

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 5 (77), 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

№ 5 (77), 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****№ 5 (77), 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
Volgograd state
agrarian university**ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485****№ 5 (77), 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**№ 5 (77), 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**№ 5 (77), 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
<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.cnshb.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 (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 (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 (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 (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

Сложеникина 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

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

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, Ryazan State Agrotechnological University

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

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

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

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

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

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

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

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

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, ФНИЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН

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" RAS

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

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

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: 10.32786/2071-9485-2024-05-01

RECLAMATION MEASURES IN ONION CROPS OF THE SOUTHERN REGION¹Belyaev A. I., ²Petrov N. Yu., ²Kuznetsov Yu. V., ¹Petrov Yu. N., ²Ivanov V. A.¹*Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences*²*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: npetrov60@list.ru

Received 01.08.2024

Submitted 01.10.2024

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. Any farming system provides, along with obtaining high yields of onions, but the main thing is the preservation and reproduction of natural fertility. Before agricultural commodity producers and the scientific world have the primary task of increasing the productivity of vegetable crops, and first of all, in our opinion, the solution to this problem is possible through the introduction of resource-saving technology, including the use of growth stimulants against the background of regular irrigation. **Object.** The research was conducted in 2020-2023 on the land use of the private enterprise Zvolinsky O. V., which is located in the south-eastern part of the Northwestern Caspian region, namely the Chernoyarsk district of the Astrakhan region. **Materials and methods.** Two onion hybrids were selected for agroecological variety testing: Burgus (control) and Valero (promising) with the use of growth stimulants Potassium humate liquid peat and Flora – C for planned yields: 80.0; 100, and 120.0 t/ha, against the background of the application of the calculated amount of mineral nutrition. Two levels of irrigation were used: 70...70...70% NV (permanent) and 80...80...70% NV (differentiated). **Results and conclusions.** The obtained research results indicate that the use of new generation growth stimulants had a positive effect on the dynamics of onion yield formation in drip irrigation of the acutely arid Astrakhan zone. Water balance and nutritional regime are the two main components of onion yield. Moreover, the leading place belongs to drip irrigation. However, the nutrient regime gives irrigation a more progressive direction. If without the use of mineral nutrition, the yield on the irrigation regime is 70...70...70% The Hb of the control hybrid (Burgus) averaged 87,31 t/ha over the 4 years of research, while that of the Valero hybrid, respectively, was 91,54 t/ha. Bringing the irrigation level to a differentiated level (80...80...70% HB) contributed to an increase in yield in the Burgus hybrid to 92,74 t/ha, and in the Valero hybrid to 96,04 t/ha. Among the studied growth stimulants, the drug Flora – C. stood out. The yield from the use of this growth stimulant reached 97,48 t/ha (constant irrigation regime) and 103,1 t/ha (differentiated irrigation regime) in the hybrid Burgus. In the Valero hybrid, these values were, respectively, 102,20 in 113,56 t/ha. This indicates the fulfillment of the planned yield of 100 tons/ha. When using mineral nutrition, it was found that the most optimal dose of fertilizer application on both hybrids was N₃₂₀P₁₄₀ K₄₂₀. Yields varied between hybrids from 113,59 t/ha (Burgus control, constant irrigation regime) to 12,71 t/ha (Valero, differentiated irrigation regime, variant).

Keywords: plant growth stimulants, liquid peat potassium humate, onion hybrids, onion irrigation, onion cultivation, onion mineral nutrition.

Citation. Belyaev A. I., Petrov N. Yu., Kuznetsov Yu. V., Petrov Yu. N., Ivanov V. A. Reclamation measures in onion crops of the southern region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 13-18 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-01.

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

МЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ В ПОСЕВАХ ЛУКА-РЕПКИ ЮЖНОГО РЕГИОНА¹Беляев А. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор²Петров Н. Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор²Кузнецов Ю. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор¹Петров Ю. Н., кандидат сельскохозяйственных наук²Иванов В. А., соискатель¹ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и
защитного лесоразведения Российской академии наук»²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

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

Актуальность. Любая система земледелия предусматривает, наряду с получением высоких урожайностей лука-репки, но главным является сохранение и воспроизводство естественного плодородия. Перед сельскохозяйственными товаропроизводителями и ученым миром стоит первоочередная задача – повышение продуктивности овощных культур, и прежде всего, на наш взгляд, решение данной проблемы возможно путем внедрения ресурсосберегающей технологии, в том числе и применения стимуляторов роста на фоне регулярного орошения. **Объект.** Исследования были проведены в 2021-2023 годах на землепользовании ИП Зволинский О. В., которое находится в юго-восточной части Северо-Западного Прикаспия, а именно Черноярского района Астраханского региона. **Материалы и методы.** Для агроэкологического сортоиспытания были выбраны два гибрида лука репчатого: Бургус (контроль) и Валеро (перспективный) с применением стимуляторов роста Гумат калия жидкий торфяной и Флора – С под плановую урожайность: 80,0; 100, и 120,0 т/га, на фоне применения расчетного количества минерального питания. Применяли два уровня орошения: 70...70...70% НВ (постоянный) и 80...80...70% НВ (дифференцированный). **Результаты и выводы.** Полученные результаты исследования свидетельствуют, что применение стимуляторов роста нового поколения положительно отразилось на динамике формирования урожайности лука-репки на капельном орошении остро засушливой Астраханской зоны. Водный баланс и питательный режим – две основные слагающие урожайности лука, причем ведущее место принадлежит капельному орошению. Однако питательный режим придает орошению более прогрессивное направление. Если без применения минерального питания урожайность на режиме полива 70...70...70% НВ у гибрида контроля (Бургус) составляла в среднем за проведенные 4 года исследований 67,31 т/га, то у гибрида Валеро, соответственно – 71,54 т/га. Доведение уровня полива до дифференцированного (80...80...70% НВ) способствовало росту урожайности у гибрида Бургус до 72,74 т/га, а у гибрида Валеро – до 76,04 т/га. Среди изучаемых стимуляторов роста выделялся препарат Флора – С. Урожайность от применения этого стимулятора роста достигала у гибрида Бургус 88,65 т/га (постоянный режим полива) и 97,16 т/га (дифференцированный режим полива). У гибрида Валеро эти значения равнялись, соответственно, 92,20 и 103,56 т/га, что свидетельствует о выполнении планируемой урожайности в 100 т/га. При применении минерального питания удалось установить, что наиболее оптимальная доза внесения удобрения на обоих гибридах составляла $N_{320}P_{140}K_{420}$. Урожайность варьировала между гибридами от 103,59 т/га (Бургус – контроль, режим полива постоянный) до 119,71 т/га (Валеро, режим полива дифференцированный, вариант $N_{320}P_{140}K_{420}$).

Ключевые слова: стимуляторы роста растений, Гумат калия жидкий торфяной, гибриды лука-репки, орошение лука-репки, возделывание лука-репки, минеральное питание лука.

Цитирование. Беляев А. И., Петров Н. Ю., Кузнецов Ю. В., Петров Ю. Н., Иванов В. А. Мелиоративные мероприятия в посевах лука-репки южного региона. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 13-18. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-01.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Ведущее место в мире среди овощных культур принадлежит луку репчатому, который имеет важное экономическое значение во многих странах. Он издавна выращивается на приусадебных участках и огородах [2].

Лук репчатый в сравнении с другими овощными культурами наиболее требователен к плодородию почвы и весьма хорошо отзывается на орошение и внесение удобрений. Повышенные требования он предъявляет к влажности почвы и окружающего воздуха, эти условия определяют необходимость его производства только на орошаемых участках. Но более ранние разработанные технологии выращивания лука не были приспособлены к современным условиям рыночных отношений и производства [3, 8].

С недавних времен научные изыскания в области орошения были направлены на разработку поливного режима, который обеспечивает получение наибольшей продуктивности выращиваемой культуры без учета энергетических и материальных затрат. С переходом сельского хозяйства на рыночные рельсы резко ухудшалась экономическая ситуация производителей, вследствие чего возникла острая необходимость в разработке более ресурсо- и энергосберегающих технологических приемов [1, 7].

Но на поливных землях Астраханского региона не в полном объеме изучены технологии возделывания лука-репки, имея в виду рациональные параметры орошения, виды полива, приемы уменьшения водопотребления и более рационального использования водных запасов культуры с учетом ресурсосбережения, коэффициентов выноса и биоклиматических коэффициентов элементов питания для подтипа светло-каштановых почв исследуемой культуры, приемов технологии возделывания лука репчатого при поливе, подбор гибридов, водный и питательный режимы, научное обоснование структуры посевных площадей для повышения урожайности и получения высококачественной продукции [3, 12].

В зоне поливного земледелия с более благоприятными почвенно-климатическими факторами лук способен давать довольно высокие урожаи. Но в большинстве хозяйствах возможности данной культуры используются недостаточно, вследствие чего урожайность остается низкой. В данном случае это связано чаще всего с нарушением элементарных приемов агротехники, а в других – со слабым знанием почвенных характеристик хозяйств и требований возделываемых гибридов к условиям выращивания. Правильное решение поставленной проблемы ведет к увеличению производства лука в Астраханском регионе, это зависит, главным образом, от системы агротехнических операций, среди которых важное место занимает правильное применение стимуляторов роста и удобрений. Многие опыты осуществлялись без систематического использования удобрений и без учета их последствий. Такие эксперименты не могли дать достаточно обоснованных данных об эффективности того или иного вида минеральных удобрений [5, 11].

Материалы и методы. В трехлетнем эксперименте, который проводился в 2021...2023 годах, на полях КФХ «Чурбакова А. В.» в Волгоградском Заволжье, был применен капельный полив. Назначение вегетационных поливов проводилось с влажностью – 70...70...70 (постоянный полив); 80...80...70% (дифференцированный полив). В зависимости от года исследований было проведено от 24 до 32 поливов.

Способ посева лука 4-х строчный, ленточный. Норма высева с оставляла 850 тыс. растений на гектар, что в весовом количестве – 4 кг/га.

Вариант – Контроль (без обработки стимуляторами роста).

Вариант – Гумат калия жидкий торфяной, трехкратная внекорневая подкормка: 1-я – фаза 3...5 листьев, 2 и 3-я – с перерывом в 10...12 суток. Дозировка препарата – 0,4 л/га (рабочий раствор – до 300 л/га).

Вариант – «ФЛОРА – С», четырехкратная обработка: 1-я – фаза 5 листа (корневая), 2, 3, 4-я – спустя две недели после предыдущей (внекорневые). Первая подкормка – 30 л/га препарата (рабочего раствора – 300 л/га), 2, 3-я – по 5 л/га (рабочего раствора – 150 л/га);

Вариант – 80 т/га – азот – 256 кг/га, фосфор – 112 кг/га, калий – 336 кг/га;

Вариант – 100 т/га – азот – 320 кг/га, фосфор – 140 кг/га и калий – 420 кг/га;

Вариант – 120 т/га – азот – 384 кг/га, фосфор – 168 кг/га, калий – 504 кг/га.

Результаты и обсуждение. Технология возделывания лука-репки направлена на максимальную реализацию потенциала культуры для получения экологически чистой продукции при более высокой рентабельности производства.

В настоящее время доступны только 2 наиболее приемлемых направлений увеличения продуктивности культуры и восстановления почвенного плодородия путем применения стимуляторов роста и оптимизации минерального питания растений с целью улучшения разных свойств почвы.

Следовательно, в сложившихся рыночных отношениях неотъемлемым условием увеличения эффективности овощеводства – это использование более эффективных и современных технологий. На лук-репку в полевых условиях существенное влияние оказывают регулируемые (водный и питательный режимы почвы) и нерегулируемые (свет, атмосферные осадки, температура) факторы. Первые непосредственно влияют на заключительный результат – урожайность и качество.

Предлагаемые нами новые подходы в технологии возделывания лука-репки позволяют обеспечить снижение энергетических и ресурсных затрат, наибольшую механизацию технологических процессов возделывания культуры, сохранение и восстановление плодородия почвы, уменьшение пестицидной нагрузки, получение высокой урожайности качественной продукции. Результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Структура суммарного водопотребления в посевах лука-репки, среднее за 2021...2023 гг.

Table 1 – Structure of total water consumption in onion crops, average for 2021...2023 gg.

Режим орошения / Irrigation regime	Почвенная влага / Soil moisture		Атмосферные осадки / Precipitation Irrigation		Оросительная норма / Rate Total		Суммарное водопотребление / Water consumption	
	мм/га	%	мм/га	%	мм/га	%	мм/га	%
70...70...70% НВ	106,2	14,5	280,8	38,2	349,6	47,3	735,6	100,0
80...80...70% НВ	106,7	13,8	280,8	35,3	410,8	50,9	791,3	100

Таблица 2 – Зависимость урожайности лука-репки от слагающих водного баланса, среднее за 2021...2023 гг.

Table 2 – Dependence of onion yield on components of water balance, average for 2021...2023 gg.

Гибрид / Hybrid	Фон / Background					
	Контроль / Control	Гумат / Humate	Флора-С / Flora-C	N ₂₅₆ P ₁₁₂ K ₃₃₆	N ₃₂₀ P ₁₄₀ K ₄₂₀	N ₃₈₄ P ₁₆₈ K ₅₀₄
Постоянный режим 70...70...70% НВ Constant mode 70...70...70% NV						
Бургус / Burgus	67,31	80,48	88,65	93,62	103,59	98,31
Валеро / Valero	71,54	82,72	92,20	96,74	107,58	102,83
Дифференцированный режим – 80...80...70% НВ Constant mode – 80...80...70% NV						
Бургус / Burgus	72,74	93,17	97,16	103,06	113,48	107,84
Валеро / Valero	76,04	98,03	103,56	109,34	119,71	113,61

Полученный результат говорит о положительном влиянии стимуляторов роста на урожайные данные лука-репки. Если на контрольных вариантах была сформирована урожайность от 67,31 т/га (постоянный режим) у гибрида Бургус до 76,04 т/га (дифференцированный режим) гибрид Валеро. Работа стимулятором роста Флора – С на дифференцированном поливе гибрида Валеро была выполнена программа получения плановых 100 т/га (а именно – 103,56 т/га. Работа с минеральными удобрениями, а именно, N₃₂₀P₁₄₀K₄₂₀ способствовал максимальному повышению урожайности у гибрида Бургус (113,48 т/га – дифференцированный режим) и у гибрида Валеро (119,71 т/га). То есть была выполнена поставленная цель получения урожайности 120 т/га лука-репки у гибрида Валеро при расчетном уровне минерального питания. Однако при сравнении стоимостных показателей стимуляторов роста и минеральных удобрений стоимость минеральных удобрений на порядок выше, чем стимуляторов роста.

Заключение. Проведенный эксперимент показал, что применение стимулятора роста Флора – С на гибриде Валеро способствует получению плановой урожайности 100,0 т/га. А применение минерального питания на гибриде Валеро – N₃₂₀P₁₄₀K₄₂₀ позволяет получать плановую урожайность 120,0 т/га.

Conclusions. The experiment showed that the use of the growth stimulator Flora-C on the Valero hybrid contributes to obtaining a planned yield of 100.0 t/ha, and the use of mineral nutrition on the Valero – N₃₂₀P₁₄₀K₄₂₀ hybrid allows you to obtain a planned yield of 120.0 t/ha.

Библиографический список

1. Борисов В. А., Ховронин А. В., Бебрис А. Р., Флирозе Н. А., Монахос Г. Ф. Действие удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество гибридов лука репчатого, выращенных в однолетней культуре при капельном орошении. Овощи России. 2018. № (4). С. 89-93.
2. Калмыкова Е. В., Петров Н. Ю. Комплексные водорастворимые удобрения в технологии возделывания овощных культур в условиях Нижнего Поволжья. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. №2. С. 29-31.
3. Калмыкова Е. В., Петров Н. Ю., Павленко В. Н. Современные адаптивные технологии возделывания овощных культур в условиях Нижнего Поволжья. Нива Поволжья. Пензенский ГАУ. 2017. № 4. С. 82-88.
4. Калмыкова Е. В., Петров Н. Ю., Нарусhev В. Б. Продуктивность лука репчатого при применении регулятора роста Энергия-М. Аграрный научный журнал. 2018. № 2. С. 7-11.
5. Калмыкова Е. В., Петров Н. Ю., Калмыкова О. В., Зволинский В. В. Эффективные элементы возделывания репчатого лука при капельном орошении. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1. С. 51-58.
6. Мамбетназаров А. Б., Халмуратова Б. У. Стабилизация развития сельскохозяйственных культур в низовьях Амударьи в условиях маловодья. Аграрная Россия. 2020. № 2. С. 21-23.
7. Федорова В. А., Матвеева Н. И., Пучков М. Ю., Зволинский В. П., Калмыкова Е. В., Петров Ю. Н. Оптимизация овощных севооборотов Северного Прикаспия (Лук репчатый в Нижнем Поволжье): монография. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2018. 188 с.
8. Плаксина В. С., Асташов А. Н. Некорневые подкормки сельскохозяйственных культур гуминовыми удобрениями в экспериментальном севообороте. Нива Поволжья. 2021. № 2. С. 14-18.
9. Плещачев Ю. Н., Лукьяненко Е. А. Повышение продуктивности овощных культур за счет правильного применения листовых подкормок. Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 5 (371). С. 22-26.
10. Матвеева Н. И., Зволинский В. П., Петров Н. Ю., Зволинский В. В., Наумов В. Ю. Производственная эффективность выращивания лука репчатого на Нижней Волге. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 4. С. 95-98.
11. Спиридонов А. М., Данилова Т. А., Адрицкая Н. А. Овощеводство северо-запада России: современное состояние и перспективы. Аграрная Россия. 2020. № 4. С. 18-22.
12. Arumugam T., Sandeep G., Maheswari M. U. Soilless farming of vegetable crops. The Pharma Innovation Journal. 2021. № 10 (1). Pp. 773-785.
13. Moulana S., Kumar P. S., Vedhantham V. Cultivation practices of vegetable crops. KRISHI SCIENCE – eMagazine for Agricultural Sciences. 2020. № 1 (03). Pp. 42-44.
14. Sengirbekova L. K., Syzdykova L. S. Research of safe methods of production of canned vegetables using grain crops. Bulletin of the Almaty Technological University. 2022. № 1. Pp. 65-71.

References

1. Borisov V. A., Khovronin A. V., Bebris A. R., Fliroze N. A., Monakhos G. F. Effect of fertilizers and growth regulators on yield and quality of onion hybrids grown in annual crop with drip irrigation. Vegetables of Russia. 2018. № (4). Pp. 89-93.
2. Kalmykova E. V., Petrov N. Yu. Complex water-soluble fertilizers in the technology of cultivation of vegetable crops in the conditions of the Lower Volga region. Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2017. No 2. Pp. 29-31.
3. Kalmykova E. V., Petrov N. Yu., Pavlenko V. N. Modern adaptive technologies of cultivation of vegetable crops in the conditions of the Lower Volga region. Niva of the Volga region. Penza State University. 2017. No 4. Pp. 82-88.
4. Kalmykova E. V., Petrov N. Yu., Narushev V. B. Productivity of onions when using the growth regulator Energia-M. Agrarian Scientific Journal. 2018. No 2. Pp. 7-11.
5. Kalmykova E. V., Petrov N. Yu., Kalmykova O. V., Zvolinsky V. V. Effective elements of onion cultivation with drip irrigation. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: science and higher professional education. 2018. No 1. Pp. 51-58.
6. Mambetnazarov A. B., Khalmuratova B. U. Stabilization of the development of agricultural crops in the lower reaches of the Amu Darya in conditions of low water Agrarian Russia. 2020. No 2. Pp. 21-23.
7. Fedorova V. A., Matveeva N. I., Puchkov M. Yu., Zvolinsky V. P., Kalmykova E. V., Petrov Yu. N. Optimization of vegetable crop rotations in the Northern Caspian region (Onion in the Lower Volga region): monograph. Volgograd: Volgograd State University, 2018. 188 p.
8. Plaksina V. S., Astashov A. N. Foliar top dressing of agricultural crops with humic fertilizers in experimental crop rotation. Niva of the Volga region. 2021. No 2. Pp. 14-18.
9. Pleskachev Yu. N., Lukyanenko E. A. Increasing the productivity of vegetable crops through the proper use of leafy top dressing. International Agricultural Journal. 2019. № 5 (371). Pp. 22-26.
10. Matveeva N. I., Zvolinsky V. P., Petrov N. Y., Zvolinsky V. V., Naumov V. Yu. Production efficiency of onion cultivation on the Lower Volga. Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2019. No 4. Pp. 95-98.
11. Spiridonov A. M., Danilova T. A., Adritskaya N. A. Vegetable growing in the north-west of Russia: the current state and prospects. Agrarian Russia. 2020. No 4. Pp. 18-22.
12. Arumugam T., Sandeep G., Maheswari M. U. Soilless farming of vegetable crops. The Pharma Innovation Journal. 2021. № 10 (1). Pp. 773-785.
13. Moulana S., Kumar P. S., Vedhantham V. Cultivation practices of vegetable crops. KRISHI SCIENCE – eMagazine for Agricultural Sciences. 2020. № 1 (03). Pp. 42-44.
14. Sengirbekova L. K., Syzdykova L. S. Investigation of safe methods of production of canned vegetables using grain crops. Bulletin of the Almaty Technological University. 2022. No 1. Pp. 65-71.

Информация об авторах

Беляев Александр Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор Федерального государственного бюджетного научного учреждения «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 кафедры «Технология перерабатывающих и пищевых систем», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), e-mail: npetrov60@list.ru

Кузнецов Юрий Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, декан факультета «Перерабатывающих и пищевых производств» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26).

Петров Юрий Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории прогнозирования биопродуктивности агролесоландшафтов, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97).

Иванов Виктор Анатольевич, соискатель, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26).

Author's Information

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

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

Kuznetsov Yuri Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences, Dean of the Faculty of Processing and Food Production, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26).

Petrov Yuri Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Laboratory for Forecasting the Bioproductivity of Agroforestry 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).

Ivanov Viktor Anatolyevich, applicant, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26).

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-02

**THE RESULTS OF THE USE OF MULTICOMPONENT PREPARATIONS
IN THE CULTIVATION OF CANTEEN BEETS****Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V.***Federal State Budgetary Scientific Institution**«Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of Russian Academy of Sciences»**Solenoe Zaimishche, Chernoyarsky district, Astrakhan region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: pniaz@mail.ru

Received 22.05.2024

Submitted 25.08.2024

Summary

The results of growing canteen beets under conditions of light chestnut soil on drip irrigation are presented. Promising options have been identified that contribute to the formation of a high yield of the studied crop.

Abstract

Introduction. Today, agricultural producers are presented with a huge assortment of hybrids and beet varieties of domestic canteen breeding. Beetroot dining is a widespread and sought-after vegetable crop that plays an important role in human nutrition. **Object.** Table beet hybrids: Kestrel F1, Bona F1 and Major F1. **Materials and methods.** Two-factor field experience on the beet canteen was carried out for the period from 2021 to 2023, according to generally accepted methods in vegetable growing. The material was liquid multicomponent preparations: Boron, Zinc, Magnesium and Aminovit. **Results and conclusions.** During the study, a significant decrease in the water consumption rate was noted in all hybrids of canteen beets on the version with leaf treatment with Boron. Two Kestrel F1 hybrids – 96.51 m³/t and a Bohn hybrid F1 – 83.00 m³/t in the non-root (leaf) version of the multi-component Boron + N120P60K60 preparation had the lowest water consumption for product volume formation. The use of Boron + N120P60K60 on the beets of the Bon F1 table hybrid led to a maximum yield increase of + 29.78 t/ha relative to the control. The biological level of yield for three years of research 2021...2023 on this sample was also the maximum and amounted to 78.43 tons/ha.

Keywords: table beet, table beet hybrids, table beet water consumption, table beet yield.

Citation. Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. The results of the use of multicomponent preparations in the cultivation of canteen beets. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 18-23 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-02.

Author's contribution. All authors of this manuscript participated in the staging and laying of the field experiment. Participated in the analysis of the obtained data and writing of the article.

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

УДК 633.412:631.8(470.46)

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ

Бондаренко А. Н., доктор сельскохозяйственных наук
Костыренко О. В., научный сотрудник

ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»
с. Солёное Займище, Черныярский район, Астраханская область, Российская Федерация

**Данная работа выполнена в рамках НИР 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. На сегодняшний день сельскохозяйственным производителям представлен огромный ассортимент гибридов и сортов свеклы столовой отечественной селекции. Свекла столовая является широко распространенной и востребованной овощной культурой, которая играет немаловажную роль в питании человека. **Объект.** Гибриды свеклы столовой: Кестрел F₁, Бона F₁ и Мажор F1. **Материалы и методы.** Двухфакторный полевой опыт на свекле столовой был проведен за период с 2021 по 2023 гг. согласно общепринятым методикам в овощеводстве. Материалом послужили жидкие многокомпонентные препараты: Бор, Цинк, Магний и Аминовит. **Результаты и выводы.** В ходе изучения было отмечено существенное снижение коэффициента водопотребления у всех гибридов свеклы столовой на варианте с листовой обработкой препаратом Бор. Наименьший расход воды на формирование объема продукции имели два гибрида Кестрел F₁ – 96,51 м³/т и гибрид Бона F₁ – 83,00 м³/т на варианте с некорневой (листовой) обработкой многокомпонентным препаратом Бор+ N₁₂₀P₆₀K₆₀. Использование препарата Бор+ N₁₂₀P₆₀K₆₀ на свекле столовой гибрида Бона F1 привело к максимальному показателю прибавки урожая + 29,78 т/га относительно контроля. Биологический уровень урожайности за три года исследований 2021...2023 гг. по данному образцу также был максимален и составлял 78,43 т/га.

Ключевые слова: свекла столовая, гибриды свеклы столовой, водопотребление свеклы столовой, урожайность свеклы столовой.

Цитирование. Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Результаты применения многокомпонентных препаратов при возделывании свеклы столовой. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 18-23. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-02.

Авторский вклад. Все авторы данной рукописи принимали участие в постановке и закладке полевого эксперимента. Участвовали в анализе полученных данных и написании статьи.

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

Введение. Впервые в условиях Северного Прикаспия проведены комплексные исследования, а также определены оптимальные варианты использования многокомпонентных препаратов при выращивании гибридов свеклы столовой, способствующие формированию высоких уровней урожайности при капельном орошении [2].

Важным и приоритетным направлением в агропромышленном секторе на сегодняшний день является выведение улучшенных сортов и гибридов овощных культур, совершенствование форм удобрений и средств защиты растений [3-6]. Широкий ассортимент овощных культур определяет структуру и технологию их производства [1, 7, 8].

При возделывании свеклы столовой необходимо учитывать и вводить в производство новые перспективные сорта и гибриды [12-14].

Усовершенствование способов возделывания овощных культур при капельном орошении, а именно свеклы столовой, в аспекте ресурсосбережения, остается на данный момент важной проблемой [9, 10, 11].

Цель исследования заключалась в усовершенствовании способов возделывания гибридов свеклы столовой в условиях капельного орошения Северного Прикаспия.

Материалы и методы. Впервые в условиях Астраханской области проведено изучение по возделыванию гибридов свеклы столовой, а также изучено влияние жидких комплексных удобрений, способствующих формированию высоких показателей урожайности при капельном орошении.

Научно-исследовательская работа предусматривала двухфакторный полевой опыт на свекле столовой с систематическим размещением делянок, а также с трехкратной повторностью опыта. За фактор А были взяты гибриды свеклы столовой: Кестрел F₁, Бона F₁ и Мажор F₁, за фактор В многокомпонентные препараты для листовой подкормки: Бор, Цинк, Магний и Аминовит.

Площадь под опытом составляла 1200,0 м². Площадь учётной делянки 25,0 м². Норма высева семян – 700,0 тыс. шт./га. Схема размещения вариантов рендомизированная по Доспехову Б. А., 1985 г. Внесение минеральных удобрений из расчета N₁₂₀P₆₀K₆₀ послужило основным фоном для всех вариантов изучения. Минеральные удобрения вносились дробно в течение всего периода вегетации как до посева, так и с поливной водой.

Варианты опыта:

1. Контроль – опрыскивание водой.
2. Бор 1-я обработка осуществлялась в фазу 4...6 пар листьев; 2-ая обработка в фазу 6...8 пар листьев. Норма расхода препарата 1,5 л/га, рабочий раствор – 400 л/га.
3. Цинк – некорневая обработка осуществлялась каждые 14 сут. при первом обнаружении симптомов нехватки цинка в растении. Данный препарат использовался с нормой 1,5 л/га и рабочим раствором 300 л/га.
4. Магний – некорневая обработка каждые 15 суток при первом обнаружении симптомов нехватки магния в растении. Препарат использовался с нормой 1,5 л/га и рабочим раствором 300 л/га.
5. Аминовит 1-ая обработка в фазе 4...6 листьев, 2-ая и 3-ья обработки с интервалом 10 суток). Препарат расходовался с нормой 0,5 л/га и рабочим раствором 200 л/га.

Листовые обработки проводились согласно нормам, установленным товаропроизводителем.

Полевые наблюдения, измерения и учеты были осуществлены с помощью общепринятых методик на 10 учетных растениях каждого гибрида: Методики Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур..., 2015 г.; Методического руководства по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве..., 2018 г.; Методики в овощеводстве и бахчеводстве.... Белика В. Ф., 1982 г.; Опытного дела в полеводстве..., Никитенко Г. Ф., 1982 г., Методике полевого опыта в овощеводстве..., Литвинов С. С., 2011.

Учет урожайности изучаемой культуры проводился по мере технического созревания корнеплодов, поделаячно методом сплошной уборки на всех вариантах опыта.

Стандартный урожай определялся по ГОСТ 32285-2013 г. Товарность корнеплодов определялась по ГОСТ 26766-85.

Результаты и обсуждение. В среднем за три года изучения на свекле столовой было проведено 34 полива с оросительной нормой 180 м³/га. Общее суммарное водопотребление в среднем составило 6505,0 м³/га.

По итогам проведенной работы за 2021...2023 гг. были выделены два гибрида Бона F₁ и Кестрел F₁, которые имели наименьшие показатели коэффициента водопотребления по всем вариантам изучения.

У гибрида Бона F₁ коэффициент водопотребления в среднем варьировал по вариантам некорневых (листовых) обработок от 83,01 до 116,60 м³/т, у гибрида Кестрел F₁ от 96,51 до 129,60 м³/т.

Самым экономным за годы изучения в расходовании воды на формировании объема продукции стал гибрид Бона F₁ на варианте с некорневой (листовой) подкормкой многокомпонентным препаратом Бор.

Коэффициент водопотребления на данном варианте составил в среднем 83,00 м³/т, при урожайности 78,43 т/га (рисунок 1).

На основании проведенных исследований в 2021...2023 гг., максимальный уровень урожайности был получен у районированного гибрида Бона F₁ относительно других объектов изучения.

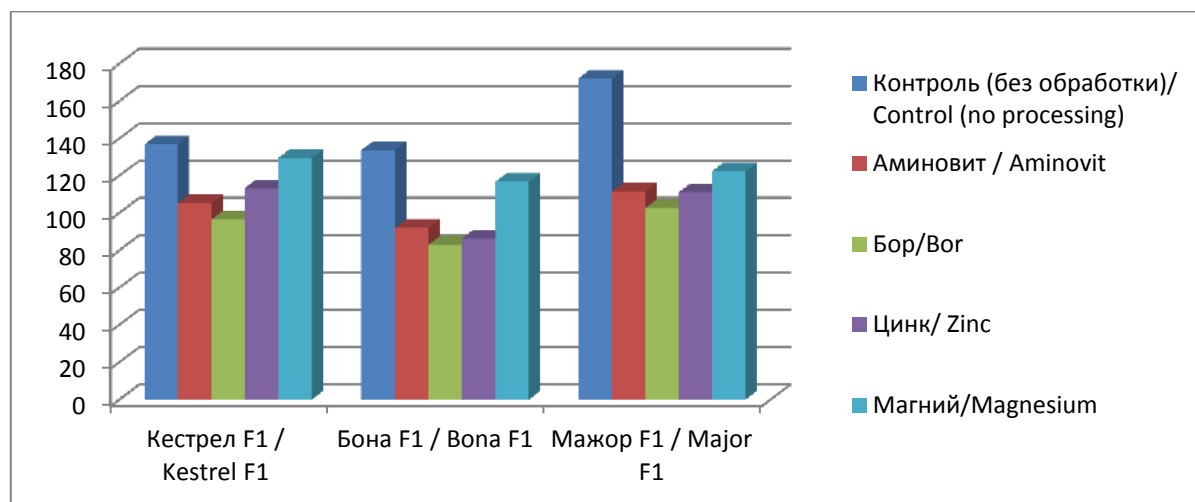


Рисунок 1 – Коэффициент водопотребления свеклы столовой (м³/т), среднее за 2021-2023 гг.
Figure 1 – Water consumption coefficient of table beet (m³/t), average for 2021-2023

Таблица 1 – Урожайность свеклы столовой в зависимости от вариантов обработки, среднее за 2021-2023 гг.

Table 1 – Table beet yields depending on treatment options, average for 2021-2023

Гибрид / Hybrid	Вариант / Option	Средняя масса корнеплода, г / Medium root mass, g	Биологическая урожайность, т/га / Biologies-chesky harvestcapacity, t/ha	± к контролю, т/га / ± to control, t/ha	Товарная урожайность, т/га / Commodity crop- capacity, t/ha
Кестрел F ₁ / Kestrel F ₁	Контроль (без обработки) / Control (no processing)	182,42	47,58	-	28,76
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Аминовит / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Aminovit	193,83	61,75	14,17	43,54
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бор / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Bor	202,91	67,36	19,78	50,87
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Цинк / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zinc	189,25	57,44	9,86	46,59
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Магний / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Magnesium	178,59	50,27	2,69	38,51
Бона F ₁ / Bona F ₁	Контроль (без обработки) / Control (no processing)	175,74	48,65	-	41,58
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Аминовит / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Aminovit	212,39	70,89	22,24	52,16
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бор / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Bor	223,64	78,43	29,78	56,19
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Цинк / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zinc	219,95	75,49	26,84	56,13
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Магний / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Magnesium	185,12	55,82	7,17	44,74
Мажор F ₁ / Major F ₁	Контроль (без обработки) / Control (no processing)	170,46	37,87	-	25,18
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Аминовит / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Aminovit	203,94	58,46	20,59	44,13
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бор / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Bor	207,58	63,41	25,54	46,19
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Цинк / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zinc	199,25	58,68	20,81	41,15
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Магний / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Magnesium	193,63	53,24	15,37	38,57
HCP ₀₅ (A)			0,71		
HCP ₀₅ (B)			0,73		
HCP ₀₅ (AB)			0,68		

Высокий показатель биологической урожайности 78,43 т/га у данного гибрида был получен на варианте при совместном использовании $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Бор. Товарная урожайность при этом была равна 56,19 т/га. Средняя масса корнеплода была на уровне 223,64 г, товарность – 71,7%. Гибрид столовой свеклы Кестрел F₁ был на уровне среднего по показателям урожайности. Таким образом, урожайность у данного гибрида по вариантам обработки в годы изучения изменялась от 50,27 до 67,36 т/га, при среднем значении массы от 178,59 до 202,91 г. Прибавка к контрольному варианту варьировала от +2,69 т/га до +19,78 т/га (таблица 1).

