушилки
(AB – нагревания материала; BC – сушка материала до критической влажности;
CD – падение скорости сушки)

Figure 1 – Dependence of product moisture on drying time in a vacuum dryer (AB – heating of the material;
BC – drying of the material to critical moisture; CD – drop in drying rate)

График возрастания температур показан на рисунок 2.

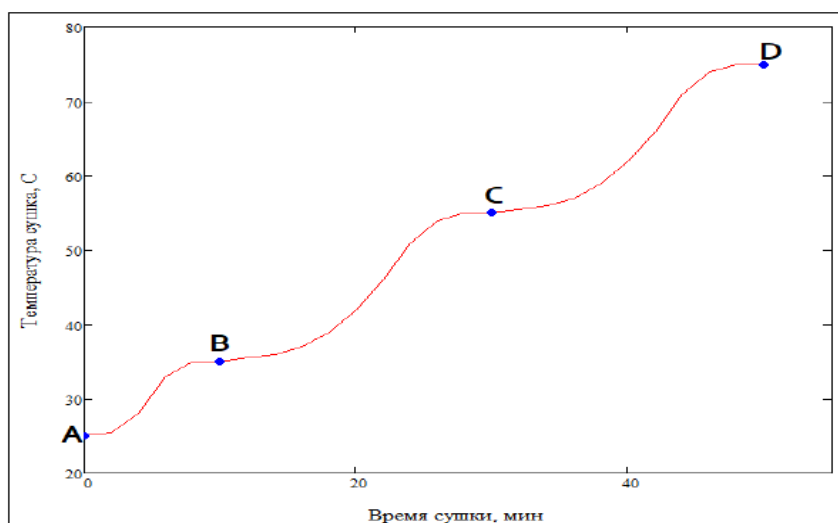


Рисунок 2 – Зависимость температуры сушки от времени высушивания вакуумной сушилки
(A – 25°C; B – 35°C; C – 55°C; D – 75°C)

Figure 2 – Dependence of drying temperature on drying time in a vacuum dryer
(A – 25°C; B – 35°C; C – 55°C; D – 75°C)

На рисунке 2 изображено, как повышалась температура в сушилке, начальная температура составляла 25 °C (комнатная температура) и конечная 75 °C. Так как в данной сушилке используется ступенчатое нагревание, то график имеет вид ступеней. Первая ступень AB начинается с 25 °C (A) до 35 °C (B); второй участок BC с 35 °C (B) до 55 °C (C) и третий участок с 55 °C (C) до 75 °C (D). После точки D процесс сушки прекращается. Особенностью ступенчатого нагревания является его плавный переход с одной ступени до другой.

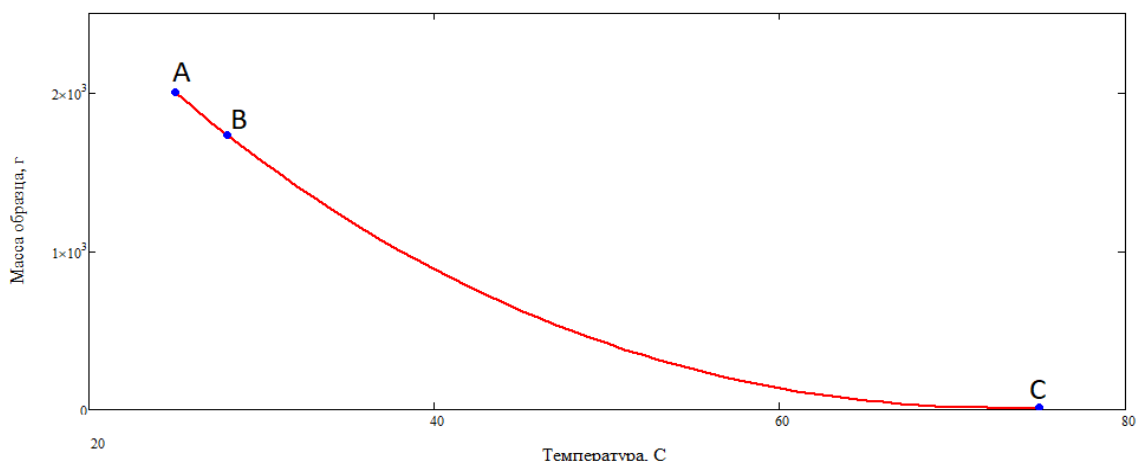


Рисунок 3 – Зависимость массы материала от температуры
(А – максимальная масса образца, 2000 г; В – масса образца, 1490 г;
С – конечная масса образца, 10,952 г)

Figure 3 – Dependence of material mass on temperature (A – maximum mass of sample, 2000 g;
B – mass of sample, 1490 g; C – final mass of sample, 10.952 g)

На рисунке 3 изображено, как уменьшается масса материала по температуре (начальная масса материала составляла 2000 г). С точки А (начальная масса концентрата желатинового бульона) до точки В материал нагревался, и масса уменьшалась прямолинейно температуре, а после точки В ($m=1733,9$ г; $t=28$ °C) масса материала плавно уменьшалась, имея вид гиперболы до окончания сушки. В конце сушки мы получили, что в точке С масса составила 10,952 г. Начальная масса продукта (сухого желатина) уменьшилась почти в 183 раза.

С помощью полученного дифференцированного уравнения получаем скорость высушивания.