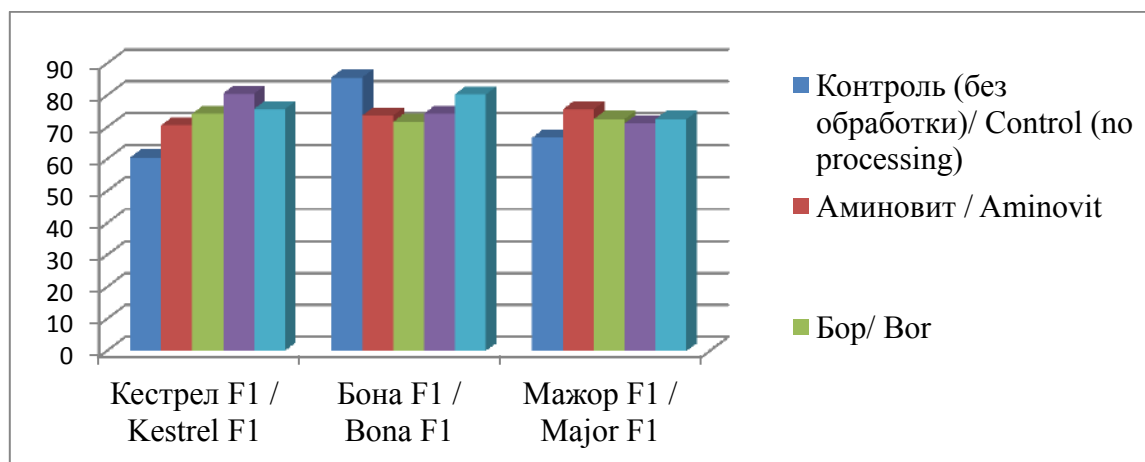


Рисунок 2 – Товарность корнеплодов (%) свеклы столовой, среднее за 2021-2023 гг.
Figure 2 – Marketability of root crops (%) of table beets, average for 2021-2023

Выводы. 1. Экспериментальными результатами было доказано положительное действие некорневых (листовых) обработок на свекле столовой препаратом Бор, что способствовало существенному снижению коэффициента водопотребления у всех объектов изучения. Наименьший расход воды, используемый на формирование объема продукции имели два гибрида Кестрел F₁ – 96,51 м³/т и гибрид Бона F₁ – 83,00 м³/т на варианте с некорневой (листовой) обработкой многокомпонентным препаратом $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Бор.

2. По итогам исследований за 2021...2023 гг. максимальный показатель биологической урожайности 78,43 т/га был получен у районированного гибрида Бона F₁ на варианте $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Бор.

Conclusions. 1. Experimental results proved the positive effect of foliar (leaf) treatments on table beets with Boron, which contributed to a significant decrease in the water consumption coefficient in all objects of study. Two hybrids Kestrel F₁ – 96.51 m³/t and hybrid Bona F₁ – 83.00 m³/t on the version with foliar (foliar) treatment with a multicomponent preparation $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Boron had the lowest water consumption used to form the volume of production. 2. Based on the results of research for 2021...2023, the maximum biological yield of 78.43 t/ha was obtained from the zoned hybrid Bona F₁ on the $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Boron variant.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д. Капельное орошение овощных культур в условиях Волго-Донского междуречья. Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 36-42.
2. Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Эффективность использования ростостимулирующих препаратов нового поколения при возделывании столовой свеклы в Нижнем Поволжье. Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 48-52.
3. Борисов В. А., Соколова Л. М., Фильрозе Н. А., Масловский С. А., Замятина М. Е. Устойчивость современных сортов и гибридов свеклы столовой к болезням при длительном хранении. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 140 (06). С. 1-8.
4. Жаркова С. В. Формирование урожайности сортов свеклы столовой в предлагаемых условиях возделывания. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. № 1-1 (76). С. 12-14.
5. Жидков В. М., Хрипченко А. В. Влияние обработки почвы и внесения гербицидов на урожайность столовой свеклы при капельном орошении в Нижнем Поволжье. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. 2014. № 4. С. 46-49.
6. Коломиец А. А., Борисов В. А., Васючков И. Ю., Успенская О. Н. Влияние удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество свёклы столовой в условиях нечерноземной зоны. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. С. 66-69.

7. Кузнецова Н. В., Степанова Н. Е. Урожайность и качество корнеплодов столовой свеклы сорта Болтарди на орошаемых землях Нижнего Поволжья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. 2009. № 4. С. 52-57.

8. Плещачев Ю. Н., Чунихин В. И. Влияние агротехнических приемов на урожайность лука репчатого в условиях капельного орошения. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 10 (96). С. 26-29.

9. Порсев И. Н., Ниминова Н. А., Балуева Н. П., Субботин И. А. Фитосанитарная технология возделывания свеклы столовой в условиях Южного Зауралья. Вестник Курганской ГСХА. 2018. № 1. С. 41-44.

10. Рак М. В. и др. Эффективность некорневых подкормок жидкими микроудобрениями МикроСтим при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах. Почвоведение и агрохимия. 2018. № 1 (60). С. 180-192.

11. Хизанейшвили Н. Э. Влияние макро- и микроудобрений на урожайность корнеплодов столовой свеклы, их качество и вынос элементов питания. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. С. 94-98.

12. Chavez J. A. Vegetative growth response of beets and lettuce to stored human urine. Agronomy Research. 2019. V. 17 (6). Pp. 2220-2232.

13. Factor Thiago Yield and quality of table beet in function of plant establishment method and production system. Acta Horticulturae. 2019. Pp. 37-42.

14. Ovinnikov A. S., Hodyakov E. A., Milovanov S. G. Local irrigation methods for vegetable production in south of Russia. RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries 2018. V. 13. No 3. Pp. 232-240.

References

1. Akhmedov A. D. Drip irrigation of vegetable crops in the conditions of the Volga-Don interfluvium. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2018. № 4 (52). Pp. 36-42.

2. Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. Efficacy of Using Growth-Stimulating Preparations of the New Generation in the Cultivation of Table Beets in the Lower Volga Region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 3 (67). Pp. 48-52.

3. Borisov V. A., Sokolova L. M., Filrose N. A., Maslovsky S. A., Zamyatina M. E. Resistance of modern varieties and hybrids of table beet to diseases during long-term storage. Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2018. № 140 (06). Pp. 1-8.

4. Zharkova S. V. Formation of yield of table beet varieties in the proposed cultivation conditions. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2023. № 1-1 (76). Pp. 12-14.

5. Zhidkov V. M., Khripchenko A. V. Effect of tillage and herbicide application on table beet yield under drip irrigation in the Lower Volga region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2014. № 4. Pp. 46-49.

6. Kolomiets A. A., Borisov V. A., Vasyuchkov I. Yu., Uspenskaya O. N. Influence of fertilizers and growth regulators on the yield and quality of table beets in the conditions of the non-chernozem zone. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2018. Pp. 66-69.

7. Kuznetsova N. V., Stepanova N. E. Yield and Quality of Table Beet Roots of the Boltardi Variety on Irrigated Lands of the Lower Volga Region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2009. № 4. Pp. 52-57.

8. Pleskachev N., Chunikhin V. I. Influence of agrotechnical methods on onion yield under drip irrigation. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2012. № 10 (96). Pp. 26-29.

9. Porsev I. N., Nimiнова N. A., Balueva N. P., Subbotin I. A. Phytosanitary Technology of Table Beet Cultivation in the Southern Trans-Urals. Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. 2018. № 1. Pp. 41-44.

10. Rak M. V., et al. Efficiency of foliar fertilization with liquid microfertilizers MicroStim in the cultivation of crops on sod-podzolic soils. Soil Science and Agrochemistry. 2018. № 1 (60). Pp. 180-192.

11. Khizaneishvili N. E. Effect of macro- and microfertilizers on the yield of table beet roots, their quality and removal of nutrients. Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. 2020. P. 94-98.

12. Chavez J. A. Vegetative growth response of beets and lettuce to stored human urine. Agronomy Research. 2019. V. 17 (6). Pp. 2220-2232.

13. Factor Thiago Yield and quality of table beet in function of plant establishment method and production system. Acta Horticulturae. 2019. Pp. 37-42.

14. Ovinnikov A. S., Hodyakov E. A., Milovanov S. G. Local irrigation methods for vegetable production in south of Russia. RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries 2018. V. 13. No 3. Pp. 232-240.

Информация об авторах

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

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

Author's Information

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

Kostyrenko Oksana Vladimirovna, Researcher, Laboratory of Agricultural Technologies of Vegetable Crops, Federal State Budgetary Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of Russian Academy of Sciences» (Russian Federation, 416251, Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solyonoye Zaymische Village, Severny Quarter, 8), ORCID 0000-0002-9650-9674, e-mail.pniiaz@mail.ru

**BALANCE OF NUTRIENT IN TECHNOLOGIES FOR CULTIVATING VARIETIES
OF WINTER RYE (SECALE CEREALE L.) ON SODDY-PODZOLIC SOILS**

Капранов В. Н., Зеленов А. В., Кисельов Е. Ф., Тегесов Д. С., Плескачьев Н. Ю.

Federal Research Center «Nemchinovka»
Moscow, Russian Federation

Corresponding author E-mail: zelenev.a@bk.ru

Received 07.07.2024

Submitted 09.09.2024

Summary

The article presents the results of studies on the influence of varieties, hybrids, as well as technologies of different intensity levels on the balance of nutrients in the soil and the yield of winter rye.

Abstract

Introduction. The study of the removal of nutrients by winter rye varieties on soddy-podzolic soil and the possibilities of preserving fertility in intensive technologies with different levels of application of mineral fertilizers is relevant. **Materials and methods.** The studies were carried out from 2012 to 2023. in a stationary experiment of the Federal Research Center "Nemchinovka" on cultivated medium-loamy soddy-podzolic soils. The predecessor of winter rye was fallow occupied by a vetch-oat mixture for green manure. Three-field crop rotation. We studied the perception of winter rye cultivars Moskovskaya 18, Moskovskaya 12, Moskovskaya 15, in addition Nemchinovsky 1 (hybrid F1) to high-intensity, intensive and basic cultivation technologies, characterized by various degrees of use of agrochemicals and protective elements. The soil had the necessary characteristics: pH_{KCl} 5.6-6.3; humus – 1.8-2.0%; N_g – 1.16-1.34 mmol/100 g; the content of mobile phosphorus and potassium (according to Kirsanov) is 274-316 and 122-156 mg/kg of soil. **Results and conclusions.** For winter rye Moskovskaya 12, the yield with increasing intensity levels was 6.47-9.14 t/ha, for Moskovskaya 15 – 6.86-9.21 t/ha, Moskovskaya 18 – 6.90-8.94 t/ha, hybrid Nemchinovsky 1 – 7.08-8.97 t/ha. In addition to the basic technology for varieties, from 1.03 to 1.48 tons (14.5-21.6%) of grain were obtained when they were cultivated using intensive technology and from 1.89 to 2.67 tons (26.7-41.3%) – with high-intensity technology. The Moskovskaya 15 variety stood out for its best responsiveness to the technologies used; its yield was 8.14 t/ha. According to the technologies, the yield of winter rye was ensured in the following way: high-intensity – 9.06 t/ha, intensive – 8.01 t/ha and basic – 6.83 t/ha. According to high-intensity agricultural technology, in correlation with the variety, the balance of potassium varied from -26 to -44 kg/ha, intensive – from -45 to -72 kg/ha and basic – from -36 to -60 kg/ha, nitrogen, respectively -66 to -84 kg/ha, -47 to -74 kg/ha and -37 to -63 kg/ha. The phosphorus balance was not deficient when a dose of P_{60} fertilizer was applied in accordance with basic agricultural technology. The phosphorus balance by variety varied from +21 to +28 kg/ha when applying a dose of P_{120} in high-intensity agricultural technology, and in intensive technology with a dose of P_{90} from +7 to +15 kg/ha.

Keywords: winter rye, winter rye yield, winter rye variety, balance of nutrients in the soil, balance intensity.

Citation. Капранов В. Н., Зеленов А. В., Кисельов Е. Ф., Тегесов Д. С., Плескачьев Н. Ю. Balance of nutrients in technologies for cultivating varieties of winter rye (*Secale cereale* L.) on soddy-podzolic soils. *Proc. of the Lower Volga Agro University Comp.* 2024. 5(77). 24-34 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-03.

Author's contribution. All authors took part in the preparation, conduct of the study and analysis of its results. The presented version of the article was agreed with all authors.

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

УДК 631.811.1:633.14:631.445.24

**БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОРТОВ
ОЗИМОЙ РЖИ (SECALE CEREALE L.) НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ**

Капранов В. Н., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Зеленов А. В., доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник
Кисельов Е. Ф., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Тегесов Д. С., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Плескачев Н. Ю., лаборант-исследователь

Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»
г. Москва, Российская Федерация

Введение. Изучение выноса питательных веществ сортами озимой ржи на дерново-подзолистой почве и возможностей сохранения плодородия в интенсивных технологиях с разным уровнем применения минеральных удобрений является актуальным. **Материалы и методы.** Исследования выполняли с 2012 по 2023 гг. в стационарном опыте ФИЦ «Немчиновка» на окультуренных

среднесуглинистых дерново-подзолистых почвах. Предшественником ржи озимой был пар, занятый викоовсяной смесью на сидерат. Севооборот трёхпольный. Занимались изучением восприятия культурных сортов ржи озимой Московская 18, Московская 12, Московская 15, в дополнение Немчиновский 1 (гибрид F1) высокоинтенсивных, интенсивных и базовых технологий возделывания, характеризующихся всевозможной степенью задействия агрохимикатов и защитных элементов. Почва обладала необходимыми особенностями: pH_{KCl} 5,6-6,3; гумус – 1,8-2,0%; Нг – 1,16-1,34 ммоль/100 г; содержание подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) 274-316 и 122-156 мг/кг почвы. **Результаты и обсуждение.** У ржи озимой Московская 12 урожайность с повышением уровня интенсивности составляла 6,47-9,14 т/га, у Московской 15 – 6,86-9,21 т/га, Московской 18 – 6,90-8,94 т/га, гибрида Немчиновский 1 – 7,08-8,97 т/га. Дополнительно к базовой технологии по сортам получено от 1,03 до 1,48 тонн (14,5-21,6%) зерна при их возделывании по интенсивной технологии и от 1,89 до 2,67 тонн (26,7-41,3%) – при высокоинтенсивной технологии. Лучшей отзывчивостью на применяемые технологии выделялся сорт Московская 15, его урожайность составляла 8,14 т/га. По технологиям урожайность озимой ржи обеспечивалась очередным образом: высокоинтенсивная – 9,06 т/га, интенсивная – 8,01 т/га и базовая – 6,83 т/га. По высокоинтенсивной агротехнологии в корреляции от сорта баланс калия варьировал от -26 до -44 кг/га, интенсивной – от -45 до -72 кг/га и базовой – от -36 до -60 кг/га, азота, соответственно от -66 до -84 кг/га, от -47 до -74 кг/га и от -37 до -63 кг/га. Баланс фосфора был бездефицитным при внесении дозы удобрений P_{60} в соответствии с базовой агротехнологией. Баланс фосфора по сортам варьировал в границах от +21 до +28 кг/га при внесении дозы P_{120} в высокоинтенсивной агротехнологии, в интенсивной с дозой P_{90} от +7 до +15 кг/га.

Ключевые слова: озимая рожь, урожайность озимой ржи, сорта озимой ржи, баланс элементов питания в почве, интенсивность баланса.

Цитирование. Капранов В. Н., Зеленев А. В., Киселёв Е. Ф., Тегесов Д. С., Плескачёв Н. Ю. Баланс элементов питания в технологиях возделывания сортов озимой ржи (*Secale cereale* L.) на дерново-подзолистых почвах. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 24-34. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-03.

Авторский вклад. Все авторы принимали участие в подготовке, проведении исследования и анализе его результатов. Представленный вариант статьи согласован со всеми авторами.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Многие исследователи доказали теорию о неравнозначном реагировании сортов на сельскохозяйственную агротехнику, что показывает их специфику на ином уровне усваивать питательные вещества из удобрений и почвенного горизонта [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Рекорднопродуктивные сорта зачастую необычайно избирательны к критериям производства. Это приводит к неизбежности уточнения балансовых расчётов, базовыми из которых являются норматив выноса питательных веществ и коэффициент компенсации выноса, или интенсивность баланса. Баланс элементов минерального питания является одной из основных составляющих теории применения удобрений и характеризует прогноз изменения плодородия почвы [7, 8, 9, 10, 11].

Зная поступление и расход питательных веществ, можно прогнозировать направление изменения агрохимических показателей почвы и целенаправленно влиять на её плодородие. Однако при расчётах надлежит предусматривать сей момент, отчего невозможно дать однозначный ответ на вопрос, является ли тот или иной баланс предпочтительным. Если на малоплодородных почвах положительный баланс является необходимым условием сохранения плодородия почвы, то на хорошо окультуренных почвах он может быть нулевым или даже отрицательным, в зависимости от возделываемой культуры [12, 13, 14, 15, 16].

В настоящее время для расчёта баланса питательных элементов в почве используются нормативы выноса азота, фосфора и калия отдельными сельскохозяйственными культурами. При создании новых интенсивных сортов зерновых культур нормативы выноса единицей урожая должны быть дифференцированы с отображением наследственной индивидуальности минерального компонента определённого сорта. Бесспорно, комплекс удобрений обязан принимать во внимание уникальности определённого сорта, а не обязан быть рассчитан на персональную культуру. Это даёт возможность достаточно глубоко осветить сорта подобно составляющей агротехнологии с точки зрения качества и продуктивности зерновой продукции, предельного сокращения затрат на производство товарной продукции и обоснованного задействия минудобрений [17, 18, 19, 20, 21].

Цель эксперимента – на дерново-подзолистой почве проработать потребление пищевых компонентов сортами ржи озимой и перспективы поддержания её плодородия в интенсивных агротехнологиях с дифференцированной величиной применения минудобрений.

Материалы и методы. С 2012 по 2023 гг. в закреплённом опыте ФИЦ «Немчиновка» реализовывали проверки по изысканию поведения гибрида ржи озимой доморощенного происхождения Немчиновский 1 и сортов Московская 18, Московская 15, Московская 12 на реализовываемые агротехнологии – высокоинтенсивную, интенсивную и базовую, каковые обладали дифференцированным масштабом задействования средств защитных мероприятий для растений и минудобрений. Рожь озимую высевали в трёхпольном агрофитоценозе: пар занятый (викоовсяная зерносмесь на сидерат) – рожь озимая (технология сортовая) – зерновые яровые.

Окультуренная среднесуглинистая дерново-подзолистая почва, на каковой располагался опытный участок имела определённые характеристики: Нг – 1,16-1,34 ммоль/100 г; содержание (по Кирсанову) подвижного калия и фосфора 122-156 и 274-316 мг/кг почвы.

Программа эксперимента содержала три комплекса удобрений, предусмотренных на предполагаемую продуктивность 4, 6 и 8 т/га, с поправкой на реальное значение подвижного фосфора и калия в почвенном горизонте. По итогам обследования растений и почвы были определены дозы азотных удобрений в подкормку. Комплекс защитных мероприятий для растений включал неоднократное опрыскивание баковыми смесями ядовитых веществ в корреляции с интенсивностью агротехнологии и обеззараживание зёрен до посева. Базовая технология – однократное опрыскивание весной в кушение, интенсивная и высокоинтенсивная – двукратное в фазы кушение и выход в трубку баковой смесью и дополнительно фунгицидом и инсектицидом в колошение для защиты колоса по высокоинтенсивной технологии. Опытная делянка по площади равнялась 80 м², каковые в эксперименте размещались систематически в четырёхкратной повторности.

Учёт урожайности осуществляли сплошным методом. Урожай зерна приводили к стандартной влажности 14%. Статистическая обработка урожайных данных проведена методом двухфакторного дисперсионного анализа (фактор А – сорт; фактор В – технология) с помощью программы Excel и по Б. А. Доспехову.

Накануне уборки по всем агротехнологиям и сортам брали образцы товарной и нетоварной части урожая. После их мокрого озоления по К. Гинзбургу определяли азот по Къельдалю, фосфор – фотоколориметрическим методом, калий – на пламенном фотометре. В расчётах выноса и баланса питательных веществ использовали Методические руководства по нормативам выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами, определению баланса питательных веществ и гумуса.

Результаты и обсуждение. Как показывают результаты проведённых многолетних исследований, комплекс агротехнических мероприятий, осуществляемый в технологиях возделывания сортов озимой ржи, особенно задействование индивидуализированного комплекса защитных мероприятий для растений и увеличенных доз минудобрений при интенсивной и высокоинтенсивной технологии, позволяет эффективно получать стабильно высокие урожаи зерна (таблица 1).

Экспериментальные данные таблицы 1 показали, что средняя урожайность за годы исследований у сорта озимой ржи Московская 12 с повышением уровня интенсивности составляла 6,47-9,14 т/га, у сорта Московская 15 – 6,86-9,21 т/га, у сорта Московская 18 – 6,90-8,94 т/га, гибрида F1 Немчиновский 1 – 7,08-8,97 т/га. Дополнительно к базовой технологии по сортам получено от 1,03 до 1,48 тонн (14,5-21,6%) зерна при их возделывании по интенсивной технологии и от 1,89 до 2,67 тонн (26,7-41,3%) – при высокоинтенсивной технологии. Значительное увеличение урожая между изучаемыми сортами наблюдалось по фактору А. Лучшей отзывчивостью на применяемые технологии выделялся сорт Московская 15. Его урожайность составляла в среднем 8,14 т/га. Таковая у Московской 18 была меньше этого сорта на 2,3%, у Московской 12 – на 5,0%, а у гибрида Немчиновский 1 на одном уровне с ним. Урожайность ржи озимой в среднем по фактору В обеспечивалась по высокоинтенсивной технологии на уровне 9,06 т/га, интенсивной – 8,01 т/га и базовой – 6,83 т/га. Увеличение относительно базовой, соответственно, составило 2,23 и 1,18 т/га.

Таблица 1 – Средняя урожайность сортов ржи озимой, т/га
Table 1 – Average yield of winter rye varieties, t/ha

Table 1. Average yield of winter type varieties, t/ha											
Сорт (фактор А) / Variety (factor A)	Технология (фактор В) / Technology (factor B)	Годы / Years	Урожай- ность / Yield	±/- к базовой технологии / to basic technology		Среднее по технологиям (фактор В) / Average by technology (factor B)					
				т/га / t/ha	%	1	2	3			
Московская 12 / Moskovskaya 12	1	2012-2022	6,47	-	-	6,83	8,01	9,06			
	2		7,58	1,11	17,2						
	3		9,14	2,67	41,3						
Среднее по сорту (фактор А) / Average by grade (factor A) – 7,73											
Московская 15 / Moskovskaya 15	1	2012-2023	6,86	-	-						
	2		8,34	1,48	21,6						
	3		9,21	2,35	34,3						
Среднее по сорту (фактор А) / Average by grade (factor A) – 8,14											
Московская 18 / Moskovskaya 18	1	2017-2023	6,90	-	-						
	2		8,01	1,11	16,1						
	3		8,94	2,04	29,6						
Среднее по сорту (фактор А) / Average by grade (factor A) – 7,95											
Немчиновский 1 / Nemchinovsky 1	1	2020-2023	7,08	-	-	Прибавка к базовой технологии / Addition to basic technology					
	2		8,11	1,03	14,5	т/га / t/ha	-	1,18			
	3		8,97	1,89	26,7						
Среднее по сорту (фактор А) / Average by grade (factor A) – 8,05						%	-	17,3	32,6		
HCP ₀₅ (фактор А) / (factor A) = 0,10 т/га; HCP ₀₅ (фактор В) / (factor B) = 0,09 т/га; HCP ₀₅ (общая) / (general) = 0,18 т/га											

Примечание / Note: 1 – базовая / basic, 2 – интенсивная / intensive, 3 – высокоинтенсивная технология / highly intensive technology.

Период развития растения от семени до семени связан с жизненным циклом, в течение которого меняется его отношение к условиям экосистемы, включительно к условиям минерального питания. Потребление растениями элементов минерального питания происходит на протяжении всей вегетации растений и в конечном итоге определяет формирование урожая. Интенсивные сорта (гибриды) зерновых культур отличаются способностью усваивать большое количество элементов питания, поступающих с удобрениями и содержащихся в почве, высокой физиологической активностью корневой системы. Научное сообщество придерживается мнения, что новые сорта (гибриды) по-разному реагируют на факторы экосистемы, включительно на минеральное питание. Поэтому хозяйственный вынос питательных веществ может несколько отличаться у разных сортов [22, 23, 24, 25, 26].

Таблица 2 – Вынос элементов питания сортами озимой ржи
в технологиях различного уровня интенсивности

Table 2 – Removal of nutrients by winter rye varieties in technologies of different intensity levels

Сорт / Variety	Количество лет исследо- ваний / Number of years of search	Технология / Technology	Урожай, кг/га / Yield, kg/ha			На 1 тонну продукции с учётом побочной, кг / For 1 ton of products including by-products, kg		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Московская 12 / Moskovskaya 12	11	1	136	60	131	21,0	9,2	20,3
		2	170	76	166	22,5	10,0	21,9
		3	211	97	211	23,9	10,6	23,1
Московская 15 / Moskovskaya 15	11	1	146	60	141	21,2	8,7	20,5
		2	186	81	184	22,4	9,7	22,1
		3	223	94	218	24,2	10,2	23,6
Московская 18 / Moskovskaya 18	7	1	160	60	138	23,2	8,7	20,0
		2	197	79	178	24,5	9,8	22,2
		3	229	93	209	25,6	10,4	23,4
Немчиновский 1 / Nemchinovsky 1	4	1	162	61	155	22,9	8,6	22,0
		2	193	84	187	23,8	10,3	23,0
		3	222	100	219	24,8	11,1	24,4

Примечание / Note: 1 – базовая / basic, 2 – интенсивная / intensive, 3 – высокоинтенсивная технология / highly intensive technology.

Произведённые нами расчёты по потреблению элементов питания сортами озимой ржи показали, что с повышением интенсификации технологии однозначно с увеличением урожайности растёт удельный вынос (кг/т) и хозяйственный вынос урожаем (кг/га). В среднем ежегодно хозяйственный вынос азота урожаем сорта Московская 12 равнялся по технологиям 136-211 кг/га, 60-97 кг/га P_2O_5 , 131-211 кг/га K_2O . В сравнении с сортом Московская 12 сорт Московская 15 по базовой технологии выносил азота больше на 10 кг/га, гибрид Немчиновский 1 – на 26 кг/га, Московская 18 – на 24 кг/га. При агротехнологии интенсивной превышение выноса по сравнению с Московской 12 обеспечивалось, соответственно, у Московской 15 на уровне 16 кг/га, Немчиновского 1 – 23 кг/га и у Московской 18 – 27 кг/га. При возделывании по агротехнологии высокоинтенсивной превышение выноса по сравнению с Московской 12 обеспечивалось, соответственно, у Московской 15 на уровне 12 кг/га, Немчиновского 1 – 11 кг/га и у Московской 18 – 18 кг/га (таблица 2).

Хозяйственный вынос фосфора сортами и гибридом озимой ржи по базовой технологии был равнозначным и равнялся 60-61 кг/га, по интенсивной технологии изменялся от 76 до 84 кг/га, по высокоинтенсивной – от 93 до 100 кг/га. Большей величиной выноса по фосфору отмечался гибрид F1 Немчиновский 1.

Вынос калия урожаем на базовой технологии изменялся от 131 кг/га по сорту Московская 12 до 138-141 кг/га по сортам Московская 18 и Московская 15 и 155 кг/га у гибрида F1 Немчиновский 1. На интенсивной технологии меньшей величиной выноса K_2O с гектарной площади характеризовался сорт Московская 12 – 166 кг, у остальных изучаемых сортов он был больше на 7-13%. На высокоинтенсивной технологии примерно равнозначными величинами выноса калия отмечались сорта Московская 18, Московская 12 (209-211 кг/га) и Московская 18 с гибридом F1 Немчиновский 1 (218-219 кг/га).

Более информативным показателем, определяющим потребность той или иной культуры в минеральных удобрениях, является удельный вынос на 1 тонну продукции. При расчётах выноса питательных веществ 1 тонной продукции использовали данные по урожаю основной и побочной продукции, содержание NPK и абсолютно сухого вещества в основной и побочной продукции. Данные таблицы 2 показывают, что удельный вынос азота сортами Московская 12 и Московская 15 по базовой технологии составлял порядка 21,0-21,2 кг с 1 тонной основной и побочной продукции, сортом Московская 18 и гибридом Немчиновский 1 – на 1,7-2,2 кг больше. По высокоинтенсивной и интенсивной агротехнологии данная величина по сорту Московская 18 и гибриду Немчиновский 1 также превышала значения двух других сортов. Удельный вынос фосфора по изучаемым сортам по агротехнологии высокоинтенсивной колебался в рамках – от 10,2 до 11,1 кг/т, интенсивной – от 9,7 до 10,3 кг/т, базовой – от 8,6 до 9,2 кг/т. Вынос калия по существу был соизмерим с выносом азота. Результат изменялся по агротехнологии базовой от 20 кг/т продукции по сорту Московская 18 до 22 кг/т по гибриду Немчиновский 1. По интенсивной технологии гибрид F1 потреблял калия больше на 1 кг, его удельный вынос равнялся 23 кг/т. По высокоинтенсивной технологии вынос калия гибридом F1 превышал таковой по другим сортам на 0,8-1,3 кг/т продукции. Таким образом, по расчётным данным можно констатировать, что большей требовательностью к минеральному питанию выделяется Немчиновский 1 (гибрид F1), меньшей – сорт Московская 12.

Нами также рассчитан баланс питательных элементов по каждому сорту и технологиям. В приходной части баланса предусматривали поступление питательных веществ с удобрениями. Это существенная доля приходной статьи баланса, которая может составлять от 40 до 80%. При расчёте поступления азота учитывали симбиотическую фиксацию азота клубеньковыми бактериями бобового компонента однолетних трав как предшественника. В нашем случае принята условная величина 6 кг N на 1 т сена. Поглощение атмосферного азота и превращение его в органическую форму (несимбиотическая азотофиксация) осуществляется свободно живущими микроорганизмами. В наших опытах за счёт несимбиотической азотофиксации синтезировалось от 2 до 4,5 кг N/га в зависимости от интенсивности возделывания. Незначительное количество азота, фосфора и калия поступает в почву с семенами и атмосферными осадками. При расчёте поступления NPK с семенами учитывали норму посева и содержание элементов питания в посевном материале. Величина поступления азота с атмосферными осадками зависит от климатических условий ре-

гиона, главным образом от их количества. Принимая в расчёт, что 500 мм осадков обеспечивает поступление в почву 5,4 кг N /га, его среднегодовая статья прихода по данным 2012-2023 гг. равнялось 8,3 кг/га. При расчёте статей прихода с атмосферными осадками фосфора и калия использовали данные лизиметрических исследований.

Главная статья расхода элементов питания – вынос их урожаем основной и побочной продукцией. Также принимались в расчёт потери азота при денитрификации (газообразные потери) и вымывании. Величина газообразных потерь азота в данном случае обычно составляет от 10 до 20% от внесённого с удобрениями. Величины потерь азота, фосфора и калия при вымывании согласовывались с данными лизиметрических исследований.

Среднегодовой хозяйственный баланс азота, рассчитанный по каждому сорту и технологиям, отмечался отрицательным (рисунок 1). По базовой технологии баланс азота изменялся в зависимости от сорта от -37 до -63 кг/га, высокоинтенсивной – от -66 до -84 кг/га и интенсивной – от -47 до -74 кг/га.

Для всякой агротехнологии возделывания ржи озимой баланс азота в сущности был недостающим: по высокоинтенсивной – -76 кг/га, интенсивной – -64 кг/га и базовой – -52 кг/га. Указанное является признаком того, что активные сорта ржи озимой более требовательны к азотному питанию и помимо потребления азота из внесённых минеральных удобрений идёт потребление его из почвенно-поглощающего комплекса. За вегетацию потребление азота из почвенных ресурсов может достигать 60 кг/га.

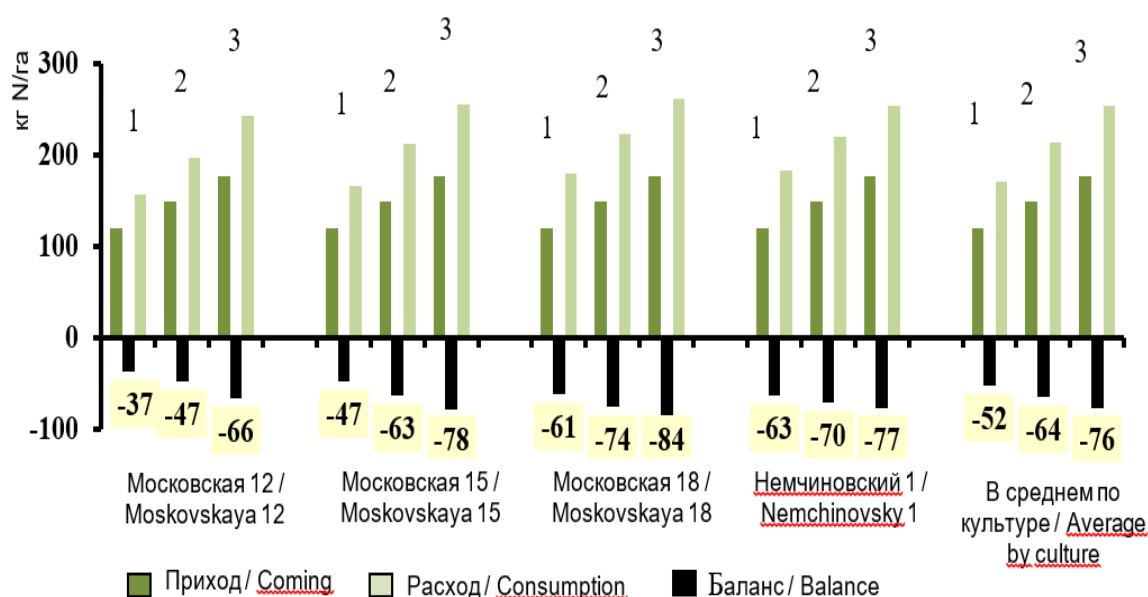


Рисунок 1 – Баланс азота в агроценозе озимой ржи

Figure 1 – Nitrogen balance in the agroecosystem of winter rye

1 – базовая / basic, 2 – интенсивная / intensive, 3 – высокоинтенсивная технология / highly intensive technology.

В годы исследований баланс фосфора был положительным и с близкими величинами как по агротехнологиям, так и сортам. При этом статьи прихода фосфора с осадками и его вымыванием в расчёт баланса не включались, так как по данным лизиметрических исследований количество фосфора, поступающего с осадками, и потери с вымыванием сбалансированы и равняются 0,4 кг/га. Таким образом, основная статья прихода – поступление с минеральными удобрениями, а расхода – вынос с урожаем. По базовой технологии при применении дозы удобрения P_{60} баланс фосфора можно считать бездефицитным. С применением по интенсивной технологии дозы P_{90} баланс фосфора по сортам изменялся в пределах +7 – +15 кг/га, по высокоинтенсивной технологии при дозе P_{120} – +21 – +28 кг/га. Соответственно в среднем по культуре составлял +11 и +25 кг/га (рисунок 2).

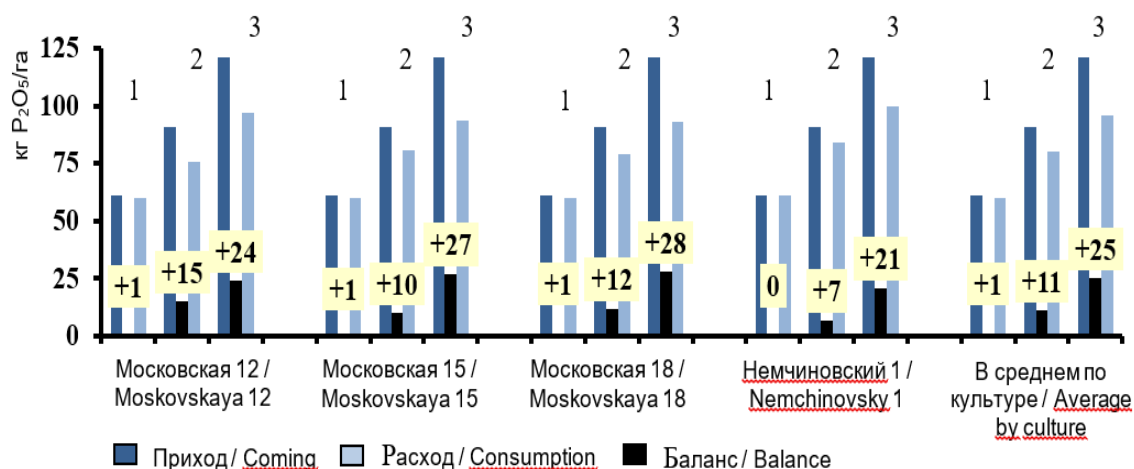


Рисунок 2 – Баланс фосфора в агроценозе озимой ржи

Figure 2 – Phosphorus balance in the agroecosystem of winter rye

1 – базовая / basic, 2 – интенсивная / intensive, 3 – высокоинтенсивная технология / highly intensive technology.

Внесение калийных минудобрений на прогнозируемый урожай ржи озимой по агротехнологиям рассчитанными дозами от 4 до 8 т/га не покрывало вынос этого элемента питания культурами. Баланс калия фиксировался минусовым и соответствовал по сортам на высокоинтенсивной агротехнологии от -26 до -44 кг/га, интенсивной – от -45 до -72 кг/га и базовой – от -36 до -60 кг/га (рисунок 3).

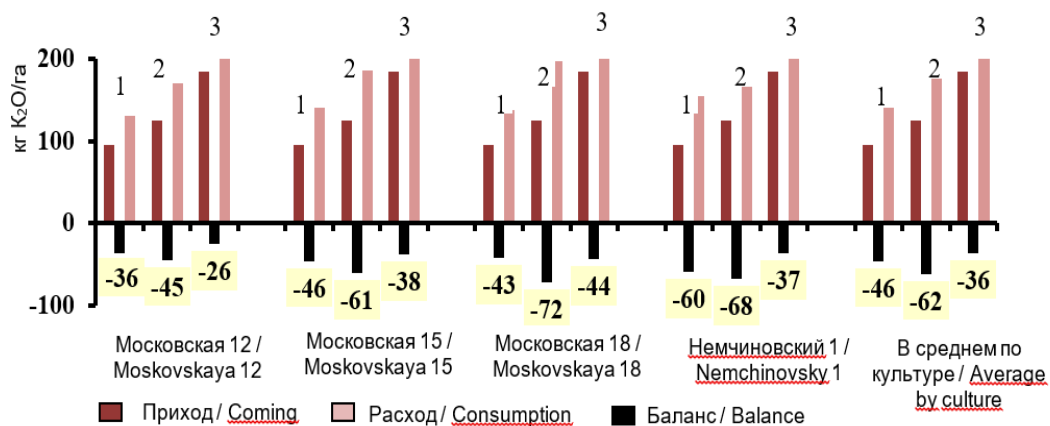


Рисунок 3 – Баланс калия в агроценозе озимой ржи

Figure 3 – Potassium balance in winter rye agroecosystem

1 – базовая / basic, 2 – интенсивная / intensive, 3 – высокоинтенсивная технология / highly intensive technology.

Впрочем сравнительно устойчивое на протяжении опытов значение подвижных форм калия в почвенном горизонте, каковое устанавливалось в пределах увеличенной доступности (134-166 мг/кг), при убыточном балансе, возможно, свидетельствует об вовлечённости в растительном питании и в сохранении необменного и обменного калия иных его соединений, не растворяемых слабокислыми и соевыми вытяжками. Повышенный вынос калия из почвы обеспечивается за счёт межслоевых форм минералов как с подвижной, так и со стабильной решёткой, а из почвенных ресурсов возможно потребление калия до 200 кг/га.

Интенсивность баланса при применении расчётных доз удобрений в технологиях возделывания озимой ржи составляла: азота – 70%, фосфора – 102-126%, калия – 67-84% (рисунок 4).

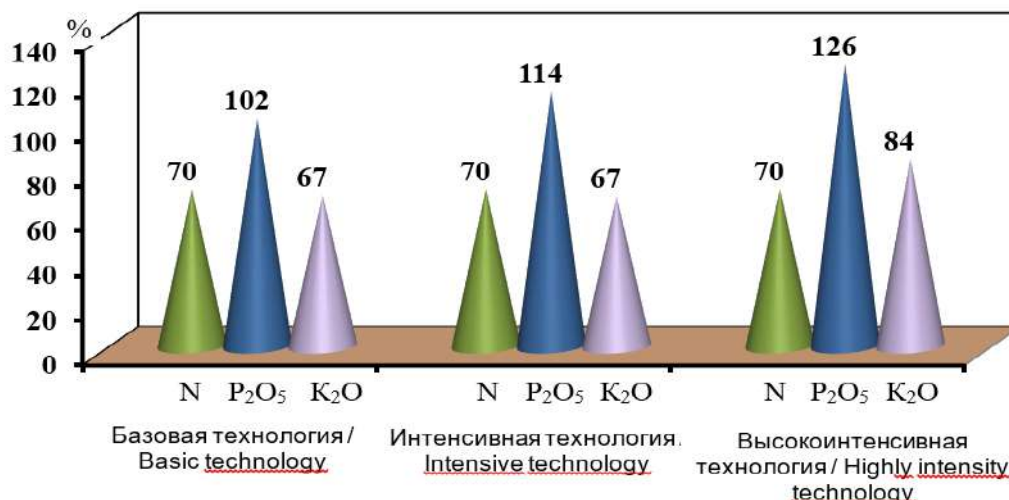


Рисунок 4 – Интенсивность баланса элементов питания в технологиях возделывания озимой ржи

Figure 4 – Battery balance intensity in winter rye cultivation technologies

Следовательно, в среднем за годы исследований при возделывании сортов озимой ржи по технологиям с разным уровнем интенсивности наблюдался экстенсивный баланс азота и калия. По калию его экстенсивность 67-84% не имеет отрицательного воздействия на плодородие почвы, и вполне допустима.

Заключение. Выращивание сортов озимой ржи селекции ФИЦ «Немчиновка» по интенсивным технологиям и рассчитанными дозами минудобрений на проектируемый урожай от 6 до 8 т/га, а также дифференцированной системой защиты растений обеспечивает стабильно высокие урожаи зерна по базовой технологии – 6,5-7,1 т/га, интенсивной технологии – 7,6-8,3 т/га, высокоинтенсивной технологии – 8,9-9,2 т/га. Это предопределило повышенные значения хозяйственного выноса питательных веществ. Выполненные балансовые расчёты показывают преобладание выноса азота и калия урожаем основной и побочной продукции над их поступлением по каждой применяемой технологии возделывания сортов озимой ржи. Однако на хорошо окультуренной почве экстенсивность баланса по этим элементам питания не является критичным и предполагает сохранение потенциального плодородия почвы, если повысить роль биологического азота предшественника и применять периодически органические удобрения. Положительный баланс фосфора по интенсивным технологиям обозначает эффективное воспроизводство плодородия.

Conclusions. Cultivation of winter rye varieties selected by the Federal Research Center "Nemchinovka" using intensive technologies and calculated doses of mineral fertilizers for the projected yield from 6 to 8 t/ha, as well as a differentiated plant protection system, ensures consistently high grain yields using the basic technology – 6.5-7.1 t/ha, intensive technology – 7.6-8.3 t/ha, high-intensity technology – 8.9-9.2 t/ha. This predetermined increased values of economic removal of nutrients. The balance calculations performed show the predominance of the removal of nitrogen and potassium by the harvest of the main and by-products over their intake for each technology used for cultivating winter rye varieties. However, on well-cultivated soil, the extensive balance of these nutrients is not critical and assumes the preservation of the potential soil fertility if the role of biological nitrogen precursor is increased and organic fertilizers are periodically applied. A positive phosphorus balance using intensive technologies means effective reproduction of fertility.

Библиографический список

1. Беляков А. М., Беленков А. И. Агроэкологический анализ состояния современного земледелия засушливой зоны на примере Волгоградской области. Экологический Вестник Северного Кавказа. 2024. Т. 20. № 1. С. 136-143.
2. Богданчиков И. Ю., Бышов Н. В., Бачурин А. Н. Результаты исследований по вопросам дифференцированного внесения рабочего раствора в устройстве для утилизации незерновой части урожая. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2016. № 4 (32). С. 73-78.
3. Борин А. А., Лощина А. Э. Агротехнологии разной интенсивности и урожайность зерновых культур на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья. Аграрная Россия. 2020. № 12. С. 3-8.

4. Воронов С. И. Парадигма адаптивно-биосферного земледелия на современном этапе развития АПК. Инновационные технологии в земледелии и мелиорации на современном этапе развития АПК: материалы Всероссийской науч.-практ. конференции с международным участием. Махачкала, 2022. С. 26-32.
5. Воронов С. И., Зеленев А. В. Современные технологии адаптивно-ландшафтного земледелия в реализации генетического потенциала зерновых и зернобобовых культур. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 1 (73). С. 21-31.
6. Кирдин В. Ф., Штырхунов В. Д., Конончук В. В. и др. Технологические основы адаптивной интенсификации растениеводства. Аграрная Россия. 2024. № 1. С. 3-10.
7. Анкудович Ю. Н. Продуктивность севооборота, баланс элементов питания и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы. Плодородие. 2022. № 5 (128). С. 8-11.
8. Воронов С. И. Состояние селекции и семеноводства зерновых культур в Российской Федерации в свете адаптивно-биосферной парадигмы земледелия. Известия Международной академии аграрного образования. 2023. № 65. С. 41-44.
9. Кирдин В. Ф., Штырхунов В. Д., Конончук В. В. и др. Энергоэкономные природоподобные технологии и каковы их принципы. Аграрная Россия. 2024. № 6. С. 20-23.
10. Лобода Б. П., Гармаш Н. Ю., Гармаш Г. А. Миграция элементов питания в дерново-подзолистых почвах при различных уровнях окультуривания. Аграрная Россия. 2023. № 1. С. 9-12.
11. Перекрестов Н. В., Алиханов К. Э., Лебедева Е. П. Технология возделывания зерновых культур. Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы Национальной науч.-практ. конференции. Волгоград, 2021. С. 130-135.
12. Завьялова Н. Е., Васбиева М. Т., Шишков Д. Г. Влияние минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, содержание основных элементов питания и тяжёлых металлов в озимой ржи. Агрохимия. 2021. № 4. С. 49-56.
13. Зеленев А. В., Семинченко Е. В. Повышение плодородия светло-каштановых почв и влияние биологизированных приёмов на урожайность зерновых культур. Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы Международной науч.-практ. конференции. Солёное Займище, 2020. С. 316-321.
14. Лыскова И. В. Влияние минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, урожайность и качество зерновых культур. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 6 (61). С. 35-40.
15. Митрофанов С. В. и др. Математические модели по прогнозированию баланса гумуса. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2019. № 2 (42). С. 25-29.
16. Реимов Н. Б., Айтмуратов М. Т. Совершенствование агротехнологий для повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур в условиях Республики Каракалпакстан. Современные направления в решении проблем АПК на основе инновационных технологий: материалы Международной науч.-практ. конференции. Волгоград, 2021. С. 260-266.
17. Воронов С. И., Киричкова И. В., Новиков С. Ю. Возделывание озимой ржи при различных уровнях интенсификации в Центральном Нечерноземье. Аграрная Россия. 2023. № 11. С. 3-6.
18. Зверева Г. Н., Беляев А. И., Петров Н. Ю. Влияние минерального питания на качественные показатели зерна сортов твёрдой пшеницы на чернозёме южном Волгоградского региона. Новые технологии. 2023. Т. 19. № 3. С. 131-138.
19. Зеленев А. В., Уришев Р. Х., Семинченко Е. В. Содержание элементов питания в почве, урожайность зерновых культур в зависимости от предшественников и приёмов биологизации в полевых севооборотах Нижнего Поволжья. Стратегия развития сельского хозяйства в современных условиях – продолжение научного наследия Листопада Г. Е., академика ВАСХНИЛ (РАСХН), доктора технических наук, профессора: материалы Национальной науч.-практ. конференции. Волгоград, 2019. С. 99-106.
20. Каипов Я. З., Султангазин З. Р. Влияние биологизированных севооборотов на агрохимические свойства почвы и зерновую продуктивность пашни в засушливой степи. Агрохимический вестник. 2022. № 5. С. 35-39.
21. Айтпаева А. А. и др. Математическое моделирование как основа программирования урожая арахиса, выращиваемого в структуре травянопропашных севооборотов аридной зоны. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 499-508.
22. Seminchenko E., Nikolskaya O., Zelenev A. The influence of nutrition elements on the productivity of crop rotation on bogar. International scientific and practical conference "Technology in agriculture, energy and ecology" (TAEE2022). AIP Conference proceedings. "AIP Conference proceedings", 2022. P. 020006.
23. Захарова О. А. и др. Баланс питательных элементов при возделывании сеяных злаковых трав на долголетней залежи. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2017. № 4 (36). С. 22-28.
24. Максимов В. А., Золотарёва Р. И., Максимова Р. Б. и др. Влияние разных доз азотной подкормки на зерновую и кормовую продуктивность сортов озимой ржи в условиях Республики Марий Эл. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 4 (65). С. 36-41.
25. Тютюма Н. В., Петров Н. Ю., Зверева Г. Н. и др. Возделывание зерновых культур на юге России. Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2024. № 1 (59). С. 8-11.
26. Чухина О. В. Влияние удобрений на вынос элементов питания культурами севооборота в Волгоградской области. Молочнохозяйственный вестник. 2018. № 4 (32). С. 46-52.

References

1. Belyakov A. M., Belenkov A. I. Agroecological analysis of the state of modern farming of arid zone on the example of Volgograd region. Ecological Bulletin of the North Caucasus. 2024. Vol. 20. № 1. Pp. 136-143.

2. Bogdanchikov I. Yu., Byshov N. V., Bachurin A. N. Results of Studies on Differentiated Application of Working Solution in a Device for Utilization of the Non-Grain Part of the Crop. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2016. № 4 (32). Pp. 73-78.
3. Borin A. A., Loschinina A. E. Agrotechnologies of different intensities and grain yields on sod-podzolic soils of the Upper Volga region. Agrarian Russia. 2020. № 12. Pp. 3-8.
4. Voronov S. I. The paradigm of adaptive-biosphere agriculture at the present stage of development of the agro-industrial complex. Innovative technologies in agriculture and land reclamation at the present stage of development of the agro-industrial complex: materials of the All-Russian scientific - practical. conferences with international participation. Makhachkala, 2022. Pp. 26-32.
5. Voronov S. I., Zelenev A. V. Modern technologies of adaptive landscape agriculture in realizing the genetic potential of grain and leguminous crops. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. № 1 (73). Pp. 21-31.
6. Kirdin V. F., Shtyrkhunov V. D., Kononchuk V. V. et al. Technological foundations of adaptive intensification of crop production. Agrarian Russia. 2024. № 1. Pp. 3-10.
7. Ankudovich Yu. N. Productivity of crop rotation, balance of nutrition elements and fertility of sod-podzolic sandy loam soil. Fertility. 2022. № 5 (128). Pp. 8-11.
8. Voronov S. I. The state of selection and seed production of grain crops in the Russian Federation in the light of the adaptive-biosphere paradigm of agriculture. Proceedings of the International Academy of Agrarian Education. 2023. № 65. Pp. 41-44.
9. Kirdin V. F., Shtyrkhunov V. D., Kononchuk V. V., et al. Energy-saving nature-like technologies and what are their principles. Agrarian Russia. 2024. № 6. Pp. 20-23.
10. Loboda B. P., Garmash N. Yu., Garmash G. A. Migration of nutrients in soddy-podzolic soils at different levels of cultivation. Agrarian Russia. 2023. № 1. Pp. 9-12.
11. Perekrestov N. V., Alikhanov K. E., Lebedeva E. P. Technology of cultivation of grain crops. Promising trends in the development of scientific research in priority areas of modernization of the agro-industrial complex and rural areas in modern socio-economic conditions: materials of the National scientific - practical conferences. Volgograd, 2021. Pp. 130-135.
12. Zavyalova N. E., Vasbieva M. T., Shishkov D. G. The influence of mineral fertilizers on the fertility of sod-podzolic soil, the content of basic nutrients and heavy metals in winter rye. Agrochemistry. 2021. № 4. Pp. 49-56.
13. Zelenev A. V., Semichenko E. V. Increasing the fertility of light chestnut soils and the influence of biologized methods on the yield of grain crops. Results and prospects for the development of the agro-industrial complex: materials of the International scientific - practical conferences. Solyonoe Zaimishche, 2020. Pp. 316-321.
14. Lyskova I. V. The influence of mineral fertilizers on the fertility of sod-podzolic soil, the yield and quality of grain crops. Agricultural science of the Euro-North-East. 2017. № 6 (61). Pp. 35-40.
15. Mitrofanov S. V. et al. Mathematical Models for Forecasting the Balance of Humus. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2019. № 2 (42). Pp. 25-29.
16. Reimov N. B., Aitmuratov M. T. Improving agricultural technologies to increase soil fertility and crop yields in the conditions of the Republic of Karakalpakstan. Modern directions in solving problems of the agro-industrial complex based on innovative technologies: materials of the International scientific – practical conferences. Volgograd, 2021. Pp. 260-266.
17. Voronov S. I., Kirichkova I. V., Novikov S. Yu. Cultivation of winter rye at different levels of intensification in the Central Non-Black Earth Region. Agrarian Russia. 2023. № 11. Pp. 3-6.
18. Zvereva G. N., Belyaev A. I., Petrov N. Yu. The influence of mineral nutrition on the quality indicators of grain of durum wheat varieties on the southern chernozem of the Volgograd region. New technologies. 2023. Vol. 19. № 3. Pp. 131-138.
19. Zelenev A. V., Urishev R. Kh., Semichenko E. V. The content of nutrients in the soil, the yield of grain crops depending on predecessors and biologization methods in field crop rotations in the Lower Volga region. The strategy for the development of agriculture in modern conditions is the continuation of the scientific heritage of Listopad G. E., academician of the Russian Academy of Agricultural Sciences (RAASHN), Doctor of Technical Sciences, Professor: materials of the National scientific - practical conferences. Volgograd, 2019. Pp. 99-106.
20. Kaipov Ya. Z., Sultangazin Z. R. The influence of biologized crop rotations on the agrochemical properties of soil and grain productivity of arable land in the arid steppe. Agrochemical Bulletin. 2022. № 5. Pp. 35-39.
21. Aitpaeva A. A., et al. Mathematical Modeling as a Basis for Programming Peanut Yield Grown in the Structure of Grass-Row Crop Rotations of the Arid Zone. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 1 (69). Pp. 499-508.
22. Semichenko E., Nikolskaya O., Zelenev A. The influence of nutrition elements on the productivity of crop rotation on bogar. International scientific and practical conference "Technology in agriculture, energy and ecology" (TAEE2022). AIP Conference proceedings. "AIP Conference proceedings", 2022. P. 020006.
23. Balance of nutrients in the cultivation of sown cereal grasses on a long-term fallow. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2017. № 4 (36). Pp. 22-28.
24. Maksimov V. A., Zolotareva R. I., Maksimova R. B. et al. The influence of different doses of nitrogen fertilizing on the grain and feed productivity of winter rye varieties in the conditions of the Republic of Mari El. Agricultural science of the Euro-North-East. 2018. № 4 (65). Pp. 36-41.
25. Tyutyuma N. V., Petrov N. Yu., Zvereva G. N. et al. Cultivation of grain crops in the south of Russia. Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. 2024. № 1 (59). Pp. 8-11.
26. Chukhina O. V. The influence of fertilizers on the removal of nutrients by crop rotation crops in the Volgograd region. Dairy Bulletin. 2018. № 4 (32). Pp. 46-52.

Информация об авторах

Капранов Владимир Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории сортовых технологий озимых зерновых культур и систем применения удобрений, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (Российская Федерация, 143026, г. Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9950-3663>, e-mail: kapr4nov.v@yandex.ru

Зеленев Александр Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории сортовых технологий озимых зерновых культур и систем применения удобрений, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (Российская Федерация, 143026, г. Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: Zelenev.A@bk.ru

Киселёв Евгений Фёдорович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории сортовых технологий озимых зерновых культур и систем применения удобрений, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (Российская Федерация, 143026, г. Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5764-4868>, e-mail: papa-john-k@yandex.ru

Тегесов Долган Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории сортовых технологий озимых зерновых культур и систем применения удобрений, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (Российская Федерация, 143026, г. Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3978-2520>, e-mail: dolgan08@mail.ru

Плескачёр Николай Юрьевич, лаборант-исследователь лаборатории сортовых технологий озимых зерновых культур и систем применения удобрений, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (Российская Федерация, 143026, г. Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4835-2812>, e-mail: pleskachev77@yandex.ru

Author's Information

Kapranov Vladimir Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Varietal Technologies of Winter Grain Crops and Fertilizer Application Systems, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center" Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoi Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center), ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9950-3663>, e-mail: kapr4nov.v@yandex.ru

Zelenev Aleksander Vasilievich, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Laboratory of Varietal Technologies of Winter Grain Crops and Fertilizer Application Systems, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center" Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoi Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: Zelenev.A@bk.ru

Kiselyov Evgeny Fedorovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Varietal Technologies of Winter Grain Crops and Fertilizer Application Systems, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center" Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoi Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center), ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5764-4868>, e-mail: papa-john-k@yandex.ru

Tegesov Dolgan Sergeevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Varietal Technologies of Winter Grain Crops and Fertilizer Application Systems, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center" Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoi Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center), ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3978-2520>, e-mail: dolgan08@mail.ru

Pleskachyov Nikolay Yuryevich, research assistant, Laboratory of Varietal Technologies of Winter Grain Crops and Fertilizer Application Systems, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center" Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoi Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center), ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4835-2812>, e-mail: pleskachev77@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-04

FACTOR ANALYSIS OF SPRING WHEAT YIELD UNDER THE INFLUENCE OF WEATHER, FOREST BELTS AND FERTILIZERS IN THE DRY STEPPE TRANS-VOLGA REGION**Proezdov P. N., Tarbaev V. A., Tarasenko P. V., Eskov D. V., Rozanov A. V.***Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov
Saratov, Russian Federation*Corresponding author E-mail: tarbaev1@mail.ru

Received 08.04.2024

Submitted 17.07.2024

Summary

The article presents the results of a factor analysis of the yield of spring wheat under the influence of weather, forest strips and fertilizers in the dry-steppe Trans-Volga region of Russia. The research results showed high regression values (correlation coefficient 0.82-0.98) between the yield of spring wheat, weather conditions, fertilizers in the system of forest strips of various designs. Protective forest strips of a blown structure and doses (norms) of mineral fertilizers are recommended: in dry periods of growing season of spring wheat 80-105 kg/ha ($N_{30-35}P_{20-40}K_{20-25}$ – for plowing; P_{10} – for sowing); in wet conditions – up to 150 kg/ha ($N_{30-35}P_{20-40}K_{20-25}$ – for plowing, P_{10} – during sowing, in the staking phase – N_{25} , before pouring grain – N_{20}).

Abstract

Introduction. In the dry steppe regions of Russia, the use of forest and irrigation reclamation increases the sustainability of agricultural production. In this regard, it is of particular scientific interest to determine the relationship and degree of influence of various reclamation and technological factors on the productivity of cultivated crops. **The purpose of the research.** The study of the dynamics of spring wheat yield under the

influence of natural and anthropogenic factors (weather, forest strips and mineral fertilizers) was the purpose of the study. **The research methodology** was based on the methodological recommendations of OST 56-69-83, Moscow State University, St. Petersburg Forestry University, the Research Institute of Agroforestry, B. A. Dospekhov, A. M. Gataulin. **Results and conclusions.** To determine the most significant natural and anthropogenic factors affecting crop yields in forested fields, a multifactorial regression model was built. The modeling made it possible to determine the most significant factors (forest strips, fertilizers) that affect (in combination and separately) the productivity of spring wheat cultivated during different growing seasons in terms of moisture and weather conditions. During the dry growing season, the factor of water deficit (evaporation minus precipitation) had the greatest impact on the yield of spring wheat, regardless of the design of forest strips. During the drought, the effect of mineral fertilizers on wheat yields decreased. During the wet growing season, the effect of fertilizers on the productivity of cereals increased (regardless of the design of forest plantations). At the same time, the influence of the water deficit factor on the wheat harvest was to a lesser extent. The highest productivity of spring wheat (yield increase in dry years – up to 10-15%) was obtained in the fields with the use of protective forest strips of blown construction compared with dense. The regression relationship between the yield of spring wheat, weather conditions, fertilizers in the system of forest strips of various designs notes high values of correlation coefficients of 0.82-0.98. Protective forest strips of blown construction and doses (norms) of mineral fertilizers are recommended: in dry periods of spring wheat vegetation 80-105 kg/ha ($N_{30-35}P_{20-40}K_{20-25}$ – for plowing; P_{10} – for sowing); in wet – up to 150 kg/ha ($N_{30-35}P_{20-40}K_{20-25}$ – for plowing, P_{10} – during sowing, in the stalking phase – N_{25} , before pouring grain – N_{20}).

Keywords: dry steppe zones, dark chestnut soil, forest belts, spring wheat, spring wheat yield.

Citation. Proezdov P. N., Tarbaev V. A., Tarasenko P. V., Leskov D. V., Rozanov A. V. Factor analysis of spring wheat yield under the influence of weather, forest belts and fertilizers in the dry steppe trans-Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 34-45 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-04.

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

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

УДК 634.2:631.8

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОГОДЫ, ЛЕСНЫХ ПОЛОС И УДОБРЕНИЙ В СУХОСТЕПНОМ ЗАВОЛЖЬЕ

Проездов П. Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Тарбаев В. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Тарасенко П. В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Есков Д. В., кандидат технических наук, доцент

Розанов А. В., кандидат физико-математических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова»

г. Саратов, Российская Федерация

Актуальность. В сухостепных районах России использование лесных и оросительных мелиораций повышает устойчивость производства сельскохозяйственной продукции. В этой связи определенный научный интерес вызывает определение взаимосвязи и степени влияния различных мелиоративных и технологических факторов на продуктивность возделываемых культур. **Цель исследований.** Изучение динамики урожайности яровой пшеницы под влиянием природно-антропогенных факторов (погоды, лесных полос и минеральных удобрений) явилось целью исследования. **Методика исследования** основывалась на методических рекомендациях ОСТ 56-69-83, Московского государственного университета, Санкт-Петербургского лесотехнического университета, ВНИИ агролесомелиорации, Б. А. Доспехова, А. М. Гатаулина. **Результаты и выводы.** Для определения наиболее существенных природно-антропогенных факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур, на облесенных полях, была построена многофакторная регрессионная модель. Моделирование позволило определить наиболее значимые факторы (лесные полосы, удобрения), оказывающие влияние (в комплексе и по отдельности) на продуктивность яровой пшеницы, возделываемой в различные по увлажнению и погодным условиям вегетационные периоды. В засушливый период вегетации наибольшее влияние на урожайность яровой пшеницы, независимо от конструкции лесных полос, оказал фактор дефицита водного баланса (испарение минус осадки). Во время засухи влияние минеральных удобрений на урожайность пшеницы уменьшалось. Во влажный период вегетации влияние удобрений на продуктивность злаков увеличивалось (независимо от кон-

струкции лесных насаждений). При этом влияние фактора дефицита водного баланса на урожай пшеницы было в меньшей степени. Наибольшая продуктивность яровой пшеницы (прибавка урожая в засушливые годы – до 10-15%.) получена на полях с применением полевых защитных лесных полос продуваемой конструкции по сравнению с плотной. Регрессионная связь между урожайностью яровой пшеницы, погодными условиями, удобрениями в системе лесных полос различной конструкции отмечает высокие значения коэффициентов корреляции 0,82-0,98. Рекомендуются полевые защитные лесные полосы продуваемой конструкции и дозы (нормы) минеральных удобрений: в засушливые периоды вегетации яровой пшеницы 80-105 кг/га ($N_{30-35}P_{20-40}K_{20-25}$ – под вспашку; P_{10} – при посеве); во влажные – до 150 кг/га ($N_{30-35}P_{20-40}K_{20-25}$ – под вспашку, P_{10} – при посеве, в фазе стеблевания – N_{25} , перед наливом зерна – N_{20}).

Ключевые слова: сухостепные зоны, темно-каштановая почвы, лесные полосы, яровая пшеница, урожайность яровой пшеницы.

Цитирование. Проездов П. Н., Тарбаев В. А., Тарасенко П. В., Есков Д. В., Розанов А. В. Факторный анализ урожайности яровой пшеницы под влиянием погоды, лесных полос и удобрений в сухостепном Заволжье. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 34-45. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-04.

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. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации основывается на использовании полевых защитных лесных полос (ПЗЛП), как основы формирования лесоаграрных ландшафтов [12]. По данным ученых из США на равнинных территориях лесные насаждения заметно улучшают климатические показатели межполосных пространств и повышают продуктивность возделываемых культур [1]. Наибольшая прибавка урожайности сельскохозяйственных культур отмечается при использовании лесных полос продуваемой и ажурной конструкции [8]. Исследователи выявили закономерности формирования урожая культур под влиянием лесных полос различной конструкции и минеральных удобрений [4]. Отмечено положительное влияние ПЗЛП на водный и пищевой режим почвы, которые регулируются приемами обработки почвы [10]. Имеются убедительные данные о наиболее эффективном применении лесных полос для повышения урожайности сельскохозяйственных культур на богаре по сравнению орошаемыми землями [11]. В настоящее время, на фоне имеющихся многочисленных данных эффективного использования лесоаграрных ландшафтов, весьма актуальны исследования, основанные на многофакторном анализе степени влияния природно-климатических и антропогенных условий (ПЗЛП, минеральные удобрения, обработка почвы и др.) на урожайность сельскохозяйственных культур.

Объект, цель, методика исследования. Исследования проводились на полях с лесными полосами в ВолжНИИГиМ Энгельсского района Саратовской области. Объектом исследования являлась яровая пшеница мягкая Фаворит, возделываемая на степных темно-каштановых средне-, тяжелосуглинистых почвах.

Цель исследования – факторный анализ урожайности яровой пшеницы под влиянием погоды, лесных полос и удобрений на темно-каштановых почвах.

Задачи исследования:

- повышение урожайности яровой пшеницы применением оптимальных конструкций полевых защитных лесных полос и доз минеральных удобрений;
- установление регрессионно-корреляционных зависимостей урожайности яровой пшеницы от природно-антропогенных факторов.

Методика исследования. В 2018-2022 гг. был проведен опыт по трехфакторной схеме: три варианта доз удобрений (фактор А), три типа конструкций ПЗЛП, расположенных перпендикулярно господствующим юго-восточным ветрам (фактор В) и девять вариантов расстояний от ПЗЛП (фактор С). Дозы минеральных удобрений: A_1 – без удобрений; A_2 – $N_{30}P_{20}K_{10}$ (60 кг/га), A_3 – $N_{75}P_{50}K_{25}$ (150 кг/га). Сроки внесения: фосфор и калий – под зиму, азот – дробно весной и в вегетацию подкормками.

Научные исследования проводились на плотной (B_1), ажурной (B_2) и продуваемой (B_3) ПЗЛП с вариантами просветов соответственно: в стволах и кронах < 10%, в стволах и кронах 30%, в стволах > 60% и кронах < 10%.