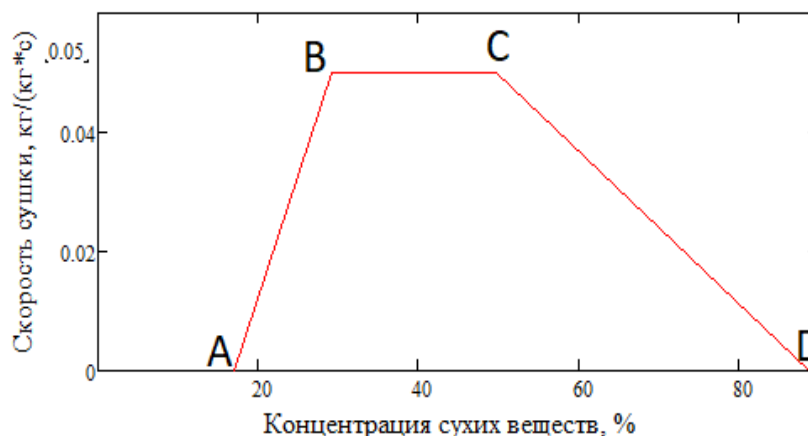


Рисунок 4 – Кривая скорости вакуумной сушки желатинового бульона в зависимости от концентрации сухих веществ

(AB – возрастание скорости сушки; BC – постоянная скорость сушки; CD – падение скорости сушки)

Figure 4 – Curve of the vacuum drying rate of gelatin broth depending on the concentration of dry substances (AB – increase in drying rate; BC – constant drying rate; CD – decrease in drying rate)

На рисунке 4 можно отметить 3 участка:

1) На участке АВ происходит нагревание материала, что приводит к постепенному возрастанию концентрации сухих веществ. Данный процесс протекал 4 минуты и доходил до концентрации сухих веществ 29,16% с температурой 28 °C.

2) На участке ВС происходит сушка при постоянной скорости 0,05 кг/(кг*с). Это обусловлено тем, что после нагревании образца скорость сушки стабилизируется и переходит в постоянный режим, а также из-за использования вакуумного метода сушки. Данный участок длился 9 мин. до температуры 35 ± 2 °С, концентрация сухих веществ поднималась с 29,16 до 49,66%.

3) На участке CD происходит уменьшение скорости сушки до максимального содержания концентрации сухих веществ 88,78% и конечной температуры 75 °С. Это обусловлено тем, что происходит уменьшение поверхности испарения и увеличение сухой поверхности материала.

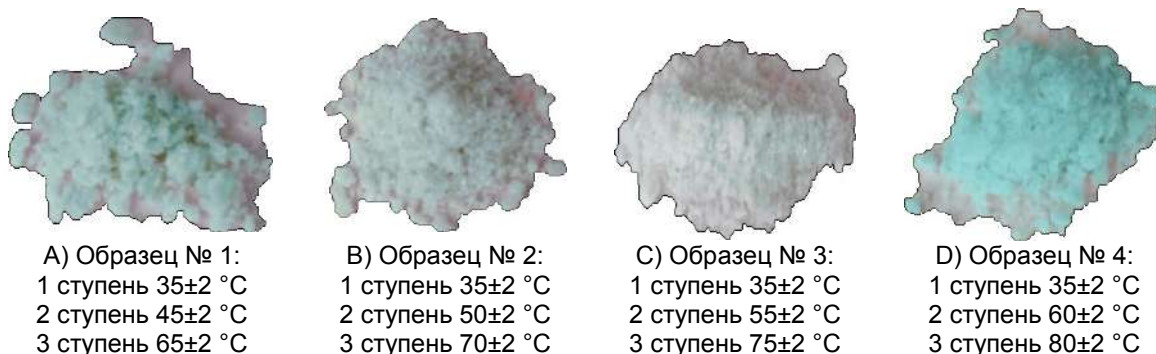


Рисунок 5 – Сухой желатин, полученный при различных температурах сушки
Figure 5 – Dry gelatin obtained at different drying temperatures

Делая вывод по полученному продукту (рисунок 5), можно сказать, что из всех образцов оптимальными образцами является В и С, так как образцы имеют рассыпчатую структуру и подходящую влажность (образец В при 70 °С – 10,87%; образец С при 75 °С – 11,22%) для данной категории продуктов.

После проведения всех исследований желатина произвели сравнение с ГОСТом в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение технических характеристик желатина
Table 2 – Comparison of technical characteristics of gelatin

Наименование показателя / Name of the indicator	Вакуумная сушилка / Vacuum Dryer	ГОСТ 11293-2017 Марка П-280 / GOST 11293-2017 Grade P-280
1	2	3
Внешний вид / Appearance	Порошок / Powder	Гранулы, крупинки, пластинки, порошок, хлопья, чешуйки / Granules, grains, plates, powder, flakes
Цвет / Color	светло-желтый / Light yellow	От светло-желтого до желтого / Light yellow to yellow
Запах / Smell	без запаха / Inodorous	Без постороннего запаха / No foreign odor
Вкус / Taste	Без постороннего привкуса / No foreign taste	Пресный. Без постороннего привкуса / Unleavened. No foreign taste
Размер частиц, мм / Particle size, mm	1-10	10
Массовая доля частиц с размером менее 0,5 мм, % / Mass fraction of particles with a size of less than 0.5 mm, %	9	не более 30 / no more than 30
Продолжительность растворения, мин / Dissolution time, min	5	не более 25 / no more than 25
Показатель активности водород- ных ионов 6,67%-ного раствора желатина, pH / Activity index of hydrogen ions of 6.67% gelatin so- lution, pH	6,8	5-7

Окончание таблицы 2

1	2	3
Массовая доля влаги, % / Mass fraction of moisture, %	11,22	16
Прочность студня по Блюму / Strength of jelly according to Blum	291	280
Динамическая вязкость 6,67%-ного раствора желатина, мПа·с / Dynamic viscosity of 6.67% gelatin solution, mPa·s	3,5	3
Температура плавления студня 10%-ного раствора желатина, °C / Melting point of jelly of 10% gelatin solution, °C	31	32
Прозрачность 6,67%-ного раствора желатина, % / Transparency of 6.67% gelatin solution, %	75	не менее 70 / not less than 70

Закключение. После сушки было получено 10,952 грамм порошкообразного сухого желатина с влажностью 11,22%. Полученный график зависимость влажности продукта от времени разделялся на три участка. На первом участке происходило нагревание материала до 28 °C и длилось 4 мин. Второй участок является участком сушки (I период), в котором происходит удаление свободной влаги, время I периода составило 9 мин., а конец второго участка является точкой критической влажности и составляло 50,335 %. На третьем участке происходило падение скорости сушки (II период) и длился 36 мин, а влажность падает до достижения равновесной влажности и составляло 11,22%. Зависимость температуры сушки от времени получила ступенчатую форму благодаря ступенчатому режиму нагревания. Первая ступень начинается с 25 °C до 35 °C; вторая ступень с 35 °C до 55 °C и третья ступень с 55 °C до 75 °C. Особенностью ступенчатого нагревания является его плавный переход с одной ступени до другой. Масса образца сначала уменьшалась прямолинейно температуре, а после достижения температуры 28 °C и массы 1733,9 г масса материала стала плавно уменьшаться, имея вид гиперболы до окончания сушки. В конце сушки мы получили 10,952 г. Начальная масса продукта (сухого желатина) уменьшилась почти в 183 раза. После дифференцирования графика зависимости температуры от времени сушки получали кривую скорости сушки. На первом участке кривой скорости сушки происходит нагревание материала, что приводит к постепенному возрастанию концентрации сухих веществ. Данный процесс протекал 4 минуты и доходил до концентрации сухих веществ 29,16% с температурой 28 °C. На втором участке происходит сушка при постоянной скорости 0,05 кг/(кг*с). Это обусловлено тем, что после нагревании образца скорость сушки стабилизируется и переходит в постоянный режим, а также из-за использования вакуумного метода сушки. Данный участок длился 9 мин до температуры 35±2 °C, концентрация сухих веществ поднималась с 29,16 до 49,66%. И на третьем участке происходит уменьшение скорости сушки до максимального содержания концентрации сухих веществ 88,78% и конечной температуры 75 °C.

Conclusions. After drying, 10.952 grams of powdered dry gelatin with a humidity of 11.22% were obtained. The obtained graph of the dependence of the product humidity on time was divided into three sections. In the first section, the material was heated to 28 °C and lasted 4 minutes. The second section is the drying section (period I), in which free moisture is removed, the time of period I was 9 minutes, and the end of the second section is the point of critical humidity and was 50.335%. In the third section, there was a decrease in the drying rate (period II) and lasted 36 minutes, and the humidity dropped until the equilibrium humidity was reached and was 11.22%. The dependence of the drying temperature on time received a stepwise shape due to the step heating mode. The first stage starts from 25 °C to 35 °C; the second stage from 35 °C to 55 °C and the third stage from 55 °C to 75 °C. The peculiarity of step heating is its smooth transition from one step to another. The sample mass initially decreased linearly with temperature, and after reaching a temperature of 28 °C and a mass of 1733.9 g, the mass of the material began to decrease smoothly, having the form of a hyperbola until the end of drying. At the end of drying, we obtained 10.952 g. The initial mass of the product (dry gelatin) decreased almost 183 times. After differentiating the graph of temperature dependence on drying time, we obtained a drying rate curve. In the first section of the drying rate curve, the materi-

al is heated, which leads to a gradual increase in the concentration of dry substances. This process lasted 4 minutes and reached a dry substance concentration of 29.16% with a temperature of 28 °C. In the second section, drying occurs at a constant speed of 0.05 kg / (kg * s). This is due to the fact that after heating the sample, the drying rate stabilizes and goes into a constant mode, as well as due to the use of a vacuum drying method. This section lasted 9 minutes until the temperature reached 35±2 °C, the concentration of dry substances increased from 29.16 to 49.66%. And in the third section, the drying rate decreased until the maximum content of dry substances concentration reached 88.78% and the final temperature reached 75 °C.