Обследование ПЗЛП выполнялось по методике ОСТ 56-69-83 (ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Методы закладки. М.: Издательство стандартов. 1984. 60 с), СПбГЛТУ [7], ВНИАЛМИ [6]. Урожайность яровой пшеницы определяли с трехкратной повторностью на различном расстоянии от ПЗЛП: от 1Н до 45Н с градацией через 5Н. В качестве контроля использовали данные, полученные для плотных ПЗЛП на расстоянии 25Н, ажурных – 35Н, продуваемых – 45Н. Пробные учетные площадки (50 м²) закладывались по Б. А. Доспехову [2]. Метод размещения вариантов – систематический, последовательный (рисунок 1).

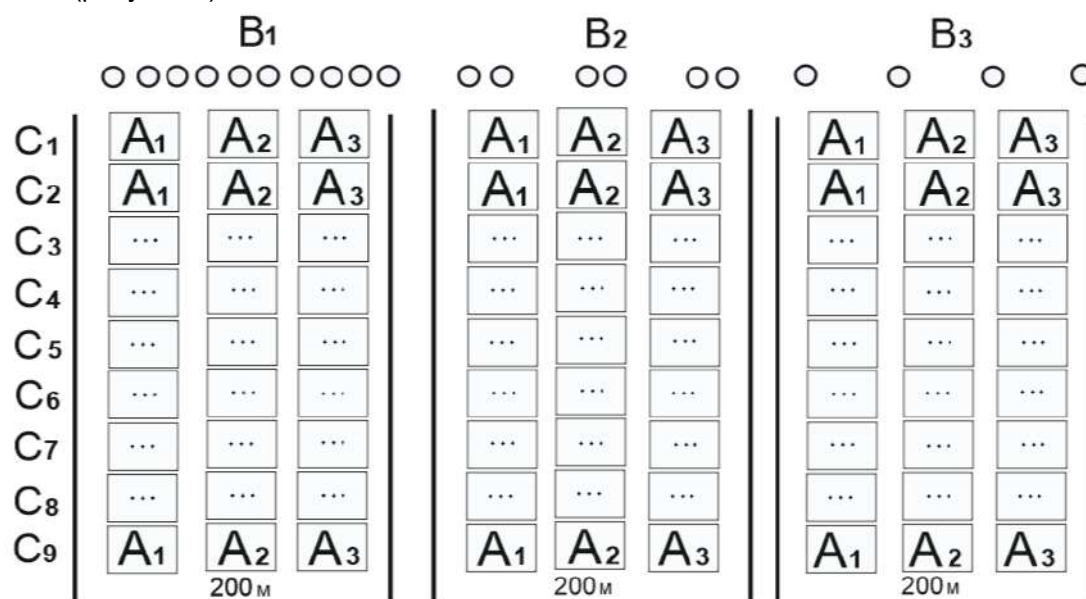


Рисунок 1 – Схема трехфакторного опыта с учетными площадками A_1 - A_3 – дозы удобрений:

B_1 - B_3 – конструкции ПЗЛП; C_1 - C_9 – расстояния от ПЗЛП (7-300 м)

Figure 1 – Scheme of the three-factor experiment with accounting sites A_1 - A_3 – fertilizer doses:

B_1 - B_3 – PZLP designs; C_1 - C_9 – distances from the PZLP (7-300 m)

Применение и расчет дозы удобрений (NPK), учет урожая проводились в соответствии с методиками Б. А. Доспехова [2], Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова [11], ВНИАЛМИ [5, 6].

Температура, влажность воздуха, осадки фиксировались pluviографом. Испарение измерялось мерным сосудом с защитным сетчатым колпаком. Диаметр мерного сосуда 13,2 см с расчетом, чтобы 1 мм испаряемого слоя было равно 1 мл объема воды.

Математическая обработка материалов наблюдения выполнена согласно Б. А. Доспехову [2], А. М. Гатаулину [3] с применением компьютерных программ Statistica, Scilab и «Пакет анализа табличного процессора» MS Excel.

Для факторного анализа были выбраны сухой (2019), средний (2020) и влажный (2022) вегетационные периоды исследования.

Результаты исследований и их обсуждение. С целью определения наиболее существенных природно-антропогенных факторов, влияющих на урожайность яровой пшеницы на облесенных полях, построена многофакторная регрессионная модель. Моделирование позволяет определить наиболее значимые факторы среды и их взаимное влияние в различные по увлажнению погодные условия.

По данным наблюдений (таблицы 1) построены множественные регрессии (1-4):

$$d = b_0 + b_1 O_r + b_2 A + b_3 H + b_4 O_r A + b_5 O_r H + b_6 A H + b_7 O_r A H \quad (1)$$

$$Y = b_0 + b_1 d + b_2 A + b_3 H + b_4 d A + b_5 d H + b_6 A H + b_7 d A H \quad (2)$$

$$Y = b_0 + b_1 d + b_2 A + b_3 U + b_4 dA + b_5 dU + b_6 AU + b_7 dAU \quad (3)$$

$$Y = b_0 + b_1 H + b_2 A + b_3 U + b_4 HA + b_5 AU + b_6 HU + b_7 HAU \quad (4)$$

где: d – дефицит водного баланса (разность между испарением и осадками), мм; Y – урожайность, т/га; O_T – гидротермический коэффициент (отношение количества осадков в мм, умноженное на 10, к сумме температур $> 10^\circ\text{C}$ за вегетацию растения); A – тип конструкции ЛП (ажурность), %: плотная – 10%, ажурная – 30%, продуваемая – 60%; H – расстояние от лесной полосы (ЛП), измеряемое в единицах защитной высоты ЛП; U – доза минеральных удобрений (NPK), кг/га; b_0 – b_7 – коэффициенты множественной регрессии.

Таблица 1 – Дефицит водного баланса и урожайность яровой пшеницы под влиянием конструкций лесных полос и удобрений в различные по увлажнению вегетационные периоды

Table 1 – Water balance deficit and spring wheat yield under the influence of forest belt designs and fertilizers in vegetation periods of different moisture

Расстояние от лесополосы, H / Distance from the forest belt, N	d, мм	Урожай, т/га, при дозе NPK, кг/га / Yield, t/ha, at NPK dose, kg/ha			d, мм	Урожай, т/га, при дозе NPK, кг/га / Yield, t/ha, at NPK dose, kg/ha			d, мм	Урожай, т/га, при дозе NPK, кг/га / Yield, t/ha, at NPK dose, kg/ha		
		0	60	150		0	60	150		0	60	150
	Сухой 2019 г. ГТК = 0,30 / Dry year				Средний 2020 г. ГТК=0,70 / Average year				Влажный 2022 г. ГТК = 1,20 / Wet year			
	Плотная ЛП / Dense forest belt											
1	808	1,43	1,57	1,62	580	2,68	2,90	3,17	80	4,17	5,39	5,90
5	790	1,71	1,89	1,95	470	2,81	3,18	3,44	73	4,22	5,47	5,96
10	792	1,69	1,79	1,80	500	2,77	3,10	3,38	75	4,21	5,45	5,92
20	796	1,66	1,74	1,77	530	2,71	2,95	3,27	77	4,19	5,43	5,89
25	805	1,56	1,71	1,75	570	2,43	2,75	2,91	81	4,17	5,40	5,79
30	805	1,56	1,71	1,75	570	2,43	2,75	2,912	81	4,17	5,40	5,79
35	805	1,56	1,71	1,75	570	2,43	2,75	,912,	81	4,17	5,40	5,79
40	805	1,56	1,71	1,75	570	2,43	2,75	912,9	81	4,17	5,40	5,79
45	805	1,56	1,71	1,75	570	2,43	2,75	1	81	4,17	5,40	5,79
Ажурная ЛП / Openwork forest belt												
1	790	1,53	1,68	1,74	550	2,87	3,10	3,25	78	4,29	5,66	6,17
5	770	1,83	2,03	2,09	445	2,95	3,49	3,61	71	4,34	5,77	6,23
10	775	1,80	1,92	2,04	477	2,89	3,21	3,47	74	4,31	5,74	6,18
20	780	1,78	1,96	2,00	510	2,74	2,99	3,31	75	4,34	5,80	6,12
25	782	1,67	1,83	1,91	535	2,67	2,83	3,22	78	4,30	5,69	6,01
30	783	1,60	1,76	1,86	560	2,57	2,80	3,06	80	4,25	5,43	5,87
35	785	1,58	1,74	1,82	585	2,45	2,78	2,91	81	4,18	5,40	5,79
40	790	1,58	1,74	1,80	585	2,45	2,78	2,91	81	4,18	5,40	5,79
45	790	1,58	1,74	1,80	585	2,45	2,78	2,91	81	4,18	5,40	5,79
Продуваемая ЛП / Windy forest belt												
1	785	1,58	1,75	1,80	530	2,93	3,19	3,34	74	4,37	5,78	6,34
5	761	1,88	2,10	2,15	430	3,09	3,64	3,77	68	4,45	5,87	6,53
10	765	1,84	2,07	2,12	470	3,01	3,29	3,64	70	4,40	5,81	6,43
20	770	1,82	2,05	2,10	510	2,96	3,25	3,36	71	4,29	5,80	6,00
25	775	1,72	1,89	1,95	525	2,75	2,94	3,29	74	4,26	5,72	5,91
30	777	1,70	1,84	1,90	540	2,63	2,87	3,16	76	4,21	5,49	5,80
35	780	1,65	1,80	1,86	550	2,50	2,82	3,05	78	4,20	5,41	5,78
40	783	1,62	1,77	1,82	562	2,48	2,75	2,99	80	4,17	5,39	5,78
45	785	1,60	1,77	1,82	570	2,48	2,70	2,92	80	4,17	5,39	5,78

Примечание. d – дефицит водного баланса; ГТК – гидротермический коэффициент.

Note. d – water balance deficit; HTC is the hydrothermal coefficient.

Системы ПЗЛП создают микроклимат, влияющий на урожайность возделываемых культур [4, 5, 8, 9]. Из микроклиматических показателей изменяются скорость ветра (ведущий параметр), температура, влажность воздуха и дефицит водного баланса (ДВБ).

В качестве меры тесноты статистической связи между урожайностью культур и природно-антропогенными факторами (уравнения: 1-4) используется коэффициент парной корреляции (5) [2, 3]:

$$\rho_{xy} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (5)$$

Для количественной оценки взаимосвязи ДВБ и урожайности и каждого из входящих в уравнения регрессии 1-4 факторов использован инструмент «Корреляция» из пакета «Анализ данных» табличного процессора MS Excel. Результаты вычислений представлены графически на рисунках 2-5 (таблица 2).

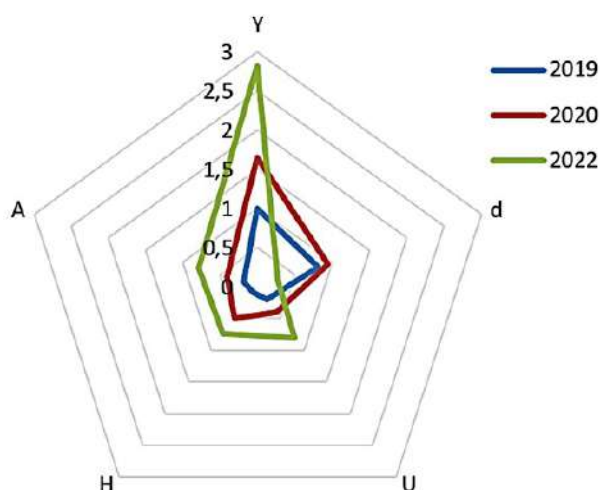
Таблица 2 – Значения коэффициентов парной корреляции урожайности яровой пшеницы в зависимости от факторов опыта в системе лесных полос плотной и продуваемой конструкций в различные по увлажнению годы

Table 2 – Values of the coefficients of paired correlation of spring wheat yield depending on the factors of experience in the system of forest belts of dense and wind-blown structures in different moisture years

Показатели / Indicators	Конструкция ПЗЛП / Forest belt structures	Коэффициенты корреляции / Correlation coefficients				
		Y	d	U	H	A
2019 г.						
Урожайность Y, т/га / Yield Y, t/ha	Плотная / Dense	1	–	–	–	–
	Продуваемая / Windproof	1	–	–	–	–
Дефицит водного баланса d, мм / Water balance deficit d, mm	Плотная / Dense	минус 0,57	1	–	–	–
	Продуваемая / Windproof	минус 0,81	1	–	–	–
Доза удобрений U, кг/га / Fertilizer dose U, kg/ha	Плотная / Dense	0,55	0,35	1	–	–
	Продуваемая / Windproof	0,20	0,35	1	–	–
Расстояние от ЛП H, 1-45H / Distance from forest belt H, 1-45H	Плотная / Dense	0,46	0,45	0,99	1	–
	Продуваемая / Windproof	0,10	0,45	0,99	1	–
Ажурность (конструкция) ЛП, A, % / Openwork (construction) of forest belt, A, %	Плотная / Dense	0,54	0,36	0,99	0,99	1
	Продуваемая / Windproof	0,19	0,36	0,99	0,99	1
2020 г.						
Урожайность Y, т/га / Yield Y, t/ha	Плотная / Dense	1	–	–	–	–
	Продуваемая / Windproof	1	–	–	–	–
Дефицит водного баланса d, мм / Water balance deficit d, mm	Плотная / Dense	минус 0,77	1	–	–	–
	Продуваемая / Windproof	минус 0,94	1	–	–	–
Доза удобрений U, кг/га / Fertilizer dose U, kg/ha	Плотная / Dense	0,21	0,37	1	–	–
	Продуваемая / Windproof	минус 0,40	0,64	1	–	–
Расстояние от ЛП H, 1-45H / Distance from the forest belt H, 1-45H	Плотная / Dense	0,12	0,45	0,99	1	–
	Продуваемая / Windproof	минус 0,50	0,71	0,99	1	–
Ажурность (конструкция) ЛП, A, % / Openwork (construction) of the forest belt, A, %	Плотная / Dense	0,22	0,36	0,99	0,99	1
	Продуваемая / Windproof	минус 0,40	0,64	0,99	0,99	1
2022 г.						
Урожайность Y, т/га / Yield Y, t/ha	Плотная / Dense	1	–	–	–	–
	Продуваемая / Windproof	1	–	–	–	–
Дефицит водного баланса d, мм / Water balance deficit d, mm	Плотная / Dense	0,30	1	–	–	–
	Продуваемая / Windproof	0,27	1	–	–	–
Доза удобрений U, кг/га / Fertilizer dose U, kg/ha	Плотная / Dense	0,92	0,53	1	–	–
	Продуваемая / Windproof	0,80	0,76	1	–	–
Расстояние от ЛП H, 1-45H / Distance from forest belts H, 1-45H	Плотная / Dense	0,88	0,61	0,99	1	–
	Продуваемая / Windproof	0,74	0,82	0,99	1	–
Ажурность (конструкция) ЛП, A, % / Openwork (construction) of the forest belt, A, %	Плотная / Dense	0,91	0,52	0,99	0,99	1
	Продуваемая / Windproof	0,78	0,77	0,99	0,99	1

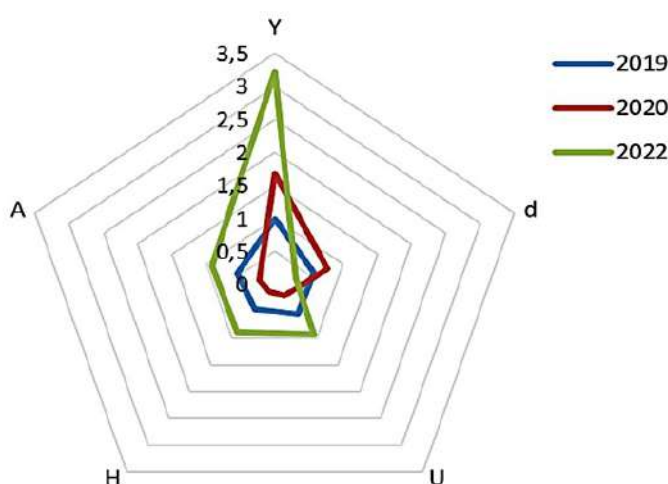
Для удобства анализа величины коэффициентов парной корреляции нормированы на максимальное значение из каждого их набора. Численные значения коэффициентов множественной регрессии определялись по данным таблицы 1 с помощью надстройки «Анализ данных» табличного процессора MS Excel.

Диаграммы, представленные на рисунках 2-5, наглядно отражают зависимости урожайности пшеницы в системе лесных полос различной конструкции (ажурности) под влиянием погодных условий и минеральных удобрений.



Y – урожайность, т/га; d – дефицит водного баланса, мм; U – доза удобрений, кг/га;
H – расстояние от лесных полос; A – ажурность, %

Рисунок 2 – Урожайность яровой пшеницы в зависимости от факторов опыта в системе лесных полос плотной конструкции в различные по увлажнению годы
Figure 2 – Spring wheat yield depending on the factors of experience in the system of forest belts of dense structure in different moisture years



Y – урожайность, т/га; d – дефицит водного баланса, мм; U – доза удобрений, кг/га; H – расстояние от лесных полос; A – ажурность, %
d – дефицит водного баланса; U – удобрения; H – расстояние от ЛП; A – ажурность

Рисунок 3 – Урожайность яровой пшеницы в зависимости от факторов опыта в системе лесных полос продуваемой конструкции в различные по увлажнению годы
Figure 3 – Spring wheat yield depending on the factors of experience in the system of forest belts of a wind-blown structure in different moisture years

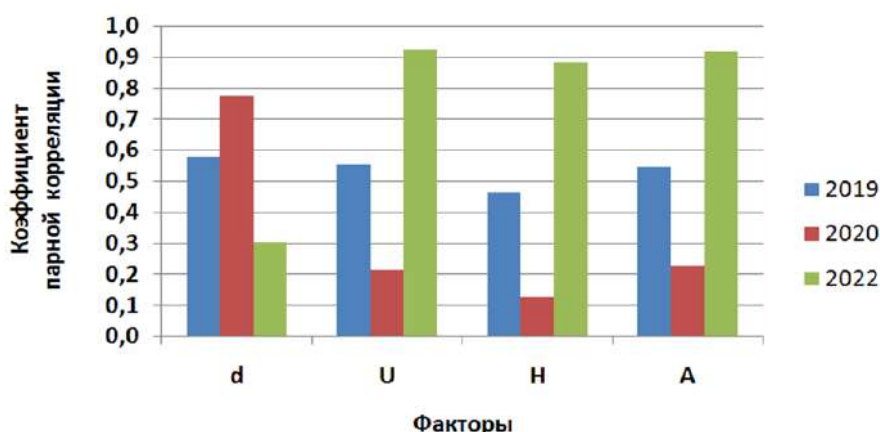
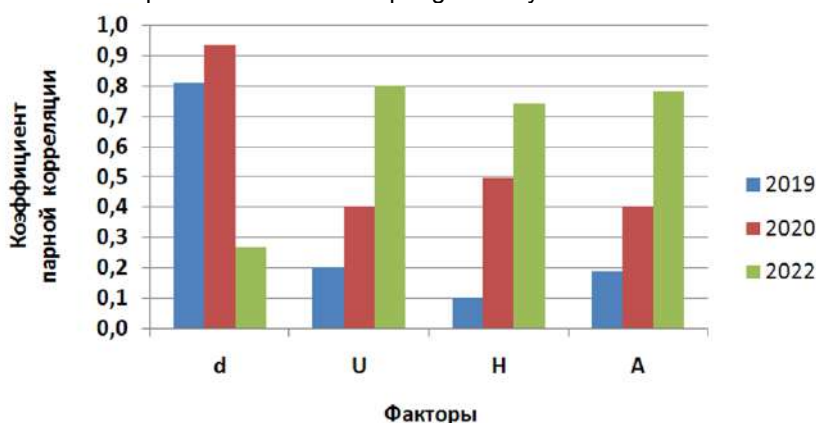


Рисунок 4 – Коэффициенты парной корреляции урожайности яровой пшеницы для ЛП плотной конструкции

Figure 4 – Coefficients of paired correlation of spring wheat yield for dense-constructed forest belts



d – дефицит водного баланса; U – удобрения; H – расстояние от ЛП, A – ажурность

Рисунок 5 – Коэффициенты парной корреляции урожайности яровой пшеницы для ЛП продуваемой конструкции

Figure 5 – Coefficients of paired correlation of spring wheat yield for ventilated forest belts

В сухой по увлажнению вегетационный период 2019 г. (ГТК = 0,30) значительное влияние на урожайность яровой пшеницы оказывают факторы – дефицит водного баланса и расстояние от лесной полосы. Удобрения и ажурность воздействуют на продуктивность культуры в меньшей степени, на что указывают значения параметров факторов первого порядка и коэффициенты парной корреляции (таблица 2) – формула 6:

$$Y=20,82-0,024d+0,016U+0,062H+0,001A+0,009dU+0,015UH+0,002HA+0,0002dUA, R^2=0,97 \quad (6)$$

Во влажный период вегетации 2022 г. (ГТК = 1,20) наиболее сильное влияние на урожайность яровой пшеницы оказывают факторы удобрения и расстояния от лесной полосы. Дефицит водного баланса и ажурность занимают вторые позиции по воздействию на урожай растения (формула 7):

$$Y=0,58-0,045d+0,055U+0,168H+0,014A+0,011dU+0,037UH+0,09HA+0,0009dUA, R^2=0,83 \quad (7)$$

Судя по коэффициентам факторов второго порядка dU, UH, HA в формулах 6 и 7, их влияние на урожайность значительно ниже, чем первого порядка.

И наконец, уровень взаимодействия факторов третьего порядка dHUA на два порядка ниже уровня взаимодействия второго порядка и им можно пренебречь.

На рисунках 6 и 7 представлены зависимости дефицита водного баланса (ДВБ) от расстояния (H) до лесных полос и показателя их ажурности (%) (формулы 8, 9), в различные по увлажнению периоды вегетации яровой пшеницы.

$$d = 849,3 - 4,56A + 4,29H + 0,008H^2, R^2 = 0,89 \quad (8)$$

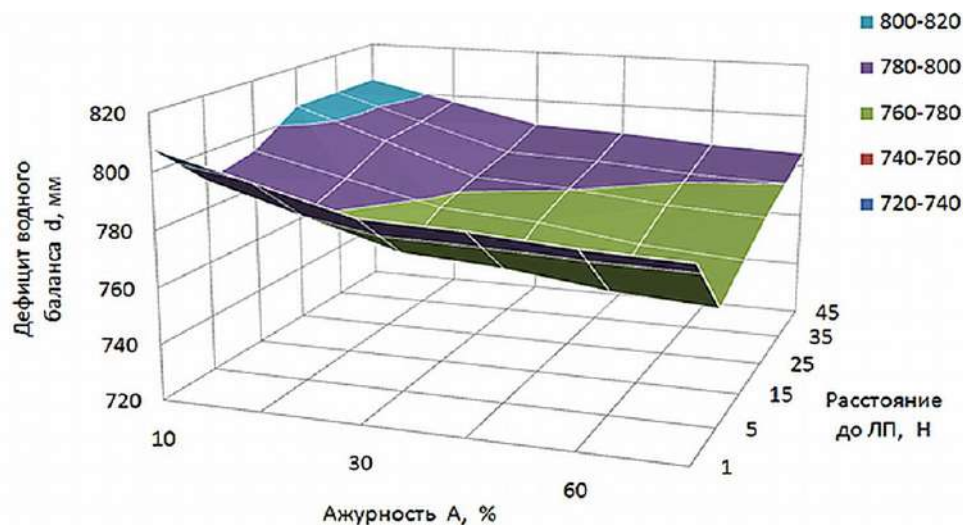


Рисунок 6 – Дефицит водного баланса на поле яровой пшеницы в сухом 2019 году в зависимости от ажурности и расстояния до лесных полос

Figure 6 – Water balance deficit in spring wheat field in dry 2019 depending on openwork and distance to forest belts

$$d = 93,71 - 1,56A + 1,98H - 0,0025H^2, R^2 = 0,90 \quad (9)$$

ДВБ в сухой 2019 г. на порядок больше, чем во влажный 2020 г. с закономерностью меньшего значения на расстоянии 5Н от ЛП (таблица 1). Коэффициент детерминации связи ДВБ с ажурностью и расстоянием до ЛП составляет 0,89-0,90.

Зависимость урожайности яровой пшеницы находится в тесной связи с ДВБ, ажурностью ЛП, дозой удобрений как во влажные, так и в сухие годы со значениями коэффициентов детерминации 0,82-0,98 (рисунки 8-10).

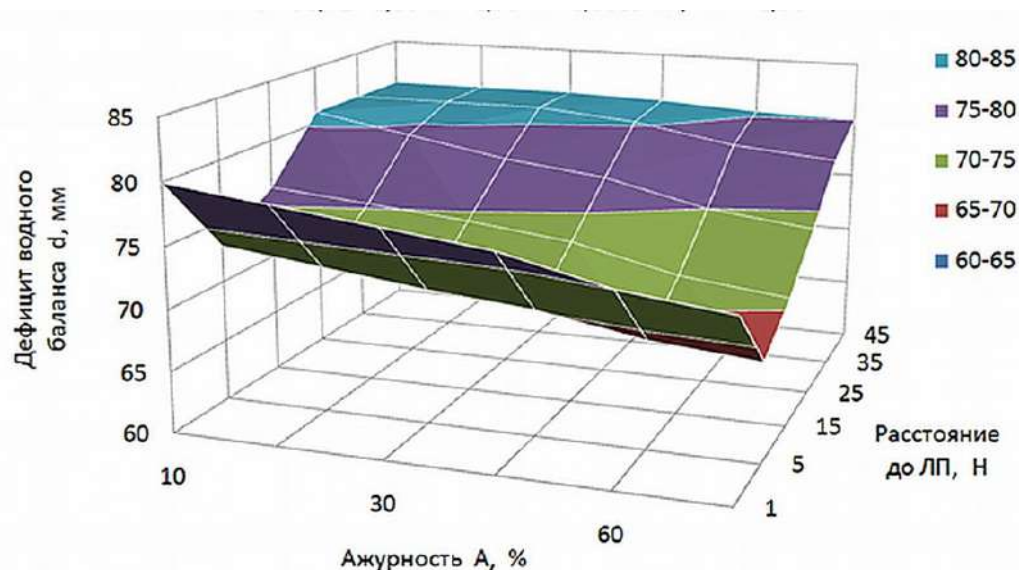


Рисунок 7 – Дефицит водного баланса на поле яровой пшеницы во влажном 2022 году в зависимости от ажурности и расстояния до лесных полос

Figure 7 – Water balance deficit in spring wheat field in wet 2022 depending on openwork and distance to forest belts

$$Y = 26,88 - 0,031d - 0,023A + 4 \times 10^{-5}A^2, R^2 = 0,98 \quad (10)$$

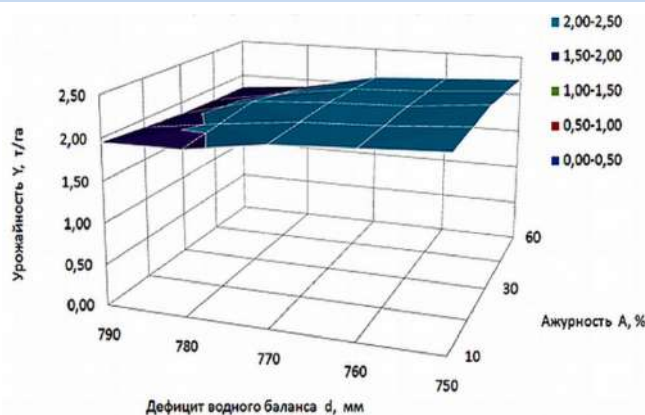


Рисунок 8 – Урожайность яровой пшеницы на расстоянии 5Н от лесной полосы при дозе удобрений 150 кг/га в сухом 2019 году в зависимости от дефицита водного баланса и ажурности
Figure 8 – Spring wheat yield at a distance of 5N from the forest belt at a fertilizer dose of 150 kg/ha in dry 2019 depending on the water balance deficit and openwork

$$Y = 1,5 + 0,022U - 0,073H + 0,0001H^2, R^2 = 0,91 \quad (11)$$

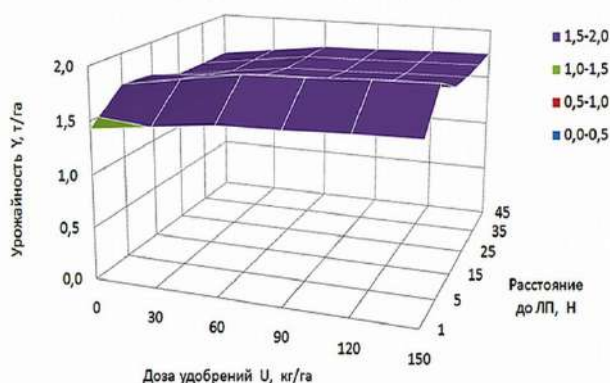


Рисунок 9 – Урожайность яровой пшеницы в сухом 2019 году в системе лесных полос продуваемой конструкции в зависимости от дозы удобрений и расстояния до лесных полос
Figure 9 – Spring wheat yield in the dry year 2019 in the system of forest belts of a wind-blown structure depending on the dose of fertilizers and the distance to forest belts

$$Y = 4,52 + 0,056U - 0,156H, R^2 = 0,82 \quad (12)$$

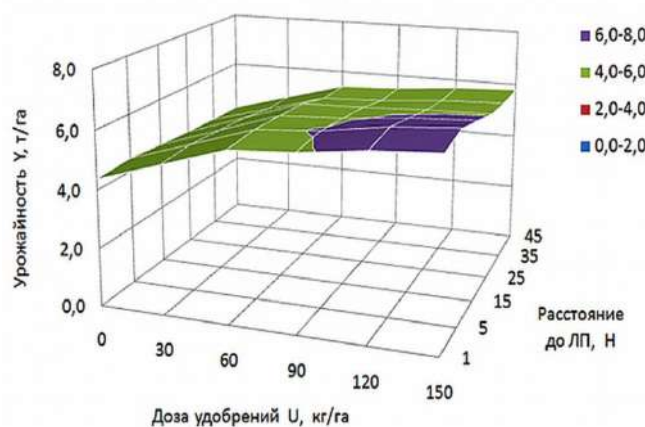


Рисунок 10 – Урожайность яровой пшеницы во влажном 2022 году в системе лесных полос продуваемой конструкции в зависимости от дозы удобрений и расстояния до лесных полос
Figure 10 – Spring wheat yield in the wet year 2022 in the wind-blown forest belt system depending on the fertilizer dose and the distance to the forest belts

Заключение. В засушливые периоды вегетации наибольшее влияние на урожайность яровой пшеницы оказывает дефицит водного баланса независимо от конструкции лесных полос, а наименьшее – минеральные удобрения. Во влажные вегетационные периоды наибольшее взаимодействие на урожайность растения оказывают минеральные удобрения независимо от конструкции лесных полос, а наименьшее – дефицит водного баланса. Корреляционный анализ выявил тесную взаимосвязь урожайности яровой пшеницы с дефицитом водного баланса, конструкцией лесных полос со значениями коэффициентов детерминации на уровне 0,82-0,98. Рекомендуются защитные лесные полосы продуваемой конструкции и дозы (нормы) минеральных удобрений: в засушливые периоды вегетации яровой пшеницы 80-105 кг/га ($N_{30-35}P_{20-40}K_{20-25}$ – под вспашку; P_{10} – при посеве); во влажные – до 150 кг/га ($N_{30-35}P_{20-40}K_{20-25}$ – под вспашку, P_{10} – при посеве, в фазе стеблевания – N_{25} , перед наливом зерна – N_{20}).

Conclusions. In dry periods of vegetation, the greatest impact on the yield of spring wheat is caused by a lack of water balance, regardless of the design of forest strips, and the least by mineral fertilizers. During wet growing seasons, mineral fertilizers have the greatest effect on plant productivity, regardless of the design of forest strips, and the least is the lack of water balance. The correlation analysis revealed a close relationship between the yield of spring wheat and the water balance deficit, the construction of forest strips with the values of the determination coefficients at the level of 0.82-0.98. Protective forest strips of blown construction and doses (norms) of mineral fertilizers are recommended: in dry periods of spring wheat vegetation 80-105 kg/ha ($N_{30-35}P_{20-40}K_{20-25}$ – for plowing; P_{10} – for sowing); in wet – up to 150 kg/ha ($N_{30-35}P_{20-40}K_{20-25}$ – for plowing, P_{10} – during sowing, in the stalking phase – N_{25} , before pouring grain – N_{20}).

Библиографический список

1. Agrawal A., Wollenbtrg E., Persha L. Governing agriculture-forest landscapes to achieve climate change mitigation. *Global Environmental Change*. 2014. V. 29. Pp. 270-280.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М: Книга по Требованию, 2012. 352 с.
3. Гатаулин А. М. Система прикладных статистически-математических методов обработки экспериментальных данных в сельском хозяйстве. М.: Изд-во МСХА, 1992. Ч. 2. 192 с.
4. Есков Д. В. Закономерности воздействия конструкций лесных полос и удобрений на микроклимат и урожайность яровой пшеницы на южном черноземе. *Успехи современного естествознания*. 2022. № 5. С. 12-18.
5. Методика изучения влияния системы защитных лесных полос на микроклимат и урожайность сельскохозяйственных культур. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1973. 55 с.
6. Методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов. М., 1985. 112 с.
7. Минаев В. Н., Леонтьев Л. Л., Ковязин В. Ф. Таксация леса. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 204 с.
8. Полужтков Е. В., Балакай Г. Т. Влияние защитных лесных полос на урожайность сельскохозяйственных культур. Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности: сб. ст. по материалам Междунар. науч.-экол. конф. Краснодар, 2018. С. 504-507.
9. Практика по агрохимии. Под редакцией В. Г. Минеева. М.: МГУ имени М. В. Ломоносова, 2001. 689 с.
10. Рулёва О. В., Овечко Н. Н. Закономерности развития сельскохозяйственных культур в богарных и орошаемых агроландшафтах. *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*. 2016. № 4. С. 18-20.
11. Сарычев А. Н. Содержание основных элементов питания пшеницы в светло-каштановой почве в зоне влияния защитных лесных полос в зависимости от приемов обработки почвы. *Агрохимический вестник*. 2019. № 5. С. 25-30.
12. Кулик К. Н., Иванов А. Л., Рулёв А. С. и др. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации до 2025 года. Федеральный научный центр агроэкологии Российской академии наук. Волгоград. 2018. 36 с.