Библиографический список

1. Брюханов М. А. Разработка технологии вакуумной сушки полутвердых сыров с различными способами подвода теплоты. Москва, 2022. 151 с.
2. Дяченко Н. П. и др. Исследование интенсивности конвективной пеносушки желатинового бульона из отходов переработки рыб частиковых пород. Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 1. С. 136-142.
3. Савенков Д. Н. и др. Инфракрасная сушка с применением конвекционно-вакуумной технологии для высушивания продуктов растительного происхождения. Инженерный вестник Дона. 2021. № 11. 12 с. http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_37__10_Savenkov_Sherbakov.pdf_7be95a2d66.pdf.
4. Chen J., Zhang M., Xu B., Sun J., Mujumdar A. S. Artificial intelligence assisted technologies for controlling the drying of fruits and vegetables using physical fields: a review. Trends in Food Science and Technology. 2020. V. 105. Pp. 251-260. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.015>.
5. Duthen S., Levasseur-Garcia C., Kleiber D., Violleau F., Vaca-Garcia C., Tsuchikawa S., Daydé J. Using near-infrared spectroscopy to determine moisture content, gel strength, and viscosity of gelatin. Food Hydrocolloids. 2021. V. 115. Pp. 2-6. <https://www.sci-hub.ru/10.1016/j.foodhyd.2021.106627>.
6. Monteiro R. L., et al. Microwave vacuum drying and multi-flash drying of pumpkin slices. Journal of Food Engineering. 2018. V. 232. Pp. 1-10. https://www.researchgate.net/publication/323909089_Microwave_vacuum_drying_and_multiflash_drying_of_pumpkin_slices.
7. Mohammed Asif Ahmed et al. Extraction and characterization of gelatin from camel skin (potential halal gelatin) and production of gelatin nanoparticles. Saudi Journal of Biological Sciences. 2020. V. 27. <https://www.sci-hub.ru/10.1016/j.sjbs.2020.03.022>.
8. Omar W. H. W., Sarbon N. Mhd Effect of drying method on functional properties and antioxidant activities of chicken skin gelatin hydrolysate. Journal of Food Science and Technology Mysore. 2016. https://www.researchgate.net/publication/310393555_Effect_of_drying_method_on_functional_properties_and_antioxidant_activities_of_chicken_skin_gelatin_hydrolysate
9. Puschner P., et al. Microwave vacuum drying of fruits & vegetables. Stewart Postharvest Review. 2006. № 2 (6). Pp. 1-7. https://www.researchgate.net/publication/233657717_Microwave_drying_of_fruits_and_vegetables.
10. Putranto A., Chen X. D. Vacuum drying of food materials modeled and explored using the reaction engineering approach (rea) framework. Drying technology. 2021. № 40. Pp. 1-9. https://www.researchgate.net/publication/349984620_Vacuum_drying_of_food_materials_modeled_and_explored_using_the_reaction_engineering_approach_REA_framework.
11. Ustinova M. E., Yashonkov A. A. Experimental studies into the kinetics of the process of vacuum drying of carrot chips. Agricultural and Food Sciences. 2021. <https://www.semanticscholar.org/paper/Experimental-studies-into-the-kinetics-of-the-of-Ustinova-Yashonkov/c9aca2fe7706a4e44fd8708bab11e1cfb645dcdc>.
12. Xin Feng, et al. Effect of drying methods on the solubility and amphiphilicity of room temperature soluble gelatin extracted by microwave-rapid freezing-thawing coupling. Food Chemistry. 2021.

References

1. Bryukhanov M. A. Development of vacuum drying technology for semi-hard cheeses with various methods of heat supply. Moscow, 2022. 151 p.
2. Study of the intensity of convective foam drying of gelatin broth from particulate fish processing waste. Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Fishery. 2019. № 1. Pp. 136-142.
3. Savenkov D. N. et al. Infrared drying with the use of convection-vacuum technology for drying plant products. Engineering Bulletin of the Don. 2021. № 11. 12 p. http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_37__10_Savenkov_Sherbakov.pdf_7be95a2d66.pdf.
4. Chen J., Zhang M., Xu B., Sun J., Mujumdar A. S. Artificial intelligence assisted technologies for controlling the drying of fruits and vegetables using physical fields: a review. Trends in Food Science and Technology. 2020. V. 105. Pp. 251-260. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.015>.
5. Duthen S., Levasseur-Garcia C., Kleiber D., Violleau F., Vaca-Garcia C., Tsuchikawa S., Daydé J. Using near-infrared spectroscopy to determine moisture content, gel strength, and viscosity of gelatin. Food Hydrocolloids. 2021. V. 115. Pp. 2-6. <https://www.sci-hub.ru/10.1016/j.foodhyd.2021.106627>.
6. Monteiro R. L., et al. Microwave vacuum drying and multi-flash drying of pumpkin slices. Journal of Food Engineering. 2018. V. 232. Pp. 1-10. https://www.researchgate.net/publication/323909089_Microwave_vacuum_drying_and_multiflash_drying_of_pumpkin_slices.
7. Mohammed Asif Ahmed et al. Extraction and characterization of gelatin from camel skin (potential halal gelatin) and production of gelatin nanoparticles. Saudi Journal of Biological Sciences. 2020. V. 27. <https://www.sci-hub.ru/10.1016/j.sjbs.2020.03.022>.