References

1. Agrawal A., Wollenbtrg E., Persha L. Governing agriculture-forest landscapes to achieve climate change mitigation. *Global Environmental Change*. 2014. V. 29. Pp. 270-280.
2. Dospekhov B. A. Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Book on Demand, 2012. 352 p.
3. Gataulin A. M. System of Applied Statistical-Mathematical Methods of Experimental Data Processing in Agriculture. Moscow Agricultural Academy Publ., 1992. Part 2. 192 p.
4. Eskov D. V. Regularities of the Impact of Forest Belts and Fertilizer Structures on the Microclimate and Yield of Spring Wheat on the Southern Black Earth. *Advances in modern natural science*. 2022. № 5. Pp. 12-18.
5. Methodology for studying the influence of the system of protective forest belts on the microclimate and yield of agricultural crops. Volgograd, VNIALMI Publ., 1973. 55 p.
6. Methods of system studies of forest-agrarian landscapes. Moscow, 1985. 112 p.
7. Minaev V. N., Leont'ev L. L., Kovyzin V. F. Forest Taxation. St. Petersburg: Lan, 2022. 204 p.
8. Poluektov E. V., Balakay G. T. Influence of protective forest belts on crop yields. Ecological problems of the development of agrolandscapes and ways to increase their productivity. nauch.-ekol. konf. Krasnodar, 2018. Pp. 504-507.
9. Practice in agrochemistry. Edited by V. G. Mineev. Moscow, Lomonosov Moscow State University Publ., 2001. 689 p.

10. Ruleva O. V., Ovechko N. N. Regularities of the development of agricultural crops in rainfed and irrigated agroforests. Bulletin of the Russian Agricultural Science. 2016. № 4. Pp. 18-20.
11. Sarychev A. N. Content of the Main Nutrients of Wheat in Light Chestnut Soil in the Zone of Influence of Field-Protective Forest Belts Depending on Soil Cultivation Methods. Agrochemical Bulletin. 2019. № 5. Pp. 25-30.
12. Kulik K. N., Ivanov A. L., Rulev A. S., et al. Strategy for the Development of Protective Afforestation in the Russian Federation until 2025. Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences. Volgograd. 2018. 36 p.

Информация об авторах

Проездов Петр Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова» (Российская Федерация, 410012, г. Саратов, проспект им. Петра Столыпина, 4/3), ORCID: 0000-0003-3541-3174, e-mail: toxa_19@mail.ru

Тарбаев Владимир Александрович, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой «Землеустройство и кадастры», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова» (Российская Федерация, 410012, г. Саратов, проспект им. Петра Столыпина, 4/3), ORCID: 0000-0002-0388-7706, e-mail: tarbaev1@mail.ru

Тарасенко Петр Владимирович, доцент, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Землеустройство и кадастры», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова» (Российская Федерация, 410012, г. Саратов, проспект им. Петра Столыпина, 4/3), ORCID: 0009-0004-8586, e-mail: petrvt60@gmail.com

Есков Дмитрий Владимирович, доцент, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова» (Российская Федерация, 410012, г. Саратов, проспект им. Петра Столыпина, 4/3), ORCID ID: 0000-0002-5240-9364, e-mail: eskovdv@rambler.ru

Розанов Александр Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Цифровое управление процессами в АПК», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова» (Российская Федерация, 410012, г. Саратов, проспект им. Петра Столыпина, 4/3), ORCID ID: 0000-0002-2144-4255, e-mail: arosanov@yandex.ru

Author's Information

Proezdov Petr Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forestry and Landscape Construction, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov (Russian Federation, 410012, Saratov, Petr Stolypin Avenue, 4/3), ORCID: 0000-0003-3541-3174, e-mail: toxa_19@mail.ru

Tarbaev Vladimir Aleksandrovich, Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Land Management and Cadasters, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov (Russian Federation, 410012, Saratov, Petr Stolypin Avenue, 4/3), ORCID: 0000-0002-0388-7706, e-mail: tarbaev1@mail.ru

Tarasenko Petr Vladimirovich, Associate Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Land Management and Cadasters, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov (Russian Federation, 410012, Saratov, Petr Stolypin Avenue, 4/3), ORCID: 0009-0004-8586, e-mail: petrvt60@gmail.com

Eskov Dmitry Vladimirovich, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences, Head of the Department of Forestry and Landscape Construction, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov (Russian Federation, 410012, Saratov, Petr Stolypin Avenue, 4/3), ORCID ID: 0000-0002-5240-9364, e-mail: eskovdv@rambler.ru

Rozanov Aleksander Vladimirovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Digital Control of Processes in the Agro-Industrial Complex, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov (Russian Federation, 410012, Saratov, Petr Stolypin Avenue, 4/3), ORCID ID: 0000-0002-2144-4255, E-mail: arosanov@yandex.ru

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

DYNAMICS OF CHANGES IN THE AGROCHEMICAL COMPOSITION OF THE SOIL DURING POTATO CULTIVATION UNDER IRRIGATION USING HYDROSORBENTS¹Semenenko S. Ya., ¹Tseplyaev A. N., ²Tibirkov A. P., ²Kuznetsova E. A.

¹The All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture is a branch of the Federal State budgetary scientific institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov"

²Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: sergeysemenenko@list.ru

Received 22.07.2024

Submitted 12.09.2024

Abstract

Introduction. When cultivating potatoes for irrigation, the cost of irrigation water is on average from 4000 to 4500 m³/ha. Of course, for the most part, the irrigation method has a serious impact on water consumption. Of the most commonly used methods, it should be noted: sprinkling, drip and intra-soil irrigation. Of all the methods, the sprinkling option is recognized as the most frequently used and less expensive. Modern domestic sprinklers, as well as foreign-made machines ("Bauer", "Valey"), are universal and adapted for watering fields of various configurations and irrigated areas. These machines are very reliable and durable and, most importantly, meet agrotechnical requirements. One very serious drawback in the technological

process of the machine is a sufficiently high evaporation of the supplied water (from 8 to 18%), depending on climatic conditions, rapid runoff formation for some types of soils with high densification of the active soil layer, high rain intensity, as well as the demolition of a rain cloud in windy weather, which reduces the uniformity of watering and the set depth of humidification. Drip irrigation is significantly more economical and does not have the disadvantages inherent in the previously presented machine. The cost of the annual (mainly) purchase and operation of drip lines reduces the widespread use of this method of irrigation. However, savings in irrigation water can also be achieved through the use of soil hydrosorbents (hydrogels). Their use in agriculture has been known for a long time; even Pryanishnikov D. N. (1934) drew attention to organic substances that store moisture, including peat. Currently, the use of hydrogel in agriculture has been studied for different regions of the Russian Federation (Krasnodar Territory, Volgograd Region, Rostov Region, Leningrad Region, etc.) and on various crops (legumes, vegetables, medicinal, fruit and ornamental, etc.). These studies were aimed at determining crop yields, possible changes in quality-the qualitative indicators of the resulting product, the determination of some soil indicators (structurality, porosity, etc.). At the same time, there are no data in the literature on the agrochemical composition of the soil during and after the use of hydrogel. The presented research results relate to the study of the dynamics of soil composition for the presence of nitrates, phosphates, various forms of heavy metals, etc. The experiments were carried out at the VNIIOZ experimental field, the study was carried out on potatoes of the Gulliver variety, Avaxin on a potassium basis and Akrilex on a sodium basis were used as hydrosorbents. The absorption capacity of the first one is 1:120, the second one is 1:280. **Object.** The object of the study was the soil, and the subject was its agrochemical composition when applying various doses of pure and fertilized hydrogels of two types: Avaxin and Akrilex. **Materials and methods.** The methodological basis of the research is generally accepted scientific methods of cognition and proven methods of field experiments. The effect of various doses and types of pure and enriched hydrogel on the agrochemical composition of the soil during potato cultivation under irrigation was studied. Potatoes were planted with a modernized, patented potato planter, capable of simultaneously laying potatoes on the bottom of the furrow, introducing hydrogel (pure or with fertilizers) below the bottom of the potato planting by 0.10...0.12 m. Irrigation was carried out by sprinkling with a watering rate of 300 m³/ha, the pre-irrigation moisture threshold did not exceed 80% NV. The soil for analysis was selected at the depth of hydrogel embedding (0.20...0.22 m) according to the phases of potato development: "shoots – budding", "wilting of the tops", "post-harvest period". **Results and conclusions.** A slight excess of the maximum permissible (0.01%) values for the chloride content was found: - 0.016% – at the control, 0.18% – on potassium hydrogel with a dose of 18.2 g/ppm, the remaining options meet the permissible values. To take into account the influence of these elements on the soil composition, the KNa coefficient should be determined, which is found as the ratio of sodium values to the value of calcium. If the KNa is less than 2.0, then the soil condition fully meets the requirements for salinity. In our studies, the KNa is $\approx$ 1.0, which corresponds to the permissible content of these elements. The research results indicate the absence of soil salinization from the use of hydrogels, and also provide an increased nutrient content in the hydrogel application zone.

Keywords: potato cultivation, potato irrigation, soil chemistry, hydrosorbents.

Citation. Semenenko S. Ya., Tseplyaev A. N., Tibirkov A. P., Kuznetsova E. A. Dynamics of changes in the agrochemical composition of the soil during potato cultivation under irrigation using hydrosorbents. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 45-55 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-05.

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 631.4:635.21:631.67

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ НА ОРОШЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОСОРБЕНТОВ

¹Семененко С. Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Цепляев А. Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²Тибириков А. П., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

²Кузнецова Е. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

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

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. При возделывании картофеля на орошении затраты оросительной воды составляют в среднем от 4000 до 4500 м³/га. Безусловно, в большей части на расход воды серьезное влияние оказывает способ орошения. Из наиболее часто используемых способов следует отметить: дождевание, капельное и внутрипочвенное орошение. Из всех способов наиболее часто применяе-

мый и менее затратным признан вариант дождевания. Современные отечественные дождевальные машины, а также машины иностранного производства («Baueer», «Valey»), являются универсальными и приспособлены для полива полей самой разной конфигурации и поливаемых площадей. Эти машины весьма надежны и долговечны и, главное, отвечают агротехническим требованиям. Один очень серьезный недостаток в технологическом процессе машины – достаточно высокая испаряемость подаваемой воды (от 8 до 18%) в зависимости от климатических условий, быстрое образование стока для некоторых типов почв с высокой уплотненностью активного слоя почвы, высокая интенсивность дождя, а также снос дождевого облака в ветреную погоду, что снижает равномерность полива и заданную глубину увлажнения. Капельное орошение существенно экономнее и не имеет тех недостатков, которые присущи ранее представленной машине. Затраты на ежегодное (в основном) приобретение и утилизацию капельных линий снижают широкое распространение этого способа орошения. Однако экономия оросительной воды может быть достигнута также за счет применения почвенных гидросорбентов (гидрогелей). Их применение в сельском хозяйстве известно достаточно давно, еще Прянишников Д. Н. (1934) обратил внимание на органические вещества – накопители влаги, в том числе торф.

В настоящее время применение гидрогеля в сельском хозяйстве изучалось для разных регионов РФ (Краснодарский край, Волгоградская область, Ростовская область, Ленинградская область и др.) и на различных культурах (зернобобовые, овощные, лекарственные, фруктовые и декоративные и т.д.). Исследования эти были направлены на определение урожайности культур, возможное изменение качественных показателей получаемого продукта, определение некоторых показателей почвы (структурность, порозность и т.д.). При этом в литературе отсутствуют какие-либо данные по агрохимическому составу почвы в период и после применения гидрогеля.

Представленные результаты проведенных исследований касаются изучения динамики почвенного состава на предмет присутствия в нем нитратов, фосфатов, различных форм тяжелых металлов и т.д. Эксперименты проводили на опытном поле ВНИИОЗ, изучение проводилось на картофеле сорта «Гулливёр», в качестве гидросорбентов применяли – «Аваксин» на калиевой основе и «Акрилекс» на натриевой основе. Абсорбирующая способность первого 1:120, второго – 1:280. **Объект.** Объектом изучения являлась почва, а предметом – ее агрохимический состав при внесении различных доз чистого и обогащенного удобрениями гидрогелей двух типов: «Аваксин» и «Акрилекс». **Материалы и методы.** Методической основой исследования являются общепринятые научные методы познания и апробированные методики полевых опытов. Изучалось влияние различных доз и видов чистого и обогащенного гидрогеля на агрохимический состав почвы при выращивании картофеля при орошении. Высаживали картофель модернизированной, запатентованной картофелесажалкой, способной одновременно с укладкой картофеля на дно борозды, вносить гидрогель (чистый или с удобрениями) ниже дна посадки картофеля на 0,10...0,12 м. Орошение проводили дождеванием нормой полива 300 м³/га, предполивной порог влажности не превышал 80% НВ. Почву для анализа отбирали на глубине заделки гидрогеля (0,20...0,22 м) по фазам развития картофеля: «всходы – бутонизация», «увядание ботвы», «послеуборочный период». **Результаты и заключение.** Установлено незначительное превышение предельных допустимых (0,01%) значений по содержанию хлоридов: – 0,016% – на контроле, 0,18% – на гидрогеле калийном с дозой внесения 18,2 г/п. м., остальные варианты отвечают допустимым величинам. Для учёта влияния указанных элементов на почвенный состав следует определять коэффициент K_{Na} , который находится как отношение значений по натрию к величине кальция. Если $K_{Na} \leq 2,0$, то состояние почвы вполне удовлетворяет требованиям по засолённости. В наших исследованиях $K_{Na} \approx 1,0$, что соответствует допустимому содержанию указанных элементов. Результаты исследований указывают на отсутствие засоления почвы от применения гидрогелей, а также обеспечивают повышенное содержание питательных веществ в зоне внесения гидрогеля.

Ключевые слова: возделывание картофеля, орошение картофеля, химический состав почв, гидросорбенты.

Цитирование. Семененко С. Я., Цепляев А. Н., Тибириков А. П., Кузнецова Е. А. Динамика изменения агрохимического состава почвы при возделывании картофеля на орошении с использованием гидросорбентов. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 45-55. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-05.

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. Одним из способов экономии воды при выращивании сельскохозяйственных культур на орошении может быть применение гидросорбентов. Особенно это актуально при использовании дождевания, так как для светло-каштановых почв Волгоградской области характерно достаточно быстрое стокообразование, смыв мелких частиц почвы и нарушение экологических показателей [10, 14].

О результатах применения гидрогеля для получения устойчивых урожаев опубликовано достаточно много научных работ, и все они ориентированы на возделывание различных сельскохозяйственных культур на богаре. Основная цель сводится к обеспечению сельскохозяйственных растений в период острой засухи влагой, накопленной гидросорбентом. При выращивании культур на орошении основная роль гидрогеля заключается в способности абсорбировать поливную воду и экономно её расходовать в течение межполивного периода и, тем самым, сокращать количество поливов. В 2021...2022 гг. во ВНИИОЗ проводились исследования при выращивании картофеля сорта «Гулливёр» на орошении с использованием обогащенных удобрений гидрогелей. Для этой цели применялись два вида гидрогелей: «Аваксин» и «Акрилекс». Они отличаются тем, что в основе первого используется калий «К», второго – натрия «Na».

Количество калия и натрия не превышает 0,2% от общей их массы и используются они для «прошивки» составляющих гидрогель химических соединений, в результате чего получается «полиакриламид» [13].

При внесении в почву гидрогель не только способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур, но и улучшает состояние самой почвы с точки зрения улучшения ее структурности. В работах Е. И. Годуновой, С. Н. Шкабарды, Т. А. Вдовиной и других, отмечается, что структурность почвы после двух лет использования гидрогеля улучшается, а коэффициент структурности увеличивается с 1,63...1,65 до 2,8...2,95 (при НСР = 0,23). Такое явление объясняется улучшением агрегатного состояния почвы за счет «склеивания» наиболее мелких частиц ($\leq 0,02 \cdot 10^{-3}$ м) почвы, а также за счет изменения объема гидрогеля при его набухании от почвенной влаги и ее передачи растениям [5].

При этом в проведенных ранее исследованиях отсутствуют какие-либо результаты по динамике агрохимического состояния почвы после применения чистого гидрогеля и гидрогеля, насыщенного удобрениями.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2021-2023 гг. в трехфакторном полевом опыте на картофеле сорта «Гулливёр».

Изучаемые факторы: Фактор А – типы гидрогелей (г/г) по вариантам: - А₁ – гидрогель на основе калия Аваксин; - А₂ – гидрогель на основе натрия Акрилекс.

Фактор В – дозы гидрогеля по вариантам: В₁ – 150 кг/га (15 г/м²); В₂ – 200 кг/га (20 г/м²); В₃ – 250 кг/га (25 г/м²). Фактор С – дозы гидрогелей по вариантам (В₁, В₂, В₃) плюс удобрения (нитроаммофоска – 450 кг/га), обозначение ГГ+НРК: (N₁₆P₁₆K₁₆). Контроль – без гидрогелей (поливы + фон НРК 100 кг/га нитроаммофоски).

Дозы гидрогеля (г/г) выбраны исходя из целесообразности, а также на основании информационных данных из литературных источников с шагом доз в 50 кг/га. Начало доз со 150 кг/га выбрано с учетом результатов ранее проведенных поисковых исследований. Доза удобрений принята из расчёта получения планируемой урожайности клубней на уровне 30,0 т/га при строчном их внесении в рядок. Полевые опыты сопровождались наблюдениями, учётами и измерениями, выполняемыми при соблюдении требований методики опытного дела Доспехова Б. А., Плешакова В. Н. (1967).

Расчётная глубина активного слоя почвы – 0,40 м. Предполивной порог влажности почвы поддерживался не ниже 80% НВ. Расчётная поливная норма 275, принятая – 300 м³/га. Способ полива – дождевание.

Глубина внесения смеси гидрогеля и удобрений – на 0,08 м ниже посадки картофеля. Посадка картофеля проводилась при прогревании почвы на глубине заделки клубней не менее 14 °С.

Результаты и выводы. Анализ данных агрохимических свойств почвенных образцов (таблица 1) показывает, что применяемые агроприемы своеобразно, но положительно влияли на главные агрохимические параметры светло-каштановой почвы.

Таблица 1 – Агрохимический состав почвенных образцов (17.06.2023 г.)
Table 1 – Agrochemical composition of soil samples (17.06.2023)

№ п/п	Варианты / Options	Горизонт, см / Horizon, cm	Карбонаты, % / Carbonates, %	Азот общий, % / Total nitrogen, %	мг/кг воздушно-сухой почвы / mg/kg air-dry soil			
					N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	контроль / control	0-25	1,81	0,07	5,80	15,10	41,28	262
2	150 Na	0-25	1,39	0,11	13,20	15,10	65,79	338
3	150 K	0-25	1,72	0,09	8,50	18,70	52,89	308
4	200 Na	0-25	1,63	0,10	6,00	11,60	51,71	269
5	200 K	0-25	1,21	0,10	13,80	13,20	61,16	308
6	250 Na	0-25	3,98	0,09	13,20	12,10	55,01	300
7	250 K	0-25	2,81	0,09	8,10	14,40	53,97	254
8	250 Na+NPK	0-25	1,13	0,08	8,90	12,70	52,32	292
9	250 K+NPK	0-25	1,22	0,08	31,60	17,70	85,40	385

Так, наиболее активным по критерию питания (NPK) оказался вариант гидрогеля 250 K (г. г. 250K + NPK). При его использовании фон минерального азота (нитратно-аммонийный азот) был наивысшим – 31,6 и 17,70 мг/кг воздушно-сухой почвы. При этом отмечается и максимальный уровень содержания подвижных и доступных соединений фосфора и калия – 85,4 и 385 мг/кг соответственно. Именно этот фон (г. г. 250K + NPK) способствовал усиленной аккумуляции минеральных соединений в верхнем горизонте от 0 до 0,25 м профиля светло-каштановой почвы.

Аналогичный усиленный вариант гидрогеля (г. г. 250Na + NPK) оказался значительно менее дееспособным и ограничился сравнительно близкими значениями к общей массе вариантов опыта. При меньших дозах и вариациях гидрогеля 150 и 200 кг/га, они менее перспективны. По сравнению с более усиленным вариантом, но на фоне повышенных значений по фосфору и калию, уровень общего азота у них был выше, чем на гидрогеле 250 Na – от 0,09 до 0,11% при 0,08% ранее указанного варианта.

Все варианты исследований характеризовались слабой и средней степенью карбонатности верхнего горизонта почвы – от 1,22 до 3,98%.

Процентное содержание карбонатов в почве служит для определения пригодности почв для питания растений. Чем больше в почве карбонатов, тем хуже процесс усвоения растениями питательных веществ, находящихся в почве, особенно фосфора. Следует отметить, что показатель содержания карбонатов частный и его следует рассматривать в соотношении калийных и фосфатных соединений. Но, поскольку гидрогель способен оказывать влияние на содержание карбонатов, то проведены соответствующие исследования.

На рисунках 1, 2 и 3 представлены диаграммы изменения процентного содержания карбонатов при изменяющихся дозах гидрогелей на различные даты взятия проб почвы. Отбор первой пробы проводился на десятый день после посадки (фаза всходов). Судя по диаграммам, на контроле показатель наличия карбонатов составлял 1,81%, его максимальное значение зафиксировано при дозе 14,8 г/п. м. гидрогеля без удобрений на основе натрия, при этом на основе калия он составлял 2,81%, далее, при увеличении дозы гидрогеля до 18,2%, содержание карбонатов снизилось до 1,13% на основе натрия и 1,22% на основе калия. Наличие удобрений уменьшило процент карбонатов до 1,63 и 1,21% на основе натрия и калия соответственно по отношению к контролю.

Следующий отбор почвенных образцов пришелся на фазу бутонизации картофеля (27.07.2023 г.). На контроле показатель карбонатов составлял 2,65%, при использовании гидрогелей без удобрений, его значения возросли до 3,80% и 4,57% при дозе гидрогеля 11,4 г/п. м. на основе Na и K соответственно, а по мере увеличения доз до 18,2 г/п. м., количество карбонатов выросло до 5,83% на Na и до 5,27% на K. Но при применении гидро-

гелей с удобрениями наличие карбонатов существенно снизилось – при дозе 18,2 г/п. м. гидрогелей значение показателей карбонатов отмечалось: 1,25% на Na и 0,93% на K, что в 2,10-2,85 раза ниже, чем на контроле.

В фазе увядания ботвы (01.09.2023 г.) тенденция изменения показателей содержания карбонатов соответствует вышепредставленному анализу, и если на контроле процент наличия карбонатов в почве оценивался в 2,03%, то при увеличении доз гидрогеля без удобрений он соответствовал значению 6,0% на Na и 2,75% на K при 18,2 г/п. м., а его показатель при внесении с гидрогелем уменьшился до 1,91% и 0,73% на основе Na и K соответственно, что в 1,1-2,8 раза ниже, чем на контроле.

Снижение содержания карбонатов при внесении гидрогеля с удобрениями в почву объясняется химическими процессами за счет реакции замещения более подвижных элементов калия и натрия, которое может проходить во влажной почве при высокой наружной температуре, являющейся по существу катализатором химических процессов.

Таким образом, внесение гидрогелей вместе с удобрениями, снижает показатель содержания карбонатов в 1,1-2,8 раза по сравнению с контролем, что способствует улучшению условий для питания картофеля, снижает вероятность засоления почвы, приводит к повышению урожайности картофеля.

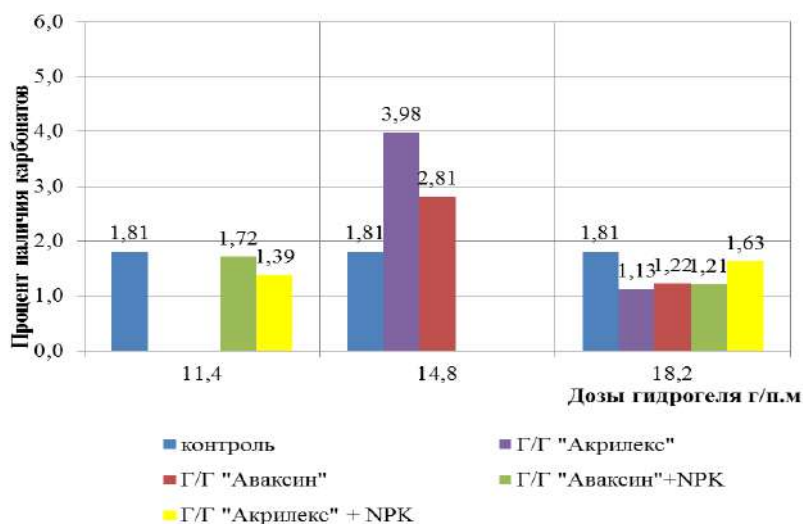


Рисунок 1 – Динамика изменения карбонатов в почвенном горизонте 0-0,25 м на 17.06.2023 г.
Figure 1 – Dynamics of carbonate changes in the soil horizon 0-0.25 m as of 17.06.2023

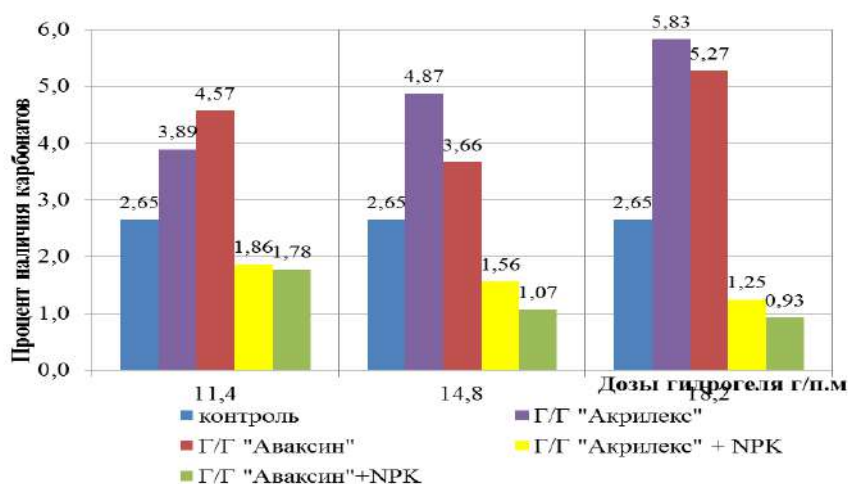


Рисунок 2 – Динамика изменения карбонатов в почвенном горизонте 0-0,25 м на 27.07.2023 г.
Figure 2 – Dynamics of carbonate changes in the soil horizon 0-0.25 m as of 27.07.2023

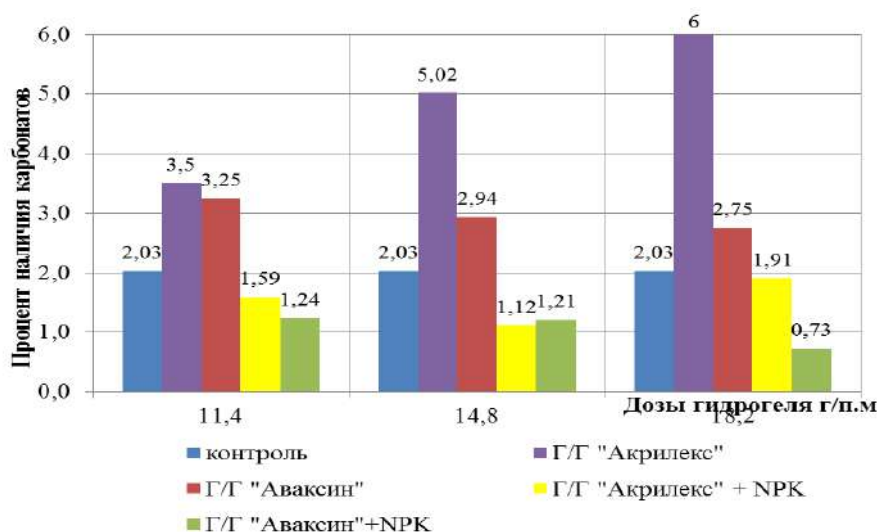


Рисунок 3 – Динамика изменения карбонатов в почвенном горизонте 0-0,25 м на 01.09.2023 г.

Figure 3 – Dynamics of carbonate changes in the soil horizon 0-0.25 m as of 01.09.2023

Рассматривая таблицу 2 анализа валовых форм тяжелых металлов, стоит отметить, что применяемые агроприемы – контрольный вариант, разные дозировки (150, 200, 250), различный вид сопутствующего наполнителя (K и Na), не создали экологическую опасность для почвенного слоя и культурных растений в целом.

Таблица 2 – Содержание валовых форм тяжелых металлов

Table 2 – Content of gross forms of heavy metals

№ п/п	Вариант / Variant	Горизонт, см / Horizon, cm	мг/кг воздушно-сухой почвы / mg/kg air-dry soil			
			Zn	Cu	Cd	Pb
1	контроль	0-25	26,00	14,20	0,13	10,25
2	150 Na	0-25	26,30	14,40	0,15	9,36
3	150 K	0-25	26,10	14,90	0,09	9,65
4	200 Na	0-25	24,40	15,30	0,09	11,92
5	200 K	0-25	26,70	14,50	0,13	11,40
6	250 Na	0-25	29,60	15,00	0,10	9,00
7	250 K	0-25	30,00	15,60	0,11	8,62
8	250 Na + NPK	0-25	26,70	15,80	0,14	9,69
9	250 K + NPR	0-25	24,90	15,30	0,08	8,62

Отмечается полное отсутствие токсичных или ориентированно-токсичных (общесанитарных, транслокационных или водно-миграционных) значений концентраций (ПДК или ОДК) тяжелых металлов в почве при акценте экологической безопасности (допустимый, 1-й уровень загрязнения земель) исследуемых и внедряемых перспективных вариантов агрохимических технологий в растениеводческой отрасли АПК.

Так, по цинку валовое содержание достигло 24,40-30,00 мг/кг, меди – 14,20-15,80 мг/кг, кадмию – 0,08-0,15 мг/кг, свинцу – 8,62-11,92 мг/кг воздушно-сухой почвы. При этом предельно-допустимая концентрация (ПДК) (валовое содержание) уровня загрязнения тяжелыми металлами соответствует: по цинку 100 мг/кг, меди – 55 мг/кг, кадмию – до 2 мг/кг, свинцу – 30 мг/кг воздушно-сухой почвы.

Если рассматривать расхождения по показателям, указанным в таблице в разрезе вариантов, их цифровые значения не превышают сотых долей мг/кг, что свидетельствует о равновесной схеме химических реакций протекающих внутрипочвенных процессов.

Применяемые агроприемы не оказывали влияние на уровень засоления верхнего горизонта светло-каштановой почвы.

Таблица 3 – Данные анализа водной вытяжки почв (01.09.2023)
Table 3 – Data of the analysis of water extraction of soils (01.09.2023)

№ п/п	Вариант / Variant	рН водной вытяжки / pH of water extract	Сумма анионов и катионов, % / Sum of anions and cations, %	В том числе: ммоль в 100 г. почвы / % / Including: mmol per 100 g of soil / %							
				CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
1	кон- троль / control	8,1	0,151	Нет -	0,450 0,027	0,450 0,016	1,323 0,064	0,875 0,018	0,500 0,006	0,830 0,019	0,018 0,001
2	150 Na	8,5	0,157	Нет -	0,550 0,034	0,400 0,014	1,307 0,063	1,000 0,020	0,375 0,005	0,864 0,020	0,018 0,001
3	150 K	8,6	0,161	Нет -	0,500 0,031	0,500 0,018	1,388 0,067	0,750 0,015	0,750 0,009	0,864 0,020	0,024 0,001
4	200 Na	8,6	0,151	Нет -	0,500 0,031	0,450 0,016	1,239 0,059	1,125 0,023	0,250 0,003	0,796 0,018	0,018 0,001
5	200 K	8,7	0,126	Нет -	0,550 0,034	0,450 0,016	0,780 0,037	0,875 0,018	0,125 0,002	0,762 0,018	0,018 0,001
6	250 Na	8,8	0,142	Нет -	0,550 0,034	0,400 0,014	1,086 0,052	0,875 0,018	0,375 0,005	0,762 0,018	0,024 0,001
7	250 K	8,7	0,138	Нет -	0,600 0,037	0,350 0,012	1,023 0,049	0,750 0,015	0,375 0,005	0,830 0,019	0,018 0,001
8	150 Na +NPK	8,5	0,123	Нет -	0,500 0,031	0,300 0,011	0,946 0,045	0,750 0,015	0,188 0,002	0,796 0,018	0,012 0,001
9	150 K +NPK	8,4	0,130	Нет -	0,450 0,027	0,400 0,014	1,049 0,050	0,750 0,015	0,375 0,005	0,762 0,018	0,012 0,001
10	200 Na +NPK	8,5	0,142	Нет -	0,500 0,031	0,400 0,014	1,141 0,055	0,750 0,015	0,375 0,005	0,898 0,021	0,018 0,001
11	200 K+NPK	8,2	0,194	Нет -	0,500 0,031	0,600 0,021	1,771 0,085	1,375 0,028	0,500 0,006	0,966 0,022	0,030 0,001
12	250 Na +NPK	8,6	0,121	Нет -	0,550 0,034	0,250 0,009	0,890 0,043	0,688 0,014	0,188 0,002	0,796 0,018	0,018 0,001
13	250 K +NPK	8,5	0,148	Нет -	0,550 0,034	0,400 0,018	1,120 0,054	0,875 0,018	0,375 0,005	0,796 0,018	0,024 0,001

При анализе порога токсичности ионов (ПТИ) изменение уровней засоления не выявлено. Среди изучаемых вариантов опыта наиболее токсичным значением отметился вариант – гидрогель 200K+NPK, где в 1,53 раза превышен порог по хлорид-иону и в 1,06 раза по сульфат-иону, что на фоне общего параметра по хлоридам (превышение ПТИ в 1-1,3 раза) выглядит как действие агротехнологий при возделывании культуры, то есть воздействие орошения на сам почвенный профиль. В результате примерно одинаковых параметров концентрации хлорид-иона частный случай повышения в 1,53 раза порога токсичности объясняется именно воздействием мелиоративных технологий и особенностями химического состава глубоких почвенных горизонтов.

Анализируя данные таблицы 3 водной вытяжки почв за 01.09.2023 г., следует указать на незначительное превышение пределов допустимых значений хлоридов (0,01%) (0,016% – на контроле, 0,18% – на гидрогеле (г. г. К 150) с нормой 18,2 г/п. м.) при остальных параметрах, отвечающих допустимым величинам. Для выяснения возможной причины превышения брались образцы почвы с участков залежи по различным горизонтам (0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30) м. Следует отметить, что в целом значения показателей близки или совпадают. Несколько выделяются уровни содержания натрия (Na) и кальция (Ca). Однако для учёта влияния указанных элементов на почвенный состав следует определять коэффициент K_{Na} , который находится как отношение значений по натрию к величине кальция. Если $K_{Na} \leq 2,0$, то состояние почвы вполне удовлетворяет требованиям по засолённости. Из показателей в таблицах и, $K_{Na} \approx 1,0$, что соответствует допустимому содержанию указанных элементов.

Заключение. В настоящее время в сельскохозяйственном производстве имеются экологические проблемы, вызванные забором, использованием и сбросом оросительной воды. Самый крупный водопотребитель в нашей стране – сельское хозяйство и в основном, орошаемое земледелие, на долю которого приходится 60% общего водозабора и более 80% безвозвратного водопотребления; на втором месте стоит промышленность (около 30%), на третьем – коммунальное хозяйство городов. Экономия оросительной воды в гидромелиорации, особенно в вододефицитных районах, возможна на 12-15% при использовании водоудерживающих сорбентов, как было доказано в предыдущих исследованиях. Результаты новых исследований, направленных на изучение экологического воздействия гидрогелей различного состава и различных доз на агрохимические свойства почвы, показали, что в общем случае применение гидрогеля улучшает морфологические характеристики почв, повышает влажность, увеличивает количество червей. В агрохимическом отношении установлено, что применение гидрогелей, усиленных минеральными удобрениями, уменьшают содержание карбонатов почвы, не загрязняют её тяжёлыми металлами, коэффициент K_{Na} , который находится как отношение значений по натрию к величине кальция, находится на уровне 1,0, т.е. в два раза ниже допустимого, что указывает на безопасность использования водоудерживающих сорбентов в орошаемом земледелии.

Conclusions. At present, there are environmental problems in agricultural production caused by the intake, use and discharge of irrigation water. The largest water consumer in our country is agriculture and mainly irrigated agriculture, which accounts for 60% of total water intake and more than 80% of irretrievable water consumption; In second place is industry (about 30%), in third place is the communal services of cities. Saving irrigation water in irrigation and drainage, especially in water-deficient areas, is possible by 12-15% with the use of water-retaining sorbents, as was proven in previous studies. The results of new studies aimed at studying the environmental impact of hydrogels of different composition and different doses on the agrochemical properties of the soil have shown that, in general, the use of hydrogel improves the morphological characteristics of soils, increases humidity, and increases the presence of worms. In agrochemical terms, it has been established that the use of hydrogels reinforced with mineral fertilizers reduces the content of soil carbonates, does not pollute it with heavy metals, the K_{Na} coefficient, which is the ratio of sodium values to the calcium value, is at the level of 1.0, i.e. two times lower than the permissible one, which indicates the safety of using water-retaining sorbents in irrigated agriculture.

Библиографический список

1. Агафонов О. М., Ревенко В. Ю. Возможности полимерного гидрогеля как накопителя почвенной влаги в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017. № 10. С. 35-38.
2. Новиков А. Е. и др. Агроэкологическая оценка перспективных сортов картофеля и особенности агротехники на светло-каштановых почвах Волгоградской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 14-24.
3. Годунова Е. И., Гундырин В. Н. Роль гидрогеля в улучшении влагообеспеченности озимой пшеницы по полупару в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 5. С. 57-59.
4. Годунова Е. И., Шкабарда С. Н. Гидрогель и структурный состав обыкновенных черноземов зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Плодородие. 2018. № 3 (102). С. 31-33.
5. Годунова Е. И., Шкабарда С. Н. Эффективность гидрогеля на пятый год после внесения на обыкновенных черноземах в условиях Ставрополья. Агрохимический вестник. 2018. № 3. С. 8-11.
6. Данилова Т. Н. Применение водопоглощающих полимеров для увеличения водоудерживающей способности почв и водообеспеченности посевов сельскохозяйственных культур: диссертация. Санкт-Петербург, 2023. 345 с.

7. Данилова Т. Н., Аннабаева А. В. Возможности применения полимерных гелей для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития: материалы Междунар. научн. экологической конф. Краснодар, 2020. С. 540-542.
8. Вдовина Т. А. и др. Исследование водно-физических свойств почвы с применением гидрогеля в Курчумском районе Восточно-Казахстанской области. Вестник Карагандинского университета. Серия: Биология. Медицина. География. 2020. – Т. 99. № 3. С. 29-35.
9. Мелихов В. В., Новиков А. А. Эффективность удобрения раннего картофеля при капельном орошении. Плодородие. 2011. № 5. С. 25-26.
10. Васильюк Д. И. Пути снижения расхода оросительной воды при возделывании картофеля в Нижнем Поволжье. Земледелие. 2023. № 5. С. 7-11.
11. Смирнова А. В., Хлопов А. А., Лыбенко Е. С. Агроэкологическая оценка монокультуры картофеля на торфяных почвах. Картофель и овощи. 2023. № 9. С. 25-29.
12. Тибирьков А. П., Филин В. И. Влияние полиакриламидного гидрогеля на структурно-агрегатный состав пахотного слоя светло-каштановой почвы Волго-Донского междуречья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4. С. 84-89.
13. Цепляев А. Н. Теоретическое обоснование технологии применения обогащенных гидросорбентов при посеве семян высокорентабельных культур в орошении. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 450-458.
14. Дубенок Н. Н. и др. Эффективность использования водных ресурсов в орошаемом земледелии. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 83-90.
15. Ulanov A. N., et al. Feed production on low-lying peat and developed soils of the North-East of the European part of Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Bol'shie Vyazemy, 2021. Pp. 012-015.
16. Tibirkov A. P., et al. The effectiveness of using soil hydrogel on light chestnut soils between the Volga and Don rivers to stimulate the germination of agricultural seeds. International Conf. on Engineering Research and Cooperation in Global Agricultural Production. Sci. 2021. V. 659. P. 012018.
17. Vdovina T. V., Kobeleva Y. V., Sirotkin A. S., Shurgalina N. N., Sidorova E. I. Iron-based nanostructured reagents in the processes of biological wastewater treatment. Theoretical and Applied Ecology. 2020. V. 4. Pp. 117-122.
18. Tibirkov A. P. Spring barley grain yield and quality at soil moisture sorbent using on light chestnut soils of the Lower Volga region. International Journal Of Applied And Fundamental Research. 2013. № 2. www.science-sd.com/455-24275.
19. Wang L., Schjoerring K. J. Seasonal variation in nitrogen pools and 15N/13C natural abundances in different tissues of grassland plant's. Biogeosciences. 2012. Vol. 9. Pp. 1583-1595.

References

1. Agafonov O. M., Revenko V. Y. Possibilities of Polymer Hydrogel as a Soil Moisture Accumulator in the Zone of Unstable Moisture in the Krasnodar Region. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2017. № 10. Pp. 35-38.
2. Novikov A. E. et al. Agroecological assessment of promising potato varieties and features of agricultural technology on light chestnut soils of the Volgograd region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 3 (67). Pp. 14-24.
3. Godunova E. I., Gundyin V. N. Role of hydrogel in improving the moisture supply of winter wheat by half-fallow in the zone of unstable moistening of the Stavropol Territory. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2015. V. 29. № 5. Pp. 57-59.
4. Godunova E. I., Shkabarda S. N. Hydrogel and structural composition of ordinary chernozems of the zone of unstable moisture in the Stavropol Territory. Fertility. 2018. № 3 (102). Pp. 31-33.
5. Godunova E. I., Shkabarda S. N. Efficacy of hydrogel for the fifth year after application on ordinary chernozems in the Stavropol Territory. Agrochemical Bulletin. 2018. № 3. Pp. 8-11.
6. Danilova T. N. Application of water-absorbing polymers to increase the water-holding capacity of soils and water supply of agricultural crops: dissertation. St. Petersburg, 2023. 345 p.
7. Danilova T. N., Annabaeva A. V. Possibilities of using polymer gels to improve the productivity of agricultural crops. Agrarian landscapes, their stability and features of development: materials of the International conf. Krasnodar, 2020. Pp. 540-542.
8. Vdovina T. A., et al. Study of water-physical properties of soil with the use of hydrogel in the Kurchum district of the East Kazakhstan region. Bulletin of Karaganda University. Series: Biology. Medicine. Geography. 2020. V. 99. № 3. Pp. 29-35.
9. Melikhov V. V., Novikov A. A. Efficacy of early potato fertilizer in drip irrigation. Fertility. 2011. № 5. Pp. 25-26.
10. Vasilyuk D. I. Ways to reduce the consumption of irrigation water in the cultivation of potatoes in the Lower Volga region. Agriculture. 2023. № 5. Pp. 7-11.
11. Smirnova A. V., Khlopov A. A., Lybenko E. S. Agroecological assessment of potato monoculture on peat soils. Potatoes and vegetables. 2023. № 9. Pp. 25-29.
12. Tibirkov A. P., Filin V. I. Influence of polyacrylamide hydrogel on the structural and aggregate composition of the arable layer of light chestnut soil of the Volga-Don interfluve. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2013. № 4. Pp. 84-89.
13. Tseplyaev A. N. Theoretical substantiation of the technology for the use of enriched hydrosorbents in sowing seeds of highly profitable crops in irrigation. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 4 (68). Pp. 450-458.

14. Dubenok N. N. et al. Efficiency of Water Resources Use in Irrigated Agriculture. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2018. № 3 (51). Pp. 83-90.
15. Ulanov A. N., et al. Feed production on low-lying peat and developed soils of the North-East of the European part of Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Bol'shie Vyazemy, 2021. Pp. 012-015.
16. Tibirkov A. P., et al. The effectiveness of using soil hydrogel on light chestnut soils between the Volga and Don rivers to stimulate the germination of agricultural seeds. International Conf. on Engineering Research and Cooperation in Global Agricultural Production. Sci. 2021. V. 659. P. 012018.
17. Vdovina T. V., Kobeleva Y. V., Sirotkin A. S., Shurgalina N. N., Sidorova E. I. Iron-based nanostructured reagents in the processes of biological wastewater treatment. Theoretical and Applied Ecology. 2020. V. 4. Pp. 117-122.
18. Tibirkov A. P. Spring barley grain yield and quality at soil moisture sorbent using on light chestnut soils of the Lower Volga region. International Journal Of Applied And Fundamental Research. 2013. № 2. www.science-sd.com/455-24275.
19. Wang L., Schjoerring K. J. Seasonal variation in nitrogen pools and $^{15}\text{N}/^{13}\text{C}$ natural abundances in different tissues of grassland plant's. Biogeosciences. 2012. Vol. 9. Pp. 1583-1595.

Информация об авторах

Семененко Сергей Яковлевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела оросительных мелиораций Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия – филиал ФГБНУ «ФНЦ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5992-8127>, e-mail: sergeysemenenko@list.ru

Цепляев Алексей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела оросительных мелиораций Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия – филиал ФГБНУ «ФНЦ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), e-mail: can_volgau@mail.ru

Тибирьков Александр Павлович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения и общей биологии, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: a.tibirkov@mail.ru

Кузнецова Елена Андреевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Технологии перерабатывающих и пищевых производств, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7826-4741>, e-mail: kea1985.1985@mail.ru

Author's Information

Semenenko Sergey Yakovlevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Irrigation Reclamation of the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – 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, Timiryazeva str., 9), ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5992-8127>, e-mail: sergeysemenenko@list.ru

Tseplyaev Aleksey Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Leading Researcher of the Department of Irrigation Reclamation of the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – 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, Timiryazeva str., 9), e-mail: can_volgau@mail.ru

Tibirkov Aleksander Pavlovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Soil Science and General Biology, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: a.tibirkov@mail.ru

Kuznetsova Elena Andreevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technologies of Processing and Food Production, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7826-4741>, e-mail: kea1985.1985@mail.ru

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

WEED INFESTATION OF CROPS, AGROPHYSICAL INDICATORS OF SOIL FERTILITY AND PRODUCTIVITY OF SUNFLOWER DEPENDING ON PREDECESSORS UNDER IRRIGATION CONDITIONS

¹Abdulnatipov M. G., ^{1,2}Gasanov G. N., ³Pleskachev Yu. N., ¹Musaev M. R.

¹Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatova

²Dagestan State Federal Research Center RAS (DFRC RAS)
Makhachkala, Russian Federation

³Federal Research Center Nemchinovka
Novoivanovskoye, Moscow Region, Russian Federation

Corresponding author E-mail: abdulnatipovm@mail.ru

Received 25.05.2024

Submitted 18.08.2024

Abstract

Introduction. The relevance of the work lies in the fact that the main technologies of achieving high yields of the main oilseed crop in the region have been solved in scientific terms. **The object** of the research is the light chestnut soil of the Chokh Agrofirma in the Gunibsky District in the Kizilyurt zone of distant-pasture livestock farming of the Republic of Dagestan. The humus in the arable layer contains 2.77%, P_2O_5 – 2.21, eas-

ily hydrolyzed nitrogen – 4.62, K_2O – 328 mg / 100 g of soil, bulk density – 1.24 g / cm³, solid phase density – 2.62 g / cm³, the lowest moisture capacity is 29.2% (soil layer 0-0.6 m), pH – 7.1-7.2, cation exchange capacity 50.0 mg-eq. / 100 g. **The research material** was two predecessors of sunflower: winter wheat + PEF (post-harvest natural phytocenosis) for green manure and corn for grain + PEF also for green manure. Pre-sowing irrigation was carried out in the spring when water entered the irrigation network (in the first ten days of April), the main tillage was carried out with domestic tools when the soil became physically ripe after irrigation. **Research methods:** phenological observations were carried out, the air-dry above-ground mass of PEF and its post-harvest root residues and predecessors were taken into account according to existing methods. It was found that in the case of pre-sowing irrigation and main tillage in the spring, the studied predecessors do not play a significant role in regulating weed infestation of sunflower crops. The main advantage of winter wheat with PEF for green manure as a predecessor of sunflower is that after its harvesting before the main cultivation of the soil for sunflower, 6.1 t/ha more plant mass accumulates, with which 477 kg/ha of nutrients enter the soil, the agrophysical properties of the soil improve, the seed yield increases by 21.3%, and the oil yield per 1 ha increases by 20.7%.

Keywords: cultivation of sunflower, weediness of crops, technologies of sunflower cultivation, soil fertility.

Citation. Abdulnatiyov M. G., Gasanov G. N., Pleskachev Yu. N., Musaev M. R. Weed infestation of crops, agrophysical indicators of soil fertility and productivity of sunflower depending on predecessors under irrigation conditions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 55-64 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-06.

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 631.5-633.854.78

ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ, АГРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

¹Абдулнатилов М. Г., кандидат технических наук, начальник отдела

^{1,2}Гасанов Г. Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

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

¹Мусаев М. Р., доктор биологических наук, профессор

¹ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова»

²ФГНУ «Дагестанский государственный федеральный исследовательский центр РАН (ДФИЦ РАН)»
г. Махачкала, Российская Федерация

³ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Немчиновка»
п. Новоивановское, Московская область, Российская Федерация

Аннотация. Актуальность работы заключается в том, что решены в научном плане основные технологии вопросы достижения высоких урожаев основной масличной культуры в регионе. Объектом исследований является светло-каштановая почва «Агрофирмы Чох» Гунибского района в Кизильюртовской зоне отгонного животноводства Республики Дагестан. Гумуса в пахотном слое содержится 2,77%, P_2O_5 – 2,21, легкогидролизуемый азот – 4,62, K_2O – 328 мг/100 г почвы, плотность сложения – 1,24 г/см³, плотность твердой фазы – 2,62 г/см³, наименьшая влагоемкость – 29,2% (слоя почвы 0-0,6 м), pH-7,1-7,2, емкость катионного обмена 50,0 мг-экв./100 г. материал исследований – два предшественника подсолнечника: озимая пшеница + ПЕФ (пожнивной естественный фитоценоз) на зеленое удобрение и кукуруза на зерно + ПЕФ также на зеленое удобрение. Допосевной полив проводили весной при поступлении воды в оросительную сеть (в первой декаде апреля), основную обработку почвы – отечественными орудиями при наступлении физической спелости почвы после полива. Методы исследований; проводили фенологические наблюдения, учет воздушно-сухой надземной массы ПЕФ и пожнивно-корневых остатков ее и предшественников согласно существующим методикам. Установлено, что в случае проведения допосевного полива и основной обработки почвы весной, исследуемые предшественники не играют существенной роли в регулировании засоренности посевов подсолнечника. Основным преимуществом озимой пшеницы с ПЕФ на зеленое удобрение как предшественника подсолнечника является то, что после ее уборки до начала основной обработки почвы под подсолнечник накапливается на 6,1 т/га больше растительной массы, с которой в почву поступает 477 кг/га питательных элементов, улучшаются агрофизические свойства почвы, на 21,3% повышается урожайность семян, на 20,7% – сбор масла с 1 га.

Ключевые слова: возделывание подсолнечник, засоренность посевов, технологии возделывания подсолнечника, плодородие почв.

Цитирование. Абдулнатилов М. Г., Гасанов Г. Н., Плескачев Ю. Н., Мусаев М. Р. Засоренность посевов, агрофизические показатели плодородия почвы и продуктивность подсолнечника в зависимости от предшественников в условиях орошения. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 55-64. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-06.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В структуре посевных площадей орошаемых районов Дагестана на долю подсолнечника приходится 10-12% и во вводимых здесь 8-10 полных севооборотах занимает по одному полю. Высокие и устойчивые урожаи он дает на незасоленных легко – и среднесуглинистых почвах. Лучшими предшественниками для него являются люцерна, озимые зерновые, неплохие урожаи дает она и по пропашным предшественникам. Но даже при размещении на землях с благоприятными почвенными условиями, по лучшим предшественникам и применению орошения, урожайность ее в республике остается все еще очень низкой, и колеблется в среднем от 8 до 15 ц/га.

Основной причиной низких урожаев подсолнечника в рассматриваемых условиях является высокая засоренность посевов, поддержанию которой способствует высокая степень насыщенности пахотного слоя почвы семенами сорняков, достигающей 17-19 млрд/га [14]. Несмотря на это, разработке технологии его возделывания уделялось недостаточно внимания. Можно привести лишь две научные работы, которые были выполнены в этой области: Ибрагимовым А. Д. [*Режим орошения и система зяблевой обработки почвы под подсолнечник в равнинной зоне Дагестанской АССР // Диссертация на соискание уч. степени к. с.-х. н. – Махачкала. – 1979. – 190 с.*], исследовавшим два режима орошения (назначение поливов при 60 и 80 % от НВ) и сравнительную эффективность обработки почвы по обычной полупаровой системе и системе поливного полупара, а также Курбановым С. А. и Исмаиловым И. Н. [*Резервы повышения производства масла в Дагестане. «Зерновое хозяйство». 2008. № 1-2. С. 2-3*], изучавших сравнительную продуктивность звеньев севооборота с озимой пшеницей и масличными культурами – подсолнечником и озимым рапсом.

В вопросах сроков основной обработки почвы и проведения влагозарядкового полива, от которых в значительной степени зависит засоренность посевов и обеспеченность растений почвенной влагой до посева и в первой половине вегетационного периода подсолнечника, перечисленные авторы ориентировались на существующие рекомендации по другим пропашным культурам, которые сводятся к осеннему сроку их проведения [5].

Такие же рекомендации по срокам основной обработки почвы под подсолнечник приводят исследователи северокавказского региона: на черноземе выщелоченном Краснодарского края [4] на светло-каштановой почве и выщелоченном черноземе в засушливой зоне Северного Кавказа [6, 8, 14].

Однако, как указывают [14], за 7-8 месяцев после проведения этих технологических приемов до посева яровых культур, в частности кукурузы, теряется значительная часть накопленных в почве запасов влаги, она подвергается дефляции с потерей 15-20 т/га мелких, наиболее плодородных частиц почвы.

Подсолнечник, по сравнению с кукурузой, является культурой более раннего срока посева, его всходы меньше повреждаются весенними заморозками, поэтому в существующих рекомендациях его рекомендуют высевать в более ранние сроки, чем кукурузу и сорговые культуры. При этом непосредственных исследований по срокам основной обработки почвы и проведения допосевого полива этой культуры в рассматриваемой зоне до сих пор не проведено.

Целью наших исследований было определение продуктивности подсолнечника при различном сочетании осенних и весенних сроков проведения допосевого полива и основной обработки почвы.

Материалы и методы. Исследования проводили на светло-каштановой почве «Агрофирмы Чох» Гунибского района в Кизильюртовской зоне отгонного животноводства Республики Дагестан. Содержание гумуса в пахотном слое – 2,77%, P_2O_5 – 22,1, K_2O – 328 мг кг /кг почвы, плотность сложения – 1,24 г/см³, плотность твердой фазы – 2,62 г/см³, наименьшая влагоемкость – 29,2% (слоя почвы 0-0,6 м), pH-7,1-7,2, емкость катионного обмена 50,0 мг-экв./100 г.

В ранее проведенных исследованиях по срокам основной обработки почвы и проведения допосевного полива под кукурузу после озимой пшеницы была выявлена целесообразность весеннего срока при наступлении физической спелости почвы в обрабатываемом слое [1, 2, 11]. На целесообразность указанных сроков выполнения этих же приемов под кукурузу указывают также [7, 9] по предшественнику люцерны на сено. Мы для своих исследований взяли два ранее не изученных предшественника подсолнечника: озимая пшеница + ПЕФ и кукуруза на зерно + ПЕФ на зеленое удобрение.

После уборки урожая озимой пшеницы в первой декаде июля поле не поливали, при достижении ПЕФ уборочной спелости (фазы молочной спелости мятликовых фитоценозов) в первой декаде августа и отрастании ее в той же декаде сентября зеленую массу измельчали тяжелыми дисковыми боронами БДТ-3. Такую же обработку проводили по предшественнику кукуруза + ПЕФ во второй декаде сентября. Весной при поступлении воды в оросительную систему (первая декада апреля) провели полив почвы по обоим предшественникам из расчета увлажнения слоя 0-60 см. Способ полива поверхностный по полосам с боковым пуском воды вручную. При наступлении физической спелости почвы провели вспашку на глубину 0-30 см плугами ПЛН-35 с трактором ДТ-75, которая удовлетворяла требованиям: заделки не менее 95% растительных остатков и доли комков более 5 см в диаметре – не более 10%. После вспашки почву выровняли малой-выравнивателем МВ-6 в агрегате с тем же трактором ДТ-75, предпосевную обработку провели тяжелыми зубowymi боронами БЗСТ-1 с МТЗ-80. Вегетационный полив подсолнечника провели по бороздам вручную, посев семенами сорта ВНИИМК-8883, норма высева семян – 72 тыс. семян/га. Удобрения внесли всего $N_{90}P_{40}K_{90}$, в том числе $N_{40}P_{24}K_{74}$ под вспашку, $N_{16}P_{16}K_{16}$ – при посеве с семенами, N_{34} в подкормку в фазе 8-10 листьев при нарезке борозд, посев – в начале третьей декады мая сеялкой СУПН-8.

Агрофизические анализы почвы провели согласно «Руководству по определению агрогидрологических свойств почвы» [10], образцы почвы брали на каждой делянке с двух точек двух несмежных повторностей опыта. Определяли содержание влаги в почве термостатно – весовым методом по слоям (см): 0-10; 10-20; 20-30; 30-40 и 40-60 см в три срока: перед до посевным поливом, в фазе цветения подсолнечника и перед уборкой урожая. В эти же сроки определяли плотность пахотного слоя (0-30 см) через каждые 10 см и плотность твердой фазы используя металлический «патрон» высотой и диаметром по 5 см, объемом 19,62 см³. Общую пористость рассчитывали по показателям плотности сложения почвы и плотности твердой фазы, пористость аэрации – общей пористости, полевой влажности и плотности сложения почвы. Агрегатный состав почвы (сухое и мокрое просеивание) определяли по Н. И. Саввинову, коэффициент структурности – как отношение суммы агрегатов от 0,25 до 10 мм к суммарному содержанию их показателей менее 0,25 и более 10 мм.

Проводили фенологические наблюдения за ростом подсолнечника, учет воздушно-сухой массы пожнивных и корневых остатков ПЕФ, предшественников подсолнечника и самого подсолнечника на трех площадках по 0,25 м² каждого варианта в двух несмежных повторностях, корневых остатков – на тех же делянках по слоям 0-10; 10-20 и 20-30 см на площадках 10x10 см по Федину М. А. (*Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур*. – М.: Колос, 1985. 239 с.), статистическую обработку биометрических данных – по Доспехову Б. А. (*Методика полевого опыта*. М.: Колос, 1985. – 416 с.). Площадь учетной делянки – 100 м², повторность – 4-х кратная, размещение вариантов в опыте рендомизированное, повторностей – систематическое.

Результаты и обсуждение. В районах орошаемого земледелия Западного Прикаспия одной из основных причин низкой урожайности подсолнечника (она за последние 10 лет не превышает 10-12 ц/га) является высокая засорённость посевов, которая многократно повышается после проведения вегетационного полива. Борьба с сорно-полевой растительностью после этого полива невозможно ни с помощью химических, ни с помощью

агротехнических приемов. Проведенные нами исследования показали, что исследуемые нами предшественники не играют существенной роли в регулировании засоренности посевов подсолнечника. Весной перед основной обработкой почвы она не отличалась по рассматриваемым вариантам, поскольку срок ее проведения по обоим вариантам был один и тот же, и на поверхность почвы была вывернута вторая половина пахотного слоя почвы. Указанное в таблице 1 количество сорняков к этому сроку проросли после влагозарядкового полива и количество их по вариантам не отличались между собой.

Таблица 1 – Засоренность посевов подсолнечника по предшественникам, 2019-2021 гг.

Table 1 – Weediness of sunflower crops by predecessors, 2019-2021

Предшественник / Predecessor	Год / Year	До основной обработки почвы / Before basic tillage	Фаза 6-8 листьев / Phase 6-8 leaves	Полная спелость / Full ripeness
Количество сорных растений, шт./м ² / Number of weeds, pcs/m ²				
Озимая пшеница + ПЕФ-контроль / Winter wheat + PEF control	2019	135	14	25
	2020	156	15	18
	2021	133	11	22
	среднее / average	141	13	22
Кукуруза на зерно + ПЕФ / Corn for grain + PEF	2019	138	12	20
	2020	154	17	27
	2021	151	14	26
	среднее / average	148	14	24
НСР ₀₅	2019	24	8	11
	2020	18	9	10
	2021	21	7	7

Учет количества их в фазе 6-8 листьев, когда растения подсолнечника наиболее чувствительны к засоренности посевов, она находилась на уровне 13-14 экз./м², что соответствует средней степени засоренности. Об этом же свидетельствуют данные по воздушно-сухой массе сорняков, которая составила 2,0-2,4 г/м². Немного повысилась она и к наступлению уборочной спелости подсолнечника (таблица 2).

Таблица 2 – Воздушно-сухая масса сорняков в посевах подсолнечника в зависимости от предшественников, г/ м², 2019-2021 гг.

Table 2 – Air-dry mass of weeds in sunflower crops depending on predecessors, g/m², 2019-2021

Предшественник / Predecessor	Год / Year	До основной обработки почвы / Before basic tillage	Фаза 6-8 листьев / Phase 6-8 leaves	Полная спелость / Full ripeness
Озимая пшеница + ПЕФ-контроль / Winter wheat + PEF control	2019	16,2	2,4	4,2
	2020	20,3	1,8	3,8
	2021	21,5	2,7	5,0
	среднее / average	19,3	2,0	4,3
Кукуруза на зерно + ПЕФ / Corn for grain + PEF	2019	15,6	1,9	3,3
	2020	21,4	3,1	4,6
	2021	19,8	2,3	4,2
	среднее / average	18,9	2,4	4,0
НСР ₀₅	2019	3,8	2,1	1,4
	2020	3,3	2,5	1,6
	2021	4,1	1,6	2,0

Основным преимуществом озимой пшеницы с ПЕФ как предшественника подсолнечника, как указывают еще [12, 13] является то, что после уборки ее урожая до окончания вегетационного периода сорно-полевой растительности остается в два раза больше времени для формирования более высокого урожая ПЕФ (таблица 3).

Таблица 3 – Накопление воздушно-сухой надземной и подземной массы предшественниками подсолнечника в среднем за 2019-2021 гг., т/га

Table 3 – Accumulation of air-dry aboveground and underground mass by sunflower predecessors on average for 2019-2021, t/ha

Продукция / Production	Озимая пшеница + ПЕФ – контроль / Winter wheat + PEF control			Кукуруза + ПЕФ / Corn + PEF		
	Всего / Total	В том числе / Including		Всего / Total	В том числе / Including	
		Озимая пшеница / Winter wheat	ПЕФ / PEF		Кукуруза / Maize	ПЕФ / PEF
Надземная масса / Above-ground mass	23,10	0,0	23,10	17,20	0,0	17,20
Пожнивные остатки / Crop residues	1,48	0,72	0,76	1,34	0,68	0,66
Корни / Roots	4,71	2,30	2,41	4,67	2,43	2,24
Всего / Altogether	29,29	3,02	26,27	23,21	3,11	20,10
в % к контролю / % of control	100,0	100,0	100,0	79,2	103,0	68,6

В среднем за годы исследований после озимой пшеницы с ПЕФ в почву поступило на 6,08 т/га растительной массы, в которой содержалось больше (кг/га): N – на 76, P₂O₅ – на 80, K₂O на 321, чем после кукурузы на зерно с ПЕФ.

Кроме того, запаханная в почву растительная масса ПЕФ способствовало снижению плотности почвы к уборке урожая подсолнечника на 4,7%, увеличению содержанию наиболее ценных структурных агрегатов на 2,5%, коэффициента структурности на 16,2% (таблица 4).

Таблица 4 – Агрофизические показатели плодородия пахотного (0-30 см) слоя почвы под подсолнечником в зависимости от предшественников в среднем за 2019-2021 гг.

Table 4 – Agrophysical indicators of fertility of the arable (0-30 cm) soil layer under sunflower depending on predecessors on average for 2019-2021

Предшественник / Predecessor	Срок определения / Term of determination		
	До основной обработки почвы и полива / Before the main tillage and watering	В фазе начала цветения / In the phase of the beginning of flowering	При уборке урожая / During harvesting
Плотность, г/см ³ / Density, g/cm ³			
Озимая пшеница + ПЕФ-контроль / Winter wheat + PEF control	1,18±	1,18±	1,23 ±
Кукуруза на зерно + ПЕФ / Corn for grain + PEF	1,19±	1,24±	1,29±
Общая пористость, % / Total porosity, %			
Озимая пшеница + ПЕФ-контроль / Winter wheat + PEF control	55,0	55,0	53,1
Кукуруза на зерно + ПЕФ / Corn for grain + PEF	54,6	52,7	50,8
Содержание наиболее ценных структурных агрегатов (1,0-3,0 мм), % / Content of the most valuable structural aggregates (1.0-3.0 mm), %			
Озимая пшеница + ПЕФ-контроль / Winter wheat + PEF control	30,8	25,8	23,5
Кукуруза на зерно + ПЕФ / Corn for grain + PEF	30,0	23,3	21,0
Коэффициент структурности почвы / Soil structure coefficient			
Озимая пшеница + ПЕФ-контроль / Winter wheat + PEF control	1,41	1,24	1,07
Кукуруза на зерно + ПЕФ / Corn for grain + PEF	1,23	1,08	0,92

Благодаря улучшению перечисленных факторов при одинаковом количестве растений на единице площади в одной корзинке формировались на 21,2% больше семян подсолнечника, чем при размещении его по пропашному предшественнику, в том числе вызревших семян – на 19,3%, масса 1000 семян увеличилась на 21,3% (таблица 5).

Таблица 5 – Структура урожая семян подсолнечника, выращенного по разным предшественникам
Table 5 – Structure of the yield of sunflower seeds grown using different predecessors

Показатель / Index	Предшественник / Predecessor	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Средняя / Average
Количество растений на 1 га, тыс. экз. / Number of plants per 1 ha, thousand ind.	озимая пшеница +ПЕФ-контроль / winter wheat +PEF control	66,7	64,3	66,0	65,7
	кукуруза +ПЕФ / corn +PEF	67,1	64,1	65,8	65,7
HCP ₀₅		0,6	0,3	0,4	
Масса семян с 1 корзинки, г / Weight of seeds from 1 head, g	озимая пшеница +ПЕФ-контроль / winter wheat +PEF control	56,2	57,0	56,7	56,6
	кукуруза +ПЕФ / corn +PEF	47,1	46,8	46,2	46,7
HCP ₀₅		2,3	3,5	3,3	
Количество вызревших семян в 1 корзинке, шт. / Number of ripened seeds in 1 basket, pcs.	озимая пшеница + ПЕФ - контроль / winter wheat +PEF control	102	96	100	99
	кукуруза +ПЕФ / corn +PEF	83	85	82	83
HCP ₀₅		5,0	4,6	4,2	
Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g	озимая пшеница + ПЕФ – контроль	83,6	84,4	77,6	81,9
	кукуруза +ПЕФ / corn +PEF	70,5	66,2	65,7	67,5
HCP ₀₅		3,2	2,9	4,0	

Урожайность семян подсолнечника при этом повысилась на 21,1% и в среднем за три года исследований составила 3,70 т/га. Прибавки урожая семян по годам составили 0,71; 0,66 и 0,57 т/га, причем они были математически достоверны за все годы проведения эксперимента (таблица 4).

Таблица 6 – Урожайность, масличность семян и выход масла с 1га посевов подсолнечника в зависимости от предшественников за 2019-2021 гг.