8. Omar W. H. W., Sarbon N. Mhd Effect of drying method on functional properties and antioxidant activities of chicken skin gelatin hydrolysate. Journal of Food Science and Technology Mysore. 2016. https://www.researchgate.net/publication/310393555_Effect_of_drying_method_on_functional_properties_and_antioxidant_activities_of_chicken_skin_gelatin_hydrolysate
9. Puschner P., et al. Microwave vacuum drying of fruits & vegetables. Stewart Postharvest Review. 2006. № 2 (6). Pp. 1-7. https://www.researchgate.net/publication/233657717_Microwave_drying_of_fruits_and_vegetables.
10. Putranto A., Chen X. D. Vacuum drying of food materials modeled and explored using the reaction engineering approach (rea) framework. Drying technology. 2021. № 40. Pp. 1-9. https://www.researchgate.net/publication/349984620_Vacuum_drying_of_food_materials_modeled_and_explored_using_the_reaction_engineering_approach_REA_framework.
11. Ustinova M. E., Yashonkov A. A. Experimental studies into the kinetics of the process of vacuum drying of carrot chips. Agricultural and Food Sciences. 2021. <https://www.semanticscholar.org/paper/Experimental-studies-into-the-kinetics-of-the-of-Ustinova-Yashonkov/c9aca2fe7706a4e44fd8708bab11e1cfb645dcdc>.
12. Xin Feng, et al. Effect of drying methods on the solubility and amphiphilicity of room temperature soluble gelatin extracted by microwave-rapid freezing-thawing coupling. Food Chemistry. 2021.

Информация об авторах

Махамбетов Эдуард Муратович, аспирант, Кемеровский государственный университет (Российская Федерация, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6), e-mail: mahambetovem@kuzstu.ru

Ворошилин Роман Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, Кемеровский государственный университет (Российская Федерация, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6), e-mail: rom.vr.22@mail.ru.

Курбанова Марина Геннадьевна, доктор технических наук, профессор, Кемеровский государственный университет (Российская Федерация, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6), e-mail: kurbanova-mg@mail.ru.

Author's Information

Makhambetov Eduard Muratovich, PhD student, Kemerovo State University (Russian Federation, 650000, Kemerovo, Krasnaya str., 6), e-mail: mahambetovem@kuzstu.ru

Voroshilin Roman Alekseevich, Candidate of Engineering Sciences, Kemerovo State University (Russian Federation, 650000, Kemerovo, Krasnaya str., 6), e-mail: rom.vr.22@mail.ru

Kurbanova Marina Gennadievna, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Kemerovo State University, (Russian Federation, 650000, Kemerovo, Krasnaya str., 6), e-mail: kurbanova-mg@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

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

Кулик К. Н., Истомин С. А., Лебедева Т. Н. Агроклиматические условия Калачской возвышенности в пределах Волгоградской области Kulik K. N., Istomin S. A., Lebedeva T. N. Agroclimatic conditions of the Kalachskaya Upland within the Volgograd region.....	13
Тютюма Н. В., Тютюма А. В., Бондаренко А. Н. Экологическая устойчивость сортов картофеля различного географического происхождения, возделываемых на светло-каштановых почвах Северо-Западного Прикаспия Tyutyuma N. V., Tyutyuma A. V., Bondarenko A. N. Ecological stability of potato varieties of different geographical origin cultivated on light chestnut soils of the north-western Caspian region.....	24
Бабичев А. Н., Балакай Г. Т., Бабенко А. А., Долгов В. Ю. Водопотребление виноградников в период вступления в плодоношение при поливе системами капельного орошения в условиях Крыма Babichev A. N., Balakay G. T., Babenko A. A., Dolgov V. Yu. Water consumption of vineyards during the period of fruiting with irrigation by drip irrigation systems in the Crimea.....	33
Беляев А. И., Петров Н. Ю., Солодовников А. П., Петров Ю. Н., Беляев И. А., Горбачева А. С., Воронов С. И., Воронин С. М. Мелиоративное состояние ячменного поля на юге России Belyaev A. I., Petrov N. Yu., Solodovnikov A. P., Petrov Yu. N., Belyaev I. A. Gorbacheva A. S., Voronov S. I., Voronin S. M. Reclamation state of a barley field in the south of Russia.....	41
Воронина В. П., Курапина Н. В., Медведицкова О. Н. Ландшафтный подход в озеленении зон активного отдыха в городских парках Voronina V. P., Kurapina N. V., Medveditskova O. N. Landscape approach in landscaping of active recreation areas in urban parks.....	47
Кадралиев Д. С., Ряднов А. И., Егорова Г. С., Лепихов Е. А. Использование перспективных сортов огурца для повышения эффективности его выращивания в открытом грунте Kadraliev D. S., Ryadnov A. I., Egorova G. S., Lepikhov E. A. Using promising cucumber varieties to improve the efficiency of its cultivation in open ground.....	64
Калмыкова Е. В., Петров Н. Ю., Кузьмин П. А., Крылов П. А., Мельник К. А. Сравнительный анализ изменчивости морфометрических параметров видов и форм рода <i>Robinia</i> Kalmykova E. V., Petrov N. Yu., Kuzmin P. A., Krylov P. A., Melnik K. A. Comparative analysis of variability of morphometric parameters of species and forms of genus <i>Robinia</i>	71
Кониева Г. Н., Бадмаева К. Е., Петров Н. Ю., Батыров В. А., Павлова Н. Ц. Влияние климатических изменений на динамику пастбищной растительности сухостепной зоны Калмыкии Konieva G. N., Badmaeva K. E., Petrov N. Y., Batyrov V. A., Pavlova N. Ts. Impact of climate change on the dynamics of pasture vegetation in the dry-steppe zone of Kalmykia.....	78
Кулик Д. К., Головатюк О. В. Влияние различного ботанического состава и норм высева бобово-мятликовых травосмесей на качество кормов и их использование в условиях орошаемого земледелия Нижнего Поволжья Kulik D. K., Golovatyuk O. V. The influence of different botanical composition and seeding rates of legume-bluegrass grass mixtures on the quality of fodder and their use in the conditions of irrigated agriculture of the Lower Volga region.....	87

Семененко С. Я., Гуренко В. М., Лытов М. Н. Агроэкологическая оценка адаптивного потенциала белых винных сортов винограда в условиях резко континентального климата Нижнего Поволжья Semenenko S. Ya., Gurenko V. M., Lytov M. N. Agroecological assessment of the adaptive potential of white wine grape varieties in the sharply continental climate of the Lower Volga region.....	99
Ходяков Е. А., Кузнецов Ю. В., Кусайко А. С., Бондаренко К. В. Анализ данных спутниковых и полевых наблюдений за динамикой формирования урожая хлопчатника при поливе дождеванием Khodyakov E. A., Kuznetsov Y. V., Kusaiko A. S., Bondarenko K. V. Analysis of satellite and field observations on the dynamics of cotton crop formation using sprinkling irrigation.....	111
Абазов А. Х., Абидова Г. Х., Сарбашева А. И., Бугов Р. Р., Хуранов М. М. Экологическое сортоиспытание новых гибридов картофеля в условиях горной зоны КБР Abazov A. H., Abidova G. H., Sarbasheva A. I., Bugov R. R., Khuranov M. M. Ecological variety testing of new potato hybrids in the conditions of the mountainous zone of the KBR.....	123
Аминова Е. В., Мережко О. Е., Фомин С. Д., Воронов С. И. Фенотипическая изменчивость некоторых морфобиологических признаков смородины золотистой (<i>Ribes aureum</i> Pursh) в условиях Оренбургской области Aminova E. V., Merezko O. E., Fomin S. D., Voronov S. I. Phenotypic variability of some morphobiological traits of golden currant (<i>Ribes aureum</i> Pursh) in the conditions of the Orenburg region.....	132
Гулин А. В., Мачулкина В. А., Кигапшаева О. П., Джабраилова В. Ю., Костенко А. Н. Сорт, степень зрелости и продолжительность хранения плодов томата в естественных условиях хранения Gulin A. V., Machulkina V. A., Kigashpaeva O. P., Dzhabrailova V. Yu., Kostenko A. N. Variety, degree of ripeness and duration of storage of tomato fruits in natural storage conditions.....	142
Гуренко В. М., Лытов М. Н., Семененко С. Я. Обоснование элементов технологии интенсивного питомника винограда для засушливых условий Нижнего Поволжья Gurenko V. M., Lytov M. N., Semenenko S. Ya. Substantiation of the elements of intensive grape nursery technology for the arid conditions of the Lower Volga region.....	151
Кигапшаева О. П., Гулин А. В., Мачулкина В. А., Джабраилова В. Ю., Муканов М. В. Выращивание оригинальных сортов томата экономически выгодно Kigashpaeva O. P., Gulin A. V., Machulkina V. A., Dzhabrailova V. Yu., Mukanov M. V. Growing original tomato varieties is economically profitable.....	163
Мудрых Н. М., Акентьева Т. А., Жакова С. Н. Оценка действия азометина на проростки яровой пшеницы Mudrykh N. M., Akent'eva T. A., Zhakova S. N. Assessment of the effect of azomethine on spring wheat seedlings.....	170
Ракутько Е. Н., Ракутько С. А. Стабильность развития растений свеклы как показатель направленного антропогенного воздействия в органическом севообороте Rakutko E. N., Rakutko S. A. The stability of beet plant development as an indicator of directed anthropogenic impact in organic crop rotation.....	177
Матвеева Н. В., Бахметова М. В. Технохимическая характеристика и вкусо-ароматические особенности вин из винограда сорта Ркацители в условиях Нижнего Придонья Matveeva N. V., Bakhmetova M. V. Techno-chemical characteristics and taste-aromatic features of Rkatsiteli variety wines in the conditions of the lower Don region.....	191

- Бисалиев А. А., Плескачев Ю. Н., Айтпаева А. А., Воронов С. И., Бабакова А. С.**
Монокультура картофеля как фактор деградации почвенного плодородия в регионе
Bisaliyev A. A., Pleskachev Yu. N., Aitpaeva A. A., Voronov S. I., Babakova A. S.
Potato mono culture as a factor of soil fertility degradation in the region..... 198

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ / ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

- Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Крючкова В. В., Ткаченкова Н. А., Воронцова Е. С., Мосолова Е. А.**
Адаптация системы ISO 22000:2007 (ХАССП) в производстве козьего сыра, обогащенного белковым концентратом
Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Kryuchkova V. V., Tkachenkova N. A., Vorontsova E. S., Mosolova E. A.
Adaptation of the ISO 22000:2007 system (HACCP) in the production of goat cheese enriched with protein concentrate..... 205
- Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Кудряшова О. В., Антипова Т. А., Воронцова Е. С., Пузанкова В. А., Мосолова Н. И., Брехова С. А.**
Продуктивные качества коров разных сроков лактации в условиях промышленных технологий
Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Kudryashova O. V., Antipova T. A., Vorontsova E. S., Puzankova V. A., Mosolova N. I., Brekhova S. A.
Productive qualities of cows of different lactation periods in the conditions of industrial technologies..... 214
- Кузьмина Е. В., Семенов М. П., Долгов Е. П., Абрамов А. А.**
Гематологические показатели лабораторных животных при использовании препарата ревинорм в условиях острого гипертермизирования
Kuzminova E. V., Semenenko M. P., Dolgov E. P., Abramov A. A.
Hematological indices of laboratory animals using revinorm drug under conditions of acute hyperthermia..... 222
- Ранделин Д. А., Агапова В. Н., Воронцова Е. С., Кравченко Ю. В., Липова Е. А., Брюхно О. Ю., Агапов С. Ю., Чирсков М. А.**
Применение концентрата молочного альбумина в кормлении молоди осетровых рыб
Randelin D. A., Agapova V. N., Vorontsova E. S., Kravchenko Yu. V., Lipova E. A., Bryukhno O. Yu., Agapov S. Yu., Chirskov M. A.
The use of milk albumin concentrate in feeding juvenile sturgeon fish..... 230
- Абрамов С. В., Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Комарова З. Б., Рудковская А. В., Струк Е. А.**
Потенциал применения пребиотических кормовых добавок для активизации метаболизма корма в организме племенных кур
Abramov S. V., Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Komarova Z. B., Rudkovskaya A. V., Struk E. A.
The potential of prebiotic feed additives to enhance feed metabolism in the body of breeding chickens..... 237
- Агапова В. Н.**
Влияние белкового сырья микробного синтеза (гаприн) на химический состав мышечной ткани тилапии
Agapova V. N.
The effect of protein raw materials of microbial synthesis (gaprin) on the chemical composition of tilapia muscle tissue..... 248
- Аринжанова М. С., Мирошников И. С., Рязанов В. А., Соболева Н. В.**
Применение магния в кормлении сельскохозяйственных животных и птиц (обзор)
Arinzhanova M. S., Miroshnikov I. S., Ryazanov V. A., Soboleva N. V.
The use of magnesium in feeding farm animals and poultry (review)..... 255
- Злепкина Н. А., Соломатин В. В., Злепкин В. А., Ряднов А. А., Авоян И. А.**
Влияние ферментно-пробиотического препарата и минеральной добавки на гематологические показатели свиноматок
Zlepkin N. A., Solomatina V. V., Zlepkin V. A., Ryadnov A. A., Avojan I. A.
The effect of an enzyme-probiotic preparation and a mineral supplement on the hematological parameters of sows..... 265

Куликов В. Н., Лоенко Н. Н., Кровина Е. В., Косовский Г. Ю. Применение сухого пальмового жира в рационах самок норок в период лактации Kulikov V. N., Loenko N. N., Krovina E. V., Kosovsky G. Yu. The use of dry palm oil in the diets of female minks during lactation.....	271
Лавриненко К. В., Кошаев И. А., Сергеева Е. С., Рядинская А. А., Ордина Н. Б. Кормовая лецитинсодержащая добавка в рационах цыплят-бройлеров Lavrinenko K. V., Kosheev I. A., Sergeeva E. S., Ryadinskaya A. A., Ordina N. B. Feed lecithin-containing additive in the diets of broiler chickens	277
Доскач Е. С., Карапетян А. К., Николаев С. И., Чехранова С. В., Даниленко И. Ю., Шкаленко В. В., Воронцова Е. С., Морозова Е. А., Баймишев Р. Х. Эффективность использования амарантового жмыха в составе комбикормов для молодняка кур Doskach E. S., Karapetyan A. K., Nikolaev S. I., Chehranova S. V., Danilenko I. Y., Shkalenko V. V., Vorontsova E. S., Morozova E. A., Baymishev R. H. The efficiency of using amaranth cake as part of compound feeds for young chickens.....	286
Кутузова А. В., Карапетян А. К., Николаев С. И., Шкаленко В. В., Чехранова С. В., Даниленко И. Ю., Воронцова Е. С., Морозова Е. А., Баймишев Р. Х. Применение амарантового жмыха в рационах молодняка свиней Kutuzova A. V., Karapetyan A. K., Nikolaev S. I., Shkalenko V. V., Chehranova S. V., Danilenko I. Y., Vorontsova E. S., Morozova E. A., Baymishev R. H. The use of amaranth cake in the diets of young pigs.....	294
АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES	
Брюханов А. Ю., Васильев Э. В., Папушин Э. А., Максимов Д. А., Шалавина Е. В., Матейчик С. Н. Цифровой инструмент для определения выбросов метана от систем сбора и хранения навоза дифференцированным внесением гербицидов Briukhanov A. Yu., Vasilev E. V., Papushin E. A., Maksimov D. A., Shalavina E. V., Mateichik S. N. Digital tool for determining methane emissions from manure collection and storage systems.....	303
Новиков А. Е., Дубенок Н. Н., Торопов А. Ю. Водоподготовка на природных модифицированных загрузках для систем прецизионного орошения Novikov A. E. Dubenok N. N., Toropov A. Yu. Water treatment based on natural modified loading for precision irrigation systems.....	311
Дегтярев Г. В., Дегтярева О. Г., Николов О. О., Дегтярев В. Г. Исследование вертикальной скорости в гидроциклоне-осветлителе оросительной воды Degtyarev G. V., Degtyareva O. G., Nikolov O. O., Degtyarev V. G. Investigation of vertical velocity in a hydrocyclone clarifier of the irrigation water.....	321
Лимаренко Н. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Митрохин С. В., Баринаева Е. В., Одинокоева А. П. Оптимизация параметров обеззараживания бесподстильного навоза при его утилизации Limarenko N. V., Uspensky I. A., Yukhin I. A., Mitrokhin S. V., Barinova E. V. Odinkova A. P. Optimization of litterless manure disinfection parameters during its disposal.....	331
Мещеряков М. П., Фомин С. Д., Тронева С. В., Кузнецова Н. В., Мещерякова Е. Г. Эффективность применения кавитационно-сорбционной технологии обработки животноводческих стоков Mescheryakov M. P., Fomin S. D., Tronev S. V., Kuznetsova N. V., Mescheryakova E. G. The efficiency of cavitation-sorption technology for treatment of livestock wastewater.....	340
Ряднов А. И., Федорова О. А., Шарипов Р. В., Байкеева С. Х. Концептуальные положения технологии подготовки семян джугуна безлистного к посеву на основе использования автоматизированной технологической линии Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Sharipov R. V., Baykeeva S. H. Conceptual provisions of the technology of preparing leafless juzgun seeds for sowing based on the use of an automated processing line.....	348