Table 6 – Productivity, oil content of seeds and oil yield from 1 hectare of sunflower crops depending on predecessors for 2019-2021

Предшественник / Predecessor	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Средняя / Average	В % к контролю / % Control
Урожайность семян, т/га / Seed yield, t/ha					
Озимая пшеница + ПЕФ – контроль / Winter wheat + PEF control	3,56	3,88	3,65	3,70	100,0
Кукуруза на зерно + ПЕФ / Corn for grain + PEF	2,85	3,22	3,08	3,05	82,4
HCP ₀₅	0,29	0,21	0,18		
Масличность семян, % / Oil content of seeds, %					
Озимая пшеница + ПЕФ- контроль / Winter wheat + PEF control	48,0	47,2	47,0	47,4	100,0
Кукуруза на зерно + ПЕФ / Corn for grain + PEF	48,1	47,4	46,8	47,0	99,2
HCP ₀₅	0,3	0,5	0,4		
Выход масла с 1 га, т / Oil yield from 1 ha, t					
Озимая пшеница + ПЕФ – контроль / Winter wheat + PEF control	1,71	1,72	1,72	1,75	100,0
Кукуруза на зерно + ПЕФ / Corn for grain + PEF	1,37	1,53	1,44	1,45	82,6

Масличность семян после обоих предшественников имела одинаковые значения – по 47,4% с колебаниями по годам от 46,8 до 48,1%. Поэтому выход масла с 1 га посевов подсолнечника всецело зависел от урожайности семян и составил по предшественнику озимая пшеница + ПЕФ на зеленое удобрение в среднем по годам исследований 1,75 т/га, по пропашному предшественнику – 17,1% меньше.

Приведенные данные свидетельствуют о высокой эффективности размещения подсолнечника в плодосменных севооборотах Западного Прикаспия после озимой пшеницы + ПЕФ на зеленое удобрение. Этот предшественник может стать основным при выборе их состава для этой культуры по сравнению с представителями из других групп предшественников: зерновых колосовых и даже многолетних трав.

Заключение. В случае проведения допосевого полива и основной обработки почвы весной, исследуемые предшественники не играют существенной роли в регулировании засоренности посевов подсолнечника. В фазе 6-8 листьев растений она не превышает 13-14 экз./м², сырая масса их – 2,0-2,4 г/м². Немного повышается засоренность посевов и к наступлению уборочной спелости подсолнечника.

Основным преимуществом озимой пшеницы с ПЕФ на зеленое удобрение как предшественника подсолнечника является то, что после уборки ее урожая до окончания вегетационного периода сорно-полевой растительности остается в два раза больше времени для формирования более высокого (29,29 т/га) урожая ПЕФ, с которой в почву поступает больше питательных элементов (кг/га): N – на 76, P₂O₅ – на 80, K₂O на 321, чем после кукурузы с ПЕФ.

Запаханная в почву растительная масса по предшественнику озимая пшеница + ПЕФ способствует снижению плотности ее к уборке урожая подсолнечника на 4,7%, увеличению содержанию наиболее ценных структурных агрегатов на 2,5%, коэффициента структурности на 16,2%.

При одинаковом количестве растений на единице площади по этому же предшественнику в одной корзинке формировались на 21,2% больше семян подсолнечника, в том числе вызревших – на 19,3%, масса 1000 семян увеличилась на 21,3%. Урожайность семян при этом повысилась на 21,1%, масличность их после обоих предшественников имела одинаковые значения – по 47,4%, поэтому выход масла с 1 га посевов увеличился на 20,7%.

Conclusions. In case of pre-sowing irrigation and primary tillage in spring, the studied predecessors do not play a significant role in regulating the weed infestation of sunflower crops. In the phase of 6-8 plant leaves, it does not exceed 13-14 specimens/m², their raw weight is 2.0-2.4 g/m². The weed infestation of crops also increases slightly by the onset of harvest maturity of sunflower. The main advantage of winter wheat with PEF for green manure as a predecessor of sunflower is that after harvesting its crop, before the end of the growing season, there is twice as much time left for the formation of a higher (29.29 t/ha) yield of PEF, with which more nutrients enter the soil (kg/ha): N – by 76, P₂O₅ – by 80, K₂O by 321, than after corn with PEF. The plant mass plowed into the soil after the predecessor winter wheat + PEF helps to reduce its density by 4.7% for harvesting sunflower, increase the content of the most valuable structural aggregates by 2.5%, and the structure coefficient by 16.2%. With the same number of plants per unit area after the same predecessor, 21.2% more sunflower seeds were formed in one basket, including 19.3% more ripened ones, the weight of 1000 seeds increased by 21.3%. The seed yield increased by 21.1%, their oil content after both predecessors had the same values – 47.4% each, so the oil yield from 1 ha of crops increased by 20.7%.

Библиографический список

1. Абдулнатилов М. Г. Продуктивность подсолнечника в зависимости от срока проведения основной обработки почвы и влагозарядкового полива в Западном Прикаспии. Аграрный Вестник Северного Кавказа. 2023. № 2 (50). С. 52-57.
2. Абдуллаев Ж. Н., Гасанов Г. Н., Бексултанов А. А. Приемы обработки каштановой почвы и продуктивность звена севооборота «познивная культура – озимая пшеница» в Приморской подпровинции Дагестана. Аграрная наука. 2012. № 3. С. 9-12.
3. Арсланов М. А., Гасанов Г. Н., Гаджиев К. М., Мирзаева Х. М. Динамика агрофизических показателей плодородия почвы в зернокарманных севооборотах Западного Прикаспия. Плодородие. 2023. № 5. С. 71-75.
4. Бушнев А. С., Тишков Н. М. Динамика структуры чернозема выщелоченного при длительном применении различных систем основной обработки почвы в севообороте с масличными культурами. Масличные культуры. 2014. Вып. 1 (157-158). С. 38-52.
5. Бушнев А. С., Подлесный С. П., Хатит А. Б., Ветер В. Л. Урожайность и качество семян подсолнечника в зависимости от элементов адаптивной технологии возделывания. Масличные культуры. 2017. № 4 (172). С. 61-71.
6. Власова О. И., Есаулко А. Н., Шабалдас О. Г. и др. Развитие системы обработки почвы на Ставрополье. Земледелие. 2022. № 8. С. 26-30.
7. Гасанов Г. Н., Пакина Е. Н., Асварова Т. А., Гаджиев К. М. и др. Познивной фитоценоз как предшественник озимой пшеницы в орошаемых районах Западного Прикаспия. Проблемы развития АПК региона. 2021. № 1 (45).

8. Немченко В. В., Волынкина О. В., Дерябина В. Л. Система обработки почвы и ее плодородие. Агрохимический вестник. 2022. № 3. С. 86-96.
9. Пакина Е. Н., Гасанов Г. Н., Асварова Т. А. Удобрение пожнивного естественного фитоценоза и озимой пшеницы в звене зернового севооборота в орошаемых условиях. Плодородие. 2021. № 2 (119). С. 42-45.
10. Руководство по определению агрогидрологических свойств почвы. РД (руководящий документ). 52.33.219. 2022.
11. Тамазаев Т. И., Мусаев М. Р., Гасанов Г. Н. Влияние способа содержания почвы в поживной период на продуктивность кукурузы Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 4. С. 44-47.
12. Тамазаев И.Т. Эффективность минерального и органо-минерального фона удобрения в звене зернопропашного севооборота. Проблемы развития АПК региона. 2018. № 3 (35). С. 70-75.
13. Тамазаев И. Т. Видовой состав и продуктивность естественного фитоценоза и кукурузы на силос пожнивного посева в Терско-Сулакской низменности Прикаспия. Проблемы развития АПК региона. 2018. № 3 (35). С. 75-79.
14. Тимошенко Г. З. Способы основной обработки почвы в севообороте и урожайность подсолнечника. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2015. Вып. 3 (163). С. 50-54.

References

1. Abdulnatipov M. G. Sunflower productivity depending on the timing of primary tillage and moisture-charging irrigation in the Western Caspian region. Agrarian Bulletin of the North Caucasus. 2023. No. 2 (50). Pp. 52-57.
2. Abdullaev Zh. N., Gasanov G. N., Beksultanov A. A. Methods of chestnut soil cultivation and productivity of the crop rotation link "stubble crop – winter wheat" in the Primorsky subprovince of Dagestan. Agrarian science. 2012. No. 3. Pp. 9-12.
3. Arslanov M. A., Gasanov G. N., Gadzhiev K. M., Mirzaeva H. M. Dynamics of agrophysical indicators of soil fertility in grain-and-fodder crop rotations in the Western Caspian region. Fertility. 2023. No. 5. Pp. 71-75.
4. Bushnev A. S., Tishkov N. M. Dynamics of the structure of leached chernozem with long-term use of various primary tillage systems in crop rotation with oilseeds. Oilseeds. 2014. Issue 1 (157-158). Pp. 38-52.
5. Bushnev A. S., Podlesny S. P., Khatit A. B., Veter V. L. Yield and quality of sunflower seeds depending on the elements of adaptive cultivation technology. Oilseeds. 2017. No. 4 (172). Pp. 61-71.
6. Vlasova O. I., Esaulko A. N., Shabalda O. G., et al. Development of the soil cultivation system in Stavropol. Agriculture. 2022. No. 8. Pp. 26-30.
7. Gasanov G. N., Pakina E. N., Asvarova T. A., Gadzhiev K. M., et al. Post-harvest phytocenosis as a precursor to winter wheat in irrigated areas of the Western Caspian region. Problems of development of the agro-industrial complex of the region. 2021. No. 1 (45). Pp. 30-36.
8. Nemchenko V. V., Volynkina O. V., Deryabina V. L. Soil cultivation system and its fertility. Agrochemical Bulletin. 2022. No. 3. Pp. 86-96.
9. Pakina E. N., Gasanov G. N., Asvarova T. A. Fertilization of post-harvest natural phytocenosis and winter wheat in the grain crop rotation link under irrigated conditions. Fertility. 2021. No. 2 (119). Pp. 42-45.
10. Guidelines for determining the agrohydrological properties of the soil. RD (guidance document). 52.33.219. 2022.
11. Tamazaev T. I., Musaev M. R., Gasanov G. N. Influence of the method of soil maintenance during the stubble period on the productivity of corn Bulletin of the Russian Agricultural Science. 2018. No. 4. Pp. 44-47.
12. Tamazaev I. T. Efficiency of mineral and organomineral fertilizer background in the grain-row crop rotation link. Problems of regional agro-industrial complex development. 2018. No. 3 (35). Pp. 70-75.
13. Tamazaev I. T. Species composition and productivity of natural phytocenosis and corn for silage of stubble sowing in the Terek-Sulak lowland of the Caspian region. Problems of regional agro-industrial complex development. 2018. No. 3 (35). Pp. 75-79.
14. Timoshenko G. Z. Methods of primary tillage in crop rotation and sunflower yield. Oilseeds. Scientific and technical bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds. 2015. Issue 3 (163). Pp. 50-54.

Информация об авторах

Абдулнатипов Муслим Гайирбегович, кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин и технологий конструкционных материалов ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джембулатова (Российская Федерация, 367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Магомета Гаджиева, д. 180), e-mail: abdulnatipovm@mail.ru

Гасанов Гасан Никуевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства и кормопроизводства ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джембулатова» (367032, Махачкала, ул. Магомета Гаджиева, д. 180), главный научный сотрудник ФГНУ «Дагестанский государственный федеральный исследовательский центр РАН (ДФИЦ РАН)» (Российская Федерация, 367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Магомета Гаджиева, д. 180), e-mail: nikuevich@mail.ru

Плескачев Юрий Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Немчиновка», (Российская Федерация, 143026, Московская область, п. Ново-ивановское, ул. Агрохимиков, д. 6), e-mail: pleskachiov@yandex.ru

Мусаев Магомед Расулович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой землеустройства и кадастров ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джембулатова», (Российская Федерация, 367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Магомета Гаджиева, д. 180), e-mail: zareмка_76@mail.ru

Author's Information

Abdulnatipov Muslim Gayirbegovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Machines and Technologies of Structural Materials, Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov (Russian Federation, 367032, Republic of Dagestan, Makhachkala, Magomet Gadzhiev St. 180), e-mail: abdulnatipovm@mail.ru

Gasanov Gasan Nikuevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Plant Growing and Forage Production of the Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov" (367032, Makhachkala, Magomet Gadzhiev St. 180), chief researcher of the Dagestan State Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (DFRC RAS) (Russian Federation, 367032, Republic of Dagestan, Makhachkala, Magomet Gadzhiev St. 180), e-mail: nikuevich@mail.ru

Pleskachev Yuri Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, professor, chief researcher of the Federal State Budgetary Institution "Federal Research Center Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow Region, Novoivanovskoye village, Agrochemists str. 6), e-mail: pleskachiov@yandex.ru

Musaev Magomed Rasulovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Land Management and Cadastre, Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov (Russian Federation, 367032, Republic of Dagestan, Makhachkala, Magomet Gadzhiev St. 180), e-mail: zaremk_76@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-07

SEED QUALITY OF GRAIN SORGHUM SEEDS FORMED IN DIFFERENT PARTS OF THE PANICLE AND ITS INFLUENCE ON SOWING QUALITIES AND MYCOFLORA

Kincharova M. N., Matvienko E. V.

*P. N. Konstantinov Volga Research Institute of Breeding and Seed Production – branch of Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
Kinel, Samara Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: potatolab@mail.ru

Received 27.06.2024

Submitted 02.09.2024

The research was carried out within the framework of the State assignment on the theme:
"Scientific basis for the creation of new varieties of cereal, grain-forage and sorghum crops, with complex resistance to bio and abiotressors, with high economically valuable traits, providing stable yields in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region". (FMRW-2022-0019) state registration number EGISU R&D 1021032424537-6-4.1.6

Summary

The results of the study of the effect of different quality of grain sorghum seeds formed in different parts of the panicle on sowing qualities and pathogenic microflora infestation are presented.

It is revealed that in the conditions of the Samara region seeds of the best quality are formed in the upper part of the panicle of grain sorghum. During the storage of seeds collected from different parts of the panicle, the qualitative composition of mycoflora changes due to the increase of *Alternaria* fungi infestation and the appearance of storage molds.

Abstract

Introduction. The research conducted in 2021-2022 at the P.N. Konstantinov Volga Research Institute of Seed Science, a branch of SamNTs RAS, is aimed at finding ways to improve the phytosanitary condition of seeds, their sowing qualities and grain sorghum yield. Under the influence of various biotic and abiotic factors during cultivation, sowing, harvesting, postharvest processing, as well as storage, grain sorghum undergoes degradation of several indicators of seed quality, namely: germination energy, germination capacity, weight of 1000 grains and increases the contamination of seed material with internal mycoflora. Object. For the study were taken seeds of sorghum grain varieties ROSY and KINELSKOE 63, zoned and promising for cultivation in the Samara region. **Materials and methods.** Laboratory and field studies were carried out in 2021-2022 in the Volga Research Institute of Variety Testing of Agricultural Plants - branch of SamNTs RAS according to the "Methodology of State Variety Testing of Agricultural Plants" and according to standard and generally accepted methods. Phytoexpertise of seeds was carried out in accordance with GOST12044-93. **Results and Conclusions.** Laboratory and field studies were conducted in 2021-2022 on the basis of the Povolzhsky Research Institute of Variety Testing of Agricultural Plants – branch of SamNTs RAS according to the "Methodology of state variety testing of agricultural plants" and according to standard and generally accepted methods. Phytoexpertise of seeds was carried out in accordance with GOST12044-93. Results and conclusions. Examination of grain sorghum seeds infestation in laboratory conditions revealed mycelium and sporulation of *Alternaria* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. and others fungi on the affected seeds. Studies of sorghum seed quality of different parts of panicles in contrasting moisture years – 2021 and 2022 - show that the upper part of the panicle gives the highest quality seeds. Over the years of study found that in the conditions of the Samara region on the day of harvesting the weight of 1000 seeds from the upper part of the panicle on average in varieties ROS and KINELSKOE 63 was 1.2 and 1.3 g more compared to seeds from its lower part (25.2 and 23.7 g, respectively). According to the results of laboratory examinations, seeds collected from the uppermost parts of panicles also had significantly higher germination energy and germination compared to seeds collected from the lower and middle parts of panicles. The study of seed germination parameters after six months of storage under the same conditions showed that the germination of sorghum collected from the upper part of panicles was significantly higher than that from the lower and middle parts by 3-13% in the variety ROSY and by 5-13% in the

variety KINELSKOYE 63. In addition, in the process of 30-day storage, the qualitative composition of seed infection has already changed. During the whole storage period, seeds from the upper part of the panicle showed a slight increase in mycoflora infection (7.1 and 15.8%) in both varieties. Seeds sampled from the middle and lower parts of the panicle showed an increase in infection relative to the initial one during the storage period, especially seeds from the lower part of the panicle (by 54.8% for the variety ROSY and by 33.3% for KINELSKOE 63).

Keywords: sorghum, sorghum seed quality, sorghum seed sowing quality.

Citation. Kincharova M. N., Matvienko E. V. Seed quality of grain sorghum seeds formed in different parts of the panicle and its influence on sowing qualities and mycoflora. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 64-72 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-07.

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 632.4.01/08

РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТЬ СЕМЯН СОРГО ЗЕРНОВОГО, СФОРМИРОВАННЫХ В РАЗНЫХ ЧАСТЯХ МЕТЕЛКИ, И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА И МИКОФЛОРУ

Кинчарова М. Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник
Матвиенко Е. В., кандидат биологических наук, младший научный сотрудник

*Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства
имени П. Н. Константинова – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Самарского федерального исследовательского центра РАН
г. Кинель, Самарская область, Российская Федерация*

Исследования проведены в рамках выполнения Государственного задания по теме: «Научные основы создания новых сортов крупяных, зернофуражных и сорговых культур, с комплексной устойчивостью к био и абиотическим факторам, с высокими хозяйственно ценными признаками, обеспечивающих получение стабильных урожаев в условиях лесостепи Среднего Поволжья».
(FMRW-2022-0019) номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР 1021032424537-6-4.1.6

Резюме. Представлены результаты исследования влияния разнокачественности семян сорго зернового, сформированных в разных частях метелки, на посевные качества и зараженность патогенной микрофлорой.

Выявлено, что в условиях Самарской области семена лучшего качества образуются в верхней части метелки сорго зернового. За время хранения семян, собранных из разных частей метелки, меняется качественный состав микрофлоры за счет увеличения заспоренности грибами *Alternaria* и появления плесеней хранения.

Актуальность. Исследования, проведенные в 2021-2022 гг. на базе Поволжского НИИСС им. П. Н. Константинова – филиала СамНЦ РАН, направлены на поиск путей улучшения фитосанитарного состояния семян, их посевных качеств и урожайности зернового сорго. Под воздействием различных биотических и абиотических факторов во время выращивания, посева, уборки, послеуборочной обработки, а также хранения у зерна сорго подвергается деградации несколько показателей качества семян, а именно: энергии прорастания, всхожести, массы 1000 зерен, и повышается зараженность семенного материала внутренней микрофлорой. **Объект.** Для изучения были взяты семена районированных и перспективных для возделывания в Самарской области сортов сорго зернового РОСЬ и КИНЕЛЬСКОЕ 63. **Материалы и методы.** Лабораторные и полевые исследования проведены в 2021-2022 годах в Поволжском НИИСС – филиале СамНЦ РАН согласно «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных растений» и по стандартным и общепринятым методикам. Фитоэкспертиза семян была проведена в соответствии с ГОСТ12044-93. **Результаты и выводы.** Экспертиза зараженности семян сорго зернового в лабораторных условиях, выявила на пораженных семенах мицелий и споронии грибов *Alternaria* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. и др. Исследования разнокачественности семян сорго, отобранных с разных частей метелок, в условиях контрастных по влагообеспеченности лет – 2021 и 2022 гг., показывают, что верхняя часть метелки дает самые качественные семена. За годы изучения установлено, что в условиях Самарской области в день уборки масса 1000 семян из верхней части метелки у сортов РОСЬ и КИНЕЛЬСКОЕ 63 была на 1,2 и 1,3 г больше по сравнению с семенами из нижней ее части (25,2 и 23,7 г соответственно). По результатам лабораторных обследований семена, собранные с верхних частей метелок, также имели значительно более высокую энергию прорастания и всхожесть по сравнению с семенами, собранными с нижних и средних частей метелок. Изучение показателей посевных качеств семян после полугода хранения в одинаковых условиях показало, что всхожесть сор-

го, отобранного из верхней части метелки, была значительно выше, чем из нижней и средней частей на 3-13% у сорта РОСЬ и на 5-13% у сорта КИНЕЛЬСКОЕ 63. Кроме того, в процессе 30-ти дневного хранения уже изменился качественный состав семенной инфекции. За весь же период хранения на семенах из верхней части метелки в основном было отмечено незначительное повышение инфицирования семян микрофлорой (7,1 и 15,8%) по обоим сортам. На семенах, отобранных из средней и нижней частей метелки, за время хранения наблюдалось увеличение зараженности относительно исходной, особенно это заметно на семенах из нижней части метелки (на 54,8% по сорту РОСЬ и на 33,3% – КИНЕЛЬСКОЕ 63).

Ключевые слова: сорго, качество семян сорго, посевные качества семян сорго.

Цитирование. Кинчарова М. Н., Матвиенко Е. В. Разнокачественность семян сорго зернового, сформированных в разных частях метелки, и ее влияние на посевные качества и микрофлору. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 64-72. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-07.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Сорго (*Sorghum bicolor*) является пятым по величине культивируемым злаком в мире после кукурузы, риса, пшеницы и ячменя, имеет высокую ликвидность на рынке благодаря своим питательным и эдафоклиматическим характеристикам, однако, поскольку оно выращивается в маргинальных условиях, его продуктивность ниже потенциальной. В настоящее время сорго возделывается в 86 странах, а посевные площади составляют 45 миллионов гектаров [1, 2]. В развитых странах сорго в основном используется в качестве корма для животных, но оно становится все более популярным в качестве пищевого сырья [3]. Кроме того, этот злак является одним из самых засухоустойчивых и считается безопасной культурой для производства зерна и кормов в местностях с поздними дождями или в сезоны с крайне непостоянными и неравномерно выпадающими осадками [4, 5, 6].

Под влиянием различных неблагоприятных факторов биотического и абиотического характера, проявляющихся в процессе вегетации и созревания сорго зернового, а также уборки, послеуборочной обработки и хранения зерна, у семян сорго снижаются энергия прорастания, лабораторная и полевая всхожесть, начальная сила роста, что, как отмечает ряд исследователей [7, 8], закономерно приводит в последующем к снижению урожайности посевов и в некоторых случаях является основным источником распространения болезней, например в условиях лесостепной зоны Республики Хакасия на суданской траве [9] и в лесостепи Самарской области на сорго зерновом и сахарном [6, 10].

Поэтому большое внимание должно уделяться оздоровлению посевного материала [11]. Важным является также поиск исходных форм сорговых культур, сочетающих с устойчивостью к абиотическим факторам внешней среды в первую очередь устойчивость к болезням, существенно снижающим как качественные, так и количественные параметры урожая зеленой массы и семян [12, 13, 14].

Разнокачественность (неоднородность) семян является одной из важнейших проблем семеноводства, семеноведения и репродуктивной биологии в целом [15]. Это эволюционное приспособление, необходимое в процессе филогенеза. Она проявляется в широком разнообразии различий: морфологических, физиологических, биохимических, хозяйственно полезных и других признаков и характерных свойств. Причиной возникновения неоднородности семян является постоянная и тесная связь между развивающимся семенем и средой, в которой оно находится. Она характерна для многих культурных растений и находится в большой зависимости как от условий окружающей среды при формировании растения и зерна, так и от различных генетических факторов и может быть как негативной, так и позитивной. В этой связи важно выявлять и использовать именно те факторы, которые будут способствовать проявлению в регионе исследований положительной разнокачественности семян, и, наоборот, факторы, приводящие к негативной разнокачественности, должны быть устранены [16] или сглажены в определенной степени.

На основании исследований, проведенных различными авторами в разных регионах установлено, что значительная разнокачественность семян в метелке по таким показателям, как влажность, абсолютная сухая масса, время созревания зерна в метелке и степень заражения внутренними инфекциями, в основном грибного происхождения, является одной

из главных причин снижения посевных качеств семян сорго. Как известно, основное заселение зерна сорго инфекцией, представленной грибами родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium* и *Fusarium* происходит в фазу молочно-восковой спелости зерна. Это инфицирование приводит в дальнейшем к травмированию проростков, подавлению их развития, и, как следствие, к последующей гибели растений. На зараженных проростках появляются различные деформации, они теряют способность пробиваться на поверхность почвы, что приводит к снижению показателей всхожести семян, и, в зависимости от сорта, количество поврежденных проростков может достигать до 10-25%. Следует отметить, что пик нарастания инфекции обычно приходится у сорго на стадию полной спелости. По данным отдельных авторов, при хранении в течение полугода разнокачественных семян на них меняется и видовой состав патогенных грибов, а также увеличивается количество семян, пораженных плесенью *Aspergillus* и *Penicillium*, но при этом они отмечали снижение заражения сорго полевой плесенью, вызванной грибами *Alternaria* [17].

Исходя из вышесказанного следует отметить, что поиск путей улучшения качества семян и повышения урожайности сорго зернового очень важен для условий региона и своевременен.

Цель нашего исследования – изучить влияние разнокачественности семян сорго зернового, сформированных в разных частях метелки, на изменения посевных качеств и заражённость микрофлорой в условиях Самарской области.

Материалы и методы исследований. Для решения поставленной цели в 2021-2022 годах были заложены и проведены лабораторные и полевые исследования на базе Поволжского НИИСС им. П. Н. Константинова – филиала СамНЦ РАН.

Для изучения были взяты семена районированных и перспективных для возделывания в Самарской области сортов сорго зернового: РОСЬ (с желтовато-белым цветом зерна), включен в Госреестр селекционных достижений РФ с 2012 года и КИНЕЛЬСКОЕ 63 (с оранжево-красным зерном), включен в Госреестр с 2017 года [18].

Изучение влияния разнокачественности семян, сформированных в разных частях метелки, на посевные качества сорго зернового проводили в соответствии с «Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных растений» (1971) [19] и по стандартным и общепринятым методикам. Для посева использовали кондиционные, полновесные семена, сертифицированные согласно ГОСТ Р 52325-2005 лабораторией Россельхозцентра по Самарской области.

Фаза созревания зерна определялась визуальным методом, когда 75% семян достигало определенной стадии, что в дальнейшем подтверждалось соответствующими определениями содержания влаги и консистенцией семян.

Заражённость семян сорго зернового из разных частей метелки устанавливали по ГОСТ 12044-93 в лабораторных условиях путем проращивания их во влажной камере и на питательной среде и дальнейшего прямого обследования каждой зерновки с помощью стереомикроскопа и микроскопа отраженного света.

Для исследований разнокачественности семян в опыте отбирали от каждого сорта по 20 метелок с семенами. Метелка условно делилась на три части, семена каждой части обрушивали вручную и затем устанавливали лабораторно: энергию прорастания (%), всхожесть (%), массу 1000 семян (г) и степень зараженности семян. После месяца хранения семян в одинаковых условиях обследование и измерение всех показателей были повторены. Поскольку семена зернового сорго имеют примерно 30-дневный период послеуборочного созревания, то этот срок был взят за основу. Семена еще раз оценивали по всхожести (%), массе 1000 семян (г) и на внутреннюю заражённость после 6 месяцев хранения.

Результаты и обсуждение. Фитопатологическая экспертиза семян сорго зернового, выращенных в условиях контрастного влагообеспечения вегетационных периодов 2021 и 2022 годов, проведенная нами в лабораторных условиях показала наличие на семенах мицелия и спорониев грибов *Alternaria* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp., *Mucor* sp., *Rhizopus* sp. и некоторых других. Заметим, что представители патогенной микрофлоры, присущие для культуры сорго, такие как *Cercospora sorghi*, *Nigrospora* sp., *Phyllosticta sorghina* в годы исследований встречались крайне редко и не на всех исследуемых образцах семян (не более чем на 1-5% семян в зависимости от вида гриба).

Проведенные нами исследования по изучению влияния разнокачественности семян сорго в зависимости от места их созревания на растении свидетельствуют о том, что семена лучшего качества формируются в верхних частях метелки (таблицы 1-3).

В среднем за 2021-2022 годы было выявлено, что место формирования семян в метелке сорго сортов РОСЬ и КИНЕЛЬСКОЕ 63 оказывает немаловажное влияние на их посевные качества, а именно было отмечено, что сразу после уборки урожая масса 1000 зерен из верхней части метелки у сортов РОСЬ и КИНЕЛЬСКОЕ 63 в среднем составляла – 25,2 и 23,7 г соответственно, что больше, чем с нижней части метелки на 1,2 и 1,3 г (таблица 1). Как упоминалось выше, ввиду длительного периода послеуборочного дозревания семян сорго, энергия прорастания сразу же после уборки была невысока по отношению к всхожести семян.

Таблица 1 – Показатели посевных качеств семян сорго зернового в зависимости от места их созревания в разных частях метелки в день уборки, среднее за 2021-2022 гг.

Table 1 – Seed quality indicators of grain sorghum seeds depending on the place of their maturation in different parts of the panicle on the day of harvesting, average for 2021-2022

Часть метелки / Part of the broom	Уборочная влажность зерна, % / Harvested grain moisture, %	Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g	Энергия прорастания, % / Germination energy, %	Всхожесть, % / Sprout, %	Количество колоний грибов на 100 семян, шт. / Number of fungal colonies per 100 seeds, pcs.
Сорт РОСЬ / Variety ROS					
Вся метелка / The whole broom	12,3	23,8	54,0	75,0	21,0
Верхняя / Upper	8,8	25,2	63,0	84,0	14,0
Средняя / Average	10,9	24,8	62,0	81,0	16,5
Нижняя / Bottom	16,0	24,0	56,0	71,0	21,0
Сорт КИНЕЛЬСКОЕ 63 / Variety KINELSKOYE 63					
Вся метелка / The whole broom	9,9	22,7	57,0	78,0	14,0
Верхняя / Upper	8,4	23,7	62,0	83,0	9,5
Средняя / Average	10,7	23,2	60,0	81,0	13,0
Нижняя / Bottom	15,2	22,4	55,0	68,0	15,0

В целом анализ показателей посевных качеств семян, таких как энергия прорастания и всхожесть, выявил, что они были существенно выше у зерна из верхней части метелки, по сравнению с образцами из средней (на 1-7%) и нижней частей метелки (на 2-15%).

Отметим, что в условиях Среднего Поволжья наибольшая пораженность отмечалась на семенах обоих сортов из средней и особенно сильно из нижней части метелки. В частности, следует заметить, что в условиях двухлетних исследований на семенах сорго, собранных с нижней части метелки, в основном преобладала зараженность семян грибами *Cladosporium*, *Alternaria*, *Penicillium* и представителями порядка мукоровых. Скорее всего, это объясняется тем, что цветение и созревание метелки у сорго идет сверху вниз и, соответственно, позднее созревающее зерно с более высокой влажностью заселяется грибами интенсивнее.

Через 30 дней хранения уменьшилась масса 1000 семян во всех вариантах опыта по отношению к исходной. Ее средняя величина по вариантам снизилась на 0,4-0,6 г по обоим сортам и со всех частей метелки. При этом наибольшая потеря веса отмечена у сорта КИНЕЛЬСКОЕ 63 с нижней части метелки. Это связано с более высокой уборочной влажностью зерна и возможно большей интенсивностью дыхания свежубранных семян (таблица 2).

Таблица 2 – Качественные показатели семян из разных частей метёлок после 30 дневного хранения, среднее за 2021-2022 гг.

Table 2 – Quality parameters of seeds from different parts of panicles after 30 days storage, averaged over 2021-2022

Часть метелки / Part of the broom	Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g	Всхожесть, % / Sprout, %	Количество колоний грибов на 100 семян, шт. / Number of fungal colonies per 100 seeds, pcs.
Сорт РОСЬ / Variety ROS			
Вся метелка / The whole broom	23,7	86,0	24,0
Верхняя / Upper	24,7	89,0	16,0
Средняя/ Average	24,4	87,0	20,5
Нижняя/ Bottom	23,6	79,0	28,5
Сорт КИНЕЛЬСКОЕ 63 / Variety KINELSKOYE 63			
Вся метелка/ The whole broom	22,5	86,0	16,0
Верхняя / Upper	23,3	91,0	11,0
Средняя/ Average	22,7	89,0	14,5
Нижняя/ Bottom	21,8	79,0	18,0

Всхожесть семян за указанный период хранения из верхней, центральной и нижней частей метелки составляла уже: 89, 87 и 79% – на сорте РОСЬ и 91, 89 и 79% у сорта КИНЕЛЬСКОЕ 63 соответственно. Важный показатель посевных качеств семян стал больше по отношению к уборочной на 5-8% у сорта РОСЬ; и 8-11% у сорта КИНЕЛЬСКОЕ 63. Увеличение этих показателей, в первую очередь – всхожести семян, говорит о том, что к этому времени послеуборочное дозревание семян закончилось у обоих сортов. Однако отметим, что наибольшая всхожесть была выявлена у семян, отобранных из верхней части метелки – 89,0 и 91% соответственно.

За время хранения в течение 30 суток также произошло нарастание внутренней патогенной микрофлоры, количество колоний грибов на семенах, собранных с разных частей метелки, повысилось на сорте РОСЬ на 2,0-7,5, т.е. на 14,3-35,7%, и в меньшей степени по сорту КИНЕЛЬСКОЕ 63 – на 11,5-20,0%. Доминирующими среди грибов, заселяющих семена во время хранения в наших условиях на исследуемых сортах, оказались грибы рода *Alternaria sp.*, количество колоний которого за прошедший период хранения увеличилось, а также грибов рода *Cladosporium*.

После шести месяцев хранения в одинаковых естественных условиях складских помещений, было повторно проведено исследование качественного состояния семян, отобранных с определенной части метелки (таблица 3). По результатам изучения можно отметить, что масса 1000 зерен на обоих исследуемых нами сортах несколько снизилась практически во всех вариантах опыта по отношению к исходной (во время уборки), причем наибольшее ее снижение было выявлено по семенам с нижней части метелки (на 3,3-3,6% по сравнению с 2,5-2,8% в верхней части).

Таблица 3 – Качественные показатели семян из метелок через 6 месяцев хранения, среднее за 2021-2022 гг.

Table 3 – Qualitative parameters of seeds from panicles after 6 months of storage, mean 2021-2022

Часть метелки / Part of the broom	Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g	Всхожесть, % / Sprout, %	Количество колоний грибов на 100 семян, шт. / Number of fun- gal colonies per 100 seeds, pcs.
Сорт РОСЬ / Variety ROS			
Вся метелка / The whole broom	23,7	86,0	29,5
Верхняя / Upper	24,5	92,0	15,0
Средняя/ Average	24,2	89,0	21,5
Нижняя/ Bottom	23,2	79,0	32,5
Сорт КИНЕЛЬСКОЕ 63 / Variety KINELSKOYE 63			
Вся метелка / The whole broom	22,5	88,0	16,5
Верхняя / Upper	23,1	94,0	11,0
Средняя/ Average	22,7	89,0	15,0
Нижняя/ Bottom	21,6	81,0	20,0

Анализ посевных качеств семян по истечении полугода хранения показал, что всхожесть семян, собранных из верхней части метёлки, значительно повысилась по сравнению с семенами из нижней и средней частей: по сорту РОСЬ на 3-13% и по сорту КИНЕЛЬСКОЕ 63 – на 5-13%.