Эвиев В. А., Воронин С. М., Курепина Н. Л., Оконов М. М., Юдаев И. В. Проблемы автономных ветроэлектростанций и пути их преодоления Eviev V. A., Voronin S. M., Kurepina N. L., Okonov M. M., Yudaev I. V. Problems of autonomous wind power plants and ways to overcome them.....	356
Бубер А. А., Лытов М. Н., Меньшикова С. А. Концептуальные подходы к проектированию комплексных мелиораций на уровне агро- и микроагроландшафтов Buber A. A., Lytov M. N., Menshikova S. A. Conceptual approaches to the design of complex land reclamation at the level of agro- and microagrolandscapes.....	367
Козинская О. В., Бочарников, С. В., Бочарникова О. В., Григоров С. М. Мониторинг давления воды в оросительных трубопроводах как инструмент управления качеством полива широкозахватной дождевальная машиной BAUER Kozinskaya O. V. Bocharnikov V. S., Bocharnikova O. V., Grigorov S. M. Monitoring of water pressure in irrigation pipelines as a tool for BAUER wide-catch sprinkler machine quality management.....	376
Майер А. В., Пенькова Р. А. Система орошения с функцией обогащения поливной воды углекислым газом и жидкими удобрениями Mayer A. V., Penkova R. I. Irrigation system with the function of enriching irrigation water with carbon dioxide and liquid fertilizers.....	384
Нехорошев Д. Д., Нехорошев Н. Д., Нехорошев Д. А., Эвиев В. А., Воронин С. М. Расширение функциональных возможностей упругого элемента в конструкции планетарной муфты сцепления Nekhoroshev D. D., Nekhoroshev N. D., Nekhoroshev D. A., Evie V. A., Voronin S. M. Expansion of the functionality of the elastic element in the design of the planetary clutch.....	392
Аммосов И. Н., Дондоков Ю. Ж., Дринча В. М., Борисенко И. Б., Ямпиллов С. С. Технологическое обоснование сушки зерна аэрированием Ammosov I. N., Dondokov Y. Z., Drincha V. M., Borisenko I. B., Jampilov S. S. Technological substantiation of grain drying by aeration.....	399
Аникеев С. В., Коннов И. О., Богданов С. И. Оценка потенциала ветровой энергии в районах Волгоградской области для развития ветроэнергетики малой мощности Anikeev S. V., Konnov I. O., Bogdanov S. I. Assessment of the potential of wind energy in the districts of the Volgograd region for the development of low-power wind energy.....	412
Бражник Е. А., Биконя С. Н., Лаптев Г. Ю., Кочеткова О. В. Разработка экспертной системы выбора консервантов для силосования Brazhnik E. A., Bikonya S. N., Laptev G. Yu. Kochetkova O. V. Development of an expert system for the selecting of preservatives for silage.....	422
Божкова С. Е., Храмова В. Н., Жигалова Н. О., Лубчинский К. А. Анализ эффективности применения новых решений продовольственного машиностроения в мясной промышленности. Bozhkova S. E., Khramova V. N., Zhigalova N. O., Lubchinsky K. A. Analysis of the effectiveness of new food engineering solutions in the meat industry.....	432
Серова О. П., Храмова В. Н., Божкова С. Е., Жигалова Н. О. Взбитый сливочно-растительный продукт со сбалансированным жирнокислотным составом Serova O. P., Khramova V. N., Bozhkova S. E., Zhigalova N. O. Whipped creamy vegetable product with a balanced fatty acid composition.....	442

Махамбетов Э. М., Ворошилин Р. А., Курбанов М. Г.

Исследования получения сухого желатина при использовании вакуумной сушки со ступенчатым нагревом

Makhambetov E. M., Voroshilin R. A., Kurbanova M. G.

Studies of dry gelatin production using vacuum drying with step-by-step heating..... 451

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS 462

**ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ
НАУЧНЫХ СТАТЕЙ 2024**

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. Стиль 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, контактные телефоны, почтовый и электронный адрес.

Авторы должны раскрывать в своей рукописи любой финансовый или какой-либо другой существенный конфликт интересов, который мог бы быть истолкован 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 АНРИ (Ассоциацией научных редакторов и издателей) международным стандартом Vancouver Style (образец – на сайте).

**RULES OF DIRECTION, REVIEW AND PUBLICATION
OF SCIENTIFIC ARTICLES 2024**

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 № 6 (78), 2024**

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 28.12.2024.
Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 340.
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 № 6 (78), 2024**

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 28.12.2024.
Edition 1000 (first factory 100). Order 340.
Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»
400002, Volgograd, University Avenue, 26.

Free price