Что касается зараженности патогенами, то здесь можно заметить по обоим сортам, что за весь период хранения на семенах из верхней части метелки в основном наблюдалось не столь существенное повышение заражения семян внутренней микрофлорой по сорту РОСЬ – 7,1% и более существенное по сорту КИНЕЛЬСКОЕ 63 (15,8%). На семенах, отобранных из средней и нижней частей, нами отмечено некоторое нарастание зараженности семян за период хранения от исходной, особенно на семенах с нижней части (на 54,8% по сорту РОСЬ и на 33,3% – КИНЕЛЬСКОЕ 63). Следует отметить, что семена сорта КИНЕЛЬСКОЕ 63 из всех частей метёлок были меньше поражены патогенами по сравнению с семенами сорта РОСЬ. Разница в степени поражения семян этих сортов грибами может быть связана с наличием танинов в оранжево-красном зерне сорта КИНЕЛЬСКОЕ 63 и их отсутствием в желтовато-белом зерне сорта РОСЬ, как уже было указано нами ранее [8].

Таким образом, в связи с разными сроками созревания зерна в различных частях метелки и разной влажностью зерна отмечается различие и в степени поражения семян из разных ее частей патогенной микрофлорой и для предотвращения потерь и снижения зараженности зерна необходима немедленная послеуборочная просушка семян.

Заключение. Фитозэкспертиза семян двух сортов сорго зернового, выращенного в Самарской области в условиях контрастных вегетационных периодов 2021 и 2022 годов, показала, что на пораженных семенах были выявлены мицелий и спороношения грибов *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Penicillium sp.*, *Cladosporium sp.*, представители муковых и др.

Мы считаем, что значительная неоднородность зерна в метелке по влажности, массе 1000 зерен, спелости и его зараженности внутренней грибной инфекцией является одной из основных причин снижения посевных качеств и, как следствие, урожайности семян зернового сорго в условиях Самарской области.

Исследования, проведенные в 2021-2022 гг. на сортах РОСЬ и КИНЕЛЬСКОЕ 63 по разнокачественности семян в метелке сорго зернового, показали, что более качественные семена образуются преимущественно в верхней части метелки, по сравнению с семенами, образующимися в ее нижней части.

Проявление отрицательных сторон разнокачественности семян сорго зернового, вызванное неравномерным созреванием зерна в разных частях метелки, можно снизить путем проведения сушки и последующей калибровки семенной массы на семяочистительных машинах и зерноочистительных комплексах с наличием решетного и триерного блока.

В селекционном плане необходимо обратить внимание на формы с более дружным созреванием зерна по всей метелке.

Conclusions. Phytoexamination of seeds of two varieties of grain sorghum grown in the Samara region under conditions of contrasting growing seasons of 2021 and 2022 showed that mycelium and sporophores of *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Penicillium sp.*, *Cladosporium sp.*, representatives of *Mucorales*, etc. were detected on the affected seeds.

We believe that significant heterogeneity of grain in the panicle in terms of moisture content, weight of 1000 grains, ripeness and its contamination by internal fungal infection is one of the main reasons for the reduction of sowing qualities and, consequently, yield of grain sorghum seeds in the conditions of the Samara region.

Studies conducted in 2021-2022 on varieties ROS and KINELSKOE 63 on seed quality diversity in the panicle of grain sorghum showed that higher quality seeds are formed mainly in the upper part of the panicle, compared to seeds formed in its lower part.

The manifestation of the negative aspects of seed quality of grain sorghum caused by uneven ripening of grain in different parts of the panicle can be reduced by drying and subsequent calibration of seed mass on seed cleaning machines and grain cleaning complexes with the presence of grating and trier unit.

For breeding purposes, attention should be paid to forms with more uniform grain maturation throughout the panicle.

Библиографический список

1. Fano D. Breeding of sorghum for high lysine in the seed. *International Journal of Agriculture Sciences*. 2017. Pp. 0975-3710.
2. Batista V., Duarte H., Inácio J., Baroni D., Wirlan F. Quality of Grain Sorghum Seeds Coated with Different Combinations of Materials. *Journal of Experimental Agriculture International*. 2020. No 42. Pp. 26-38.
3. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Popov A. S. The indices of sorghum seed quality in dependence on ecological and geographical origin. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021. V. 843. 012007.
4. Кибальник О. П., Ефремова И. Г., Бочкарева Ю. В., Прахов А. В., Семин Д. С. Продуктивность сорговых культур в зависимости от агротехнических приемов возделывания в регионах Российской Федерации (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021. № 22 (2). С. 155-166.
5. Антимонов А. К., Сыркина Л. Ф., Антимонова О. Н. Производственный потенциал зернового сорго в северной зоне соргосеяния. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018. № 4 (44). С. 65-70.
6. Zhu Y., Wang X., Huang L., Lin C., Zhang X., Xu W., Peng J., Li Z., Yan H., Luo F., Wang X., Yao L., Peng D. Transcriptomic Identification of Drought-Related Genes and SSR Markers in Sudan Grass Based on RNA-Seq. *Plant Sci*. 2017. № 8. P. 687.
7. Землянов А. Н., Землянов В. А. Технологический комплекс и его влияние на фитосанитарное состояние посевов сорго. *Научный журнал КубГАУ*. 2012. № 83 (09). С. 396-408.
8. Кинчарова М. Н., Матвиенко Е. В. Влияние окраски семян сорго зернового на заселение их патогенной микрофлорой. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. № 4. С. 108-113.
9. Ашмарина Л. Ф., Шевцова М. С. Защита суданской травы от болезней в условиях лесостепной зоны Республики Хакасия. *Достижения науки и техники АПК*. 2013. № 9. С. 47-49.
10. Каплин В. Г., Матвиенко Е. В. Болезни сорго в лесостепи Самарской области и обоснование предпосевной обработки семян в борьбе с ними: монография. Кинель: РИЦ СГСХА, 2014. 110 с.
11. Шевцова М. С., Ашмарина Л. Ф. Оценка сортов суданской травы на устойчивость к красно-бурому бактериозу на юге Средней Сибири. *Кормопроизводство*. 2018. № 8. С. 20-23.
12. Романюкин А. Е., Ковтунова Н. А., Шуршалин В. А., Ермолина Г. М. Изменчивость основных элементов продуктивности сахарного сорго. *Зерновое хозяйство России*. 2022. Т. 14. № 3. С. 69-76.
13. Ефремова И. Г., Кибальник О. П., Семин Д. С., Куколева С. С., Старчак В. И., Пронько В. В. Эффективность гуминовых препаратов на посевах сахарного сорго в черноземной степи Саратовского Правобережья. *Аграрный научный журнал*. 2020. № 5. С. 9-13.
14. Степанченко В. И., Бочкарева Ю. В., Степанченко Д. А. и др. Оценка коллекции сахарного сорго по хозяйственно-ценным признакам. *АгроЭкоИнфо*. 2023. № 5 (59). С. 9-13.
15. Бухаров А. Ф. Разнокачественность семян: теория и практика (обзор). *Овощи России*. 2020. № 2. С. 23-31.
16. Репко Н. В., Заика Р. П., Коблянский А. С. Разнокачественность семян и ее значение в семеноводстве. *Journal of Agriculture and Environment*. 2023. № 8 (36).
17. Титенок Л. Н. Научные основы повышения посевных качеств и урожайных свойств семян сорго: автореферат. Ставрополь, 2000. 48 с.
18. Каталог сортов, гибридов и линий сельскохозяйственных культур селекции Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН. Усть-Кинельский, 2023. 58 с.
19. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1971. Вып. 2. С. 230-247.

References

1. Fano D. Breeding of sorghum for high lysine in the seed. *International Journal of Agriculture Sciences*. 2017. Pp. 0975-3710.
2. Batista V., Duarte H., Inácio J., Baroni D., Wirlan F. Quality of Grain Sorghum Seeds Coated with Different Combinations of Materials. *Journal of Experimental Agriculture International*. 2020. No 42. Pp. 26-38.
3. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Popov A. S. The indices of sorghum seed quality in dependence on ecological and geographical origin. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021. V. 843. 012007.
4. Kibalnik O. P., Efremova I. G., Bochkareva Y. V., Prakhov A. V., Semin D. S. Productivity of sorghum crops depending on agrotechnical methods of cultivation in the regions of the Russian Federation (review). *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2021. No 22 (2). Pp.155-166.
5. Antimonov A. K., Syrkina L. F., Antimonova O. N. Production potential of grain sorghum in the northern zone of sorghum sowing. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2018. No 4 (44). Pp. 65-70.
6. Zhu Y., Wang X., Huang L., Lin C., Zhang X., Xu W., Peng J., Li Z., Yan H., Luo F., Wang X., Yao L., Peng D. Transcriptomic Identification of Drought-Related Genes and SSR Markers in Sudan Grass Based on RNA-Seq. *Plant Sci*. 2017. № 8. P. 687.
7. Zemlyanov A. N., Zemlyanov V. A. Technological complex and its influence on phytosanitary condition of sorghum crops. *Scientific journal of KubGAU*. 2012. № 83 (09). Pp. 396-408.
8. Kincharova M. N., Matvienko E. V. Influence of colouring of grain sorghum seeds on their infestation by pathogenic microflora. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2020. № 4. Pp. 108-113.
9. Ashmarina L. F., Shevtsova M. S. Protection of Sudan grass from diseases in the conditions of forest-steppe zone of the Republic of Khakassia. *Achievements of science and technology of agroindustrial complex*. 2013. № 9. Pp. 47-49.
10. Kaplin V. G., Matvienko E. V. Sorghum diseases in the forest-steppe of Samara region and justification of pre-sowing seed treatment in the fight against them: monograph. Kinel: RIC SGSKHA. 2014. 110 p.

11. Shevtsova M. S., Ashmarina L. F. Evaluation of Sudan grass varieties for resistance to red-brown bacteriosis in the south of Central Siberia. *Kormoproizvodstvo*. 2018. № 8. Pp. 20-23.
12. Romanyukin A. E., Kovtunova N. A., Shurshalin V. A., Ermolina G. M. Variability of the main elements of sugar sorghum productivity. *Grain farming of Russia*. 2022. V. 14. № 3. Pp. 69-76.
13. Efremova I. G., Kibalnik O. P., Semin D. S., Kukoleva S. S., Starchak V. I., Pronko V. V. Effectiveness of humic preparations on sugar sorghum crops in the chernozem steppe of the Saratov Right Bank. *Agrarian Scientific Journal*. 2020. № 5. Pp. 9-13.
14. Stepanchenko V. I., Bochkareva Y. V., Stepanchenko D. A., et al. Evaluation of sugar sorghum collection on economically valuable traits. *AgroEcolInfo*. 2023. № 5 (59). Pp. 9-13.
15. Bukharov A. F. Seed diversity: theory and practice (review). *Vegetables of Russia*. 2020. No 2. Pp. 23-31.
16. Repko N. V., Zaika R. P., Koblyansky A. S. Seed diversity and its importance in seed production. *Journal of Agriculture and Environment*. 2023. № 8 (36).
17. Titenok L. N. Scientific bases of increasing sowing qualities and yield properties of sorghum seeds: abstract. *Stavropol*, 2000. 48 p.
18. Catalogue of varieties, hybrids and lines of agricultural crops breeding by the Volga Research Institute of Agricultural Sciences – branch of SamNTs RAS. Ust-Kinelsky settlement, 2023. 58 p.
19. Methods of state variety testing of agricultural crops. Moscow: Kolos, 1971. I. 2. Pp. 230-247.

Информация об авторах

Кинчарова Марина Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории инновационных технологий в сфере селекции, семеноводства и семеноведения, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова (Российская Федерация, 446442, Самарская область, г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, д. 76), ORCID 0000-0002-1987-8708, e-mail: potatolab@mail.ru

Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства крупяных и сорговых культур, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова (Российская Федерация, 446442, Самарская область, г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, д. 76), ORCID 0000-0002-3171-153X, e-mail: opel0076687@yandex.ru

Author's Information

Kincharova Marina Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher at the Laboratory of Innovative Technologies in the Field of Breeding, Seed Production and Seed Science, Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Volga Region Research Institute of Breeding and Seed Production named after. P. N. Konstantinova (Russian Federation, 446442, Samara region, Kinel, Ust-Kinelsky village, Shosseynaya str. 76), ORCID 0000-0002-1987-8708, email: potatolab@mail.ru

Matvienko Evgeniy Vladimirovich, Candidate of Biological Sciences, junior researcher at the laboratory of selection and seed production of cereals and sorghum crops, Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Volga Region Research Institute of Selection and Seed Production named after. P.N. Konstantinova (Russian Federation, 446442, Samara region, Kinel, Ust-Kinelsky village, Shosseynaya str. 76), ORCID 0000-0002-3171-153X, e-mail: opel0076687@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-08

THE SELECTION OF THE OPTIMAL PERIOD FOR COMPOSTING WASTEWATER SLUDGE TO INCREASE ITS FERTILIZER VALUE**Manzhina S. A., Rusin L. I.**

*Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems
Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: manz.svetlana@yandex.ru

Received 25.07.2024

Submitted 01.10.2024

Russian Research Institute of Land Reclamation Problems, Novocherkassk the research was carried out as part of the implementation of project no.2.1.12 "To conduct research and develop regulations on the use of treated wastewater and its sediments for the needs of the agro-industrial complex" (Reg. No. R&D 122031600228-5). The basis for the work on the topic 2.1.12 was the thematic work plan for scientific and methodological support, research, experimental development, and provision of services for the implementation of educational programs of higher education by the federal State budgetary scientific institution "Russian Research Institute of Land Reclamation Problems" (FSBSI "RusRILRP") according to the state assignment of the Ministry of Agriculture of Russia for 2023 and the planning period of 2024 and 2025

Summary

The article presents a comparative analysis of wastewater precipitation from the treatment facilities of the city of Novocherkassk. The sewage sludge of the past 1, 2 and 3 years of composting in the natural climatic conditions of the south of Russia was studied. The data obtained indicate that the content of phosphorus, organic matter and heavy metals decreases over the duration of composting. At the same time, the nitrogen

content and the structure of the aggregate composition increase. The sediment that has been composted for 3 years has the best environmental characteristics and optimal agronomic ones. This period is considered optimal for the preparation of fertilizers from sewage sludge in the conditions of southern Russia.

Abstract

Introduction. In some studies, results have been obtained on the changes in the content of heavy metals in wastewater sediment after composting. The study of these phenomena is of fundamental importance when making decisions on the possibility of using precipitation on agricultural land, taking into account the need to ensure the environmental safety of agricultural products. At the same time, composting timing should be consistent with both improving environmental indicators of the precipitation and taking into account nutrient content changes in it. The purpose of the research is to select the optimal composting period for sewage sludge in the conditions of southern Russia, based on taking into account changes in their agrochemical and environmental indicators. **Object.** The object of the study is the sewage sludge from the treatment facilities of Novocherkassk, of different composting periods in the natural conditions of the south of Russia. **Materials and methods.** Three sediment samples were studied: sample 1 – composting period of 1 year, sample 2 – composting period of 2 years, sample 3 – composting period of 3 years. The fractional composition of the soil, the content of nutrients, organic substances and heavy metals were analyzed in accordance with modern methods. **Results and discussion.** The content of basic nutrients (NPK) in precipitation varies during the composting period: accumulation of nitrogenous compounds – the amount of nitrogen nitrates increases 24 times by the third year, and the phosphorus content decreases by about 20% every year. By the third year of composting, the number of gross forms of heavy metals decreases significantly: copper content – by 7.7 times (compared with the first year), lead – by 97 times, cadmium – by 3.4 times, zinc – by 4.8 times and nickel – by 6.4 times. By the third year of composting, the ratio of fractions and the organoleptic properties of precipitation are improving. **Conclusion.** According to the data obtained on physical, organoleptic and environmental indicators, the most suitable for use in agriculture is a three-year residence period on sludge maps. The content of phosphorus and organic matter decreases by the third year of composting, but remains at a high level and corresponds to the indicators of organic fertilizers.

Keywords: sewage sludge, domestic wastewater, terms of wastewater composting, fertilizer value of sludge, environmental safety of fertilizers.

Citation. Manzhina S. A., Rusin L. I. The selection of the optimal period for composting wastewater sludge to increase its fertilizer value. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 72-82 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-08.

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 628.3:631.879

ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОГО СРОКА КОМПСТИРОВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ УДОБРИТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ

Манжина С. А., кандидат технических наук, доцент
Русин Л. И., аспирант

*Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации
г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация*

Исследования проведены в рамках выполнения проекта №2.1.12 «Провести исследования и разработать нормативные положения по использованию очищенных сточных вод и их осадков для нужд агропромышленного комплекса» (Рег. № НИОКТР 122031600228-5). Основанием для проведения работ по теме 2.1.12 являлся тематический план выполнения работ по научно-методическому обеспечению, проведению научных исследований, экспериментальным разработкам, и оказания услуг по реализации образовательных программ высшего образования федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (ФГБНУ «РосНИИПМ») по государственному заданию Минсельхоза России на 2023 г. и плановый период 2024 и 2025 годов

Актуальность. В ряде исследований указывается, что в процессе компстирования изменяется содержание тяжелых металлов в осадках сточных вод. Изучение этих явлений имеет принципиальное значение при принятии решений о возможности использования осадков на сельскохозяйственных угодьях с учетом необходимости обеспечения экологической безопасно-

сти сельскохозяйственной продукции. При этом сроки компостирования должны согласовываться не только с улучшением экологических показателей осадков, но и с учетом изменения содержания питательных веществ в них. Целью исследований является подбор оптимального срока компостирования осадков сточных вод в условиях юга России на основании учета изменений их агрохимических и экологических показателей. **Объект.** Объектом исследования является осадок сточных вод с очистных сооружений г. Новочеркаска разного срока компостирования в естественных природных условиях юга России. **Материалы и методы.** Исследовались три образца осадка: образец 1 – срок компостирования 1 год, образец 2 – срок компостирования 2 года, образец 3 – срок компостирования 3 года. Анализировали гранулометрический состав, содержание питательных веществ, органического вещества и тяжелых металлов по действующим методикам. **Результаты и обсуждение.** Содержание основных питательных элементов (NPK) в осадках изменяется в течение срока компостирования: накопления азотистых соединений – количество азота нитратов к третьему году увеличивается в 24 раза, и уменьшение содержания фосфора с каждым годом приблизительно на 20%. Количество валовых форм тяжелых металлов к третьему году компостирования уменьшается в значительной степени: содержания меди – в 7,7 раза (в сравнении с первым годом), свинца – в 97 раз, кадмия – в 3,4 раза, цинка – в 4,8 раза и никеля – в 6,4 раза. К третьему году компостирования улучшается соотношение фракций и органолептические свойства осадков. **Заключение.** Согласно полученным данным по физическим, органолептическим и экологическим показателям наиболее пригодным для использования в сельском хозяйстве является ОСВ трехлетнего срока пребывания на иловых картах. Содержание фосфора и органического вещества уменьшается к третьему году компостирования, однако остается на высоком уровне и соответствует показателям органических удобрений.

Ключевые слова: осадок сточных вод, хозяйственно-бытовые стоки, сроки компостирования стоков, удобрительная ценность осадка, экологическая безопасность удобрений.

Цитирование. Манжина С. А., Русин Л. И. Подбор оптимального срока компостирования осадков сточных вод для повышения их удобрительной ценности. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 72-82. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-08.

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. Образование осадков сопровождает любую технологию очистки сточных вод. Их компонентный состав варьируется в зависимости от вида сточных вод и способов очистки. Хозяйственно-бытовые сточные воды являются продуктом функционирования муниципальных образований, а их состав зависит от социально-экономических условий конкретного населенного пункта. Вариативность их физико-химического состава определяется в первую очередь направлением производственной и хозяйственной деятельности, обеспеченной централизованной системой канализации, а также условиями ведения быта, присущего населению муниципалитета. Накопление осадков приняло значительные масштабы¹ [1], что делает актуальным поиск возможностей их хозяйственной утилизации. В мировой практике разработан ряд направлений их использования: в качестве сырья для извлечения питательных веществ [2, 3], в качестве удобрений [4, 5], в качестве рекультивационного грунта, в качестве источника биоэнергии² [6] и т. д. [7, 8]. Наиболее простым и малозатратным является использование их в качестве удобрений и рекультивационных грунтов [9]. Такое использование обосновано как механическим составом таких осадков, который представлен в основном песком и илом, так и наличием большого количества органических и питательных веществ (таблица 1).³

¹ Рекультивация иловых полей в России (terratch.ru) // Геопространственная аналитика [Электронный ресурс]. URL: <https://geonovosti.terratch.ru/social/rekultivatsiya-ilovykh-poley-v-rossii/?ysclid=m0ev9n01cc213515293> (дата обращения: 20.07.2024).

² Sanitation and Sustainable Development in Japan. Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank, 2016. 54 p.

Таблица 1 – Содержание биогенных веществ в осадках сточных вод и в некоторых органических удобрениях

Table 1 – Content of nutrients in sewage sludge and in some organic fertilizers

Вид осадка / Type of sediment	Содержание биогенных элементов, % / Content of nutrients, %		
	азота общего / total nitrogen	фосфора общего (в пересчете на P ₂ O ₅) / total phosphorus (in terms of P ₂ O ₅)	калия общего (в пересчете на K ₂ O) / total potassium (in terms of K ₂ O)
Сырой осадок / Raw Sludge	1,6-6,0	0,6-5,2	0,1-0,6
Сброженный осадок / Fermented sludge	1,7-7,5	0,9-6,6	0,2-0,5
Активный ил / Activated sludge	2,4-10,0	2,3-8,0	0,3-0,4
Смесь осадка первичных отстойников и активного ила / Mixture of sedimentation sludge from primary sedimentation tanks and activated sludge	2,0-8,0	1,0-7,0	0,2-0,5
Жидкий навоз КРС (при влажности 88%) / Liquid cattle manure (at 88% moisture)	0,40	0,087	0,37
Навоз жидкий КРС (при влажности 90-95 %) / Liquid cattle manure (at a moisture content of 90-95%)	0,25	0,052	0,25
Полуперепревший навоз / Semi-rotted manure	0,50	0,109	0,50
Сухой куриный помет* / Dry chicken manure*	1,40-1,80	1,80-2,50	1,50-2,00
Торф верховой (влажность 60-70%) / Peat (moisture content 60-70%)	0,30	0,013	0,025
Торф низинный, разложившийся (влажность 60-70%) / Lowland peat, decomposed (moisture content 60-70%)	0,90	0,052	0,050

Примечание: * Усредненные данные по товару, предлагаемому к продаже на электронных торговых площадках.

Note: * Average data on goods offered for sale on electronic trading platforms.

Лимитирующим фактором для их использования является содержание загрязняющих веществ [10], которое в российском правовом поле регламентируется ГОСТ Р 17.4.3.07-2001³, ГОСТ Р 54651-2011⁴, ГОСТ Р 54534-2011⁵, и включает: свинец, кадмий, никель, хром (общий), цинк, медь, ртуть, мышьяк и бенз(а)пирен. Как показывает анализ собранных данных по содержанию их в осадках очистных сооружений различных городов России, валовое количество нормируемых загрязняющих веществ, как правило, находится в допустимых пределах [11-13], что дает основания предполагать экологическую безопасность осадков при использовании в качестве удобрений.

Ряд авторов (В. А. Касатилов, 2013 [14], А. С. Межевова, 2016 [15]) отмечают изменение содержания тяжелых металлов в осадках в процессе его компостирования. Изучение этих явлений имеет принципиальное значение при принятии решений о возможности ис-

³ ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений [Электронный ресурс]. Доступ из базы норматив. документации www.complexdoc.ru (дата обращения: 22.06.2024).

⁴ ГОСТ Р 54651-2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия [Электронный ресурс]. Доступ из базы норматив. документации www.complexdoc.ru (дата обращения: 22.06.2024).

⁵ ГОСТ Р 54534-2011 Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель: утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 ноября 2011 г. № 613-ст (переиздание: август 2019 г.) Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интернет.

пользования осадков сточных вод муниципальных очистных сооружений на сельскохозяйственных угодьях с учетом необходимости обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственной продукции. При этом сроки компостирования должны согласовываться не только с улучшением экологических показателей осадков, но и с учетом изменения содержания питательных веществ в них, что является определяющим показателем их удобрительной ценности.

В соответствии с изложенным целью исследований является подбор оптимального срока компостирования осадков сточных вод в условиях юга России, на основании учета изменений их агрохимических и экологических показателей.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили осадки сточных вод разного срока компостирования с муниципальных очистных сооружений г. Новочеркасска. Компостирование осадков осуществлялось открытым способом на иловых картах. Иловые карты расположены недалеко от поселка Кадамовский (Персиановское сельское поселение, Октябрьский район, Ростовская область) и находятся в Приазовской климатической зоне (рисунок 1).

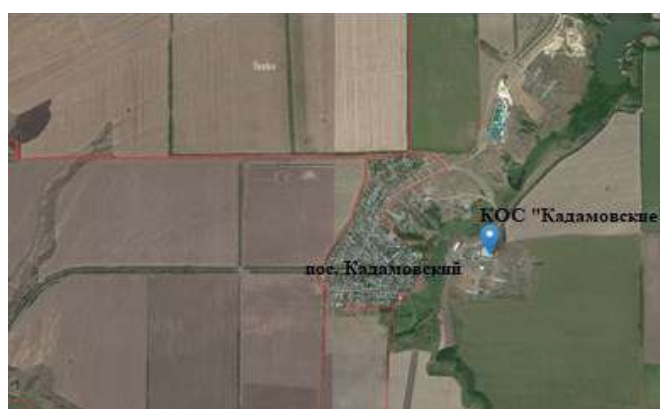


Рисунок 1 – Расположение иловых карт на муниципальных очистных сооружениях г. Новочеркасска
КОС «Кадамовские»

Figure 1 – Location of sludge maps at the municipal wastewater treatment facilities of Novocherkassk
WWTP "Kadamovskie"

Территория Приазовской зоны характеризуется жарким засушливым климатом: среднегодовая температура воздуха составляет 8,0-8,5 °С, сумма активных температур воздуха – 3200-3400 °С, среднегодовая сумма осадков 412 мм, за вегетационный период – 251 мм, испаряемость за год 960 мм [16]. Зима мягкая, со средними январскими температурами -2...-5 °С; устойчивого снежного покрова не образуется. Лето жаркое, в июле температура воздуха доходит до 38-39 °С.

Характеристика сточных вод и степени их очистки за 2020-2022 гг., по данным лаборатории контроля качества сточных вод ООО «Экологические технологии» (г. Новочеркасск, Ростовская обл.), указывает на схожесть их состава, что дает возможность исследовать осадки различных сроков пребывания на иловых картах канализационных очистных сооружений г. Новочеркасска. За период пребывания на иловых картах осадки сточных вод, состоящие из отходов, извлеченных из первичных и вторичных отстойников, и избыточно активного ила, проходят стадии компостирования при естественных условиях окружающей среды, что сопровождается их дегидратацией и стабилизацией. Отбор проб осуществлялся лопатой с иловых карт разного срока размещения осадков. Объединенная (смешанная) проба каждого образца составлялась из 8 точечных проб в соответствии с ГОСТ Р 56226-2014⁶. Исследовались три образца осадка: образец 1 – срок компостирования 1 год, образец 2 – срок компостирования 2 года, образец 3 – срок компостирования 3 года.

Анализ проводили в аккредитованной эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ». Статистическая достоверность обеспечивалась четырехкратной повторностью. Для понимания процессов, проходящих при компостировании, анализировали грану-

⁶ ГОСТ Р 56226-2014. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Методы отбора и подготовки проб: утв. и введ. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11.11.2014 559-ст.

лометрический состав (ГОСТ 12536-2014⁷), содержание питательных веществ, органического вещества и тяжелых металлов по действующим методикам. По результатам гранулометрического состава определен показатель структурности почв по А. Ф. Вадюниной (1946)⁸. Учитывая возможность использования осадков сточных вод и в качестве грунтов при рекультивации и в качестве удобрений, содержание органического вещества в них определяли по двум методикам: ГОСТ 26213-21⁹ (п. 1) и ГОСТ 27980-88¹⁰ (п. 1). Нормы содержания валовых форм тяжелых металлов, определенных согласно РД 52.18.191-2018¹¹, устанавливали в соответствии с ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. При отсутствии каких-либо норм, регламентирующих содержание в осадках подвижной формы тяжелых металлов (определенных согласно РД 52.18.289-90¹²), в качестве норматива рассматривали предельно допустимые показатели для почв населенных мест и сельскохозяйственных угодий, приведенные в СанПиН 1.2.3685-21¹³.

Отбор проб сточных вод осуществлялся точно на разных стадиях очистки в трехкратной повторности.

Результаты и обсуждение. На основании данных анализа сточных вод на разных стадиях очистки установлено, что основное количество соединений азота, поступивших со сточными водами на очистные сооружения г. Новочеркасска, извлекается на стадии биологической очистки (рисунок 2), что предполагает их накопление в активном иле.

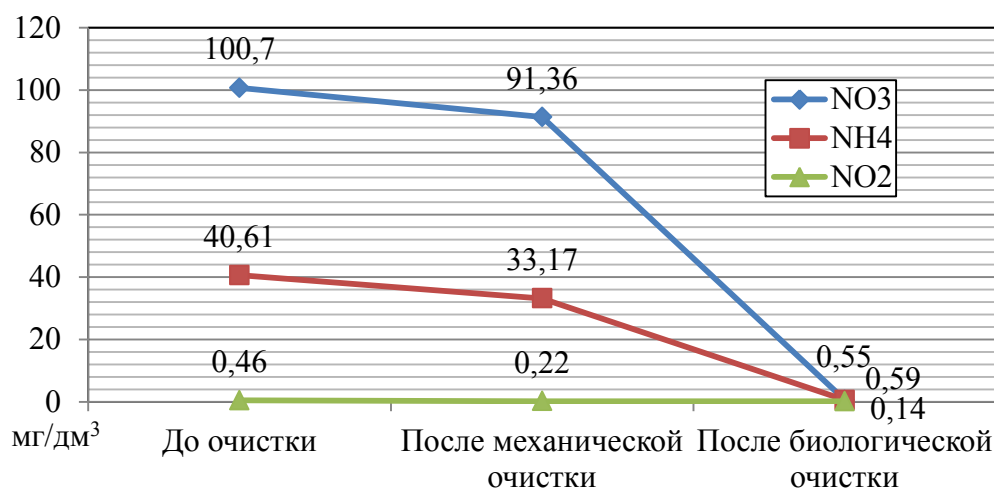


Рисунок 2 – Изменение содержания ионов азота в сточных водах в процессе очистки
Figure 2 – Changes in the content of nitrogen ions in wastewater during the treatment process

По фосфору картина несколько иная, его количество практически не изменялось на разных стадиях очистки. Содержание контролируемых в стоках тяжелых металлов в результате очистки уменьшается в разы (рисунок 3).

⁷ ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава: введ. 01.07.2015. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

⁸ Ганжара Н. Ф., Борисов Б. А., Байбеков Р. Ф. Практикум по почвоведению / Под ред. Н. Ф. Ганжара. М.: Агроконсалт, 2002. 280 с.

⁹ ГОСТ 26213-2021 Почвы. Методы определения органического вещества: введ. 01.08.2022. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

¹⁰ ГОСТ 27980-88 Удобрения органические. Методы определения органического вещества: введ. 01.01.1990. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

¹¹ РД 52.18.191-2018 Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом: утв. Росгидромет, 22.06.2018. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

¹² РД 52.18.289-90 Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом: введ. 1991-06-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

¹³ СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

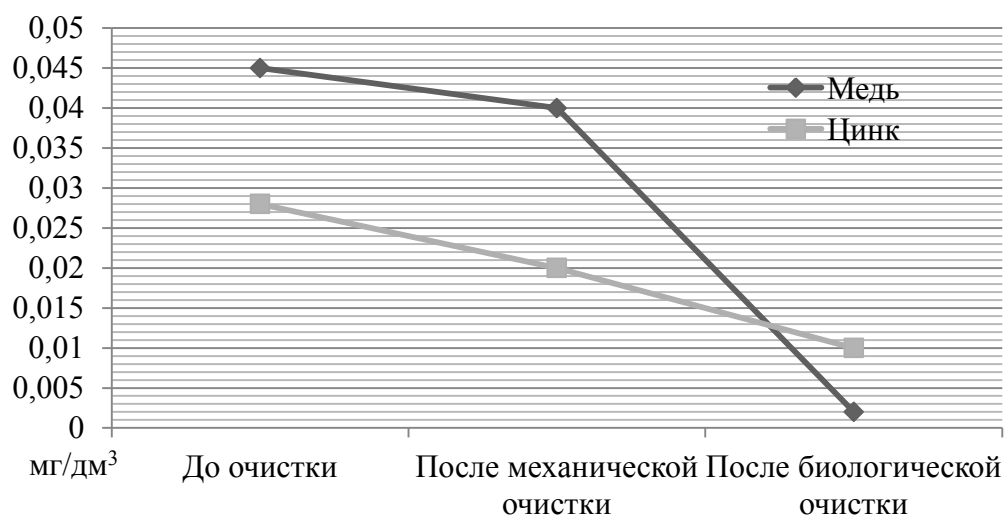


Рисунок 3 – Изменение содержания меди и цинка в сточных водах по стадиям очистки

Figure 3 – Changes in the content of copper and zinc in wastewater by treatment stages

Исследование осадков сточных вод различного срока компостирования в естественных природных условиях показало значительную динамику по регистрируемым физико-химическим показателям. Так, содержание основных питательных элементов (NPK) в осадках изменяется в течение срока компостирования. Динамика биогенных веществ показывает достаточно четкую зависимость: накопления азотистых соединений – количество азота нитратов к третьему году увеличивается в 24 раза, и уменьшение содержания фосфора с каждым годом приблизительно на 20% (рисунок 4).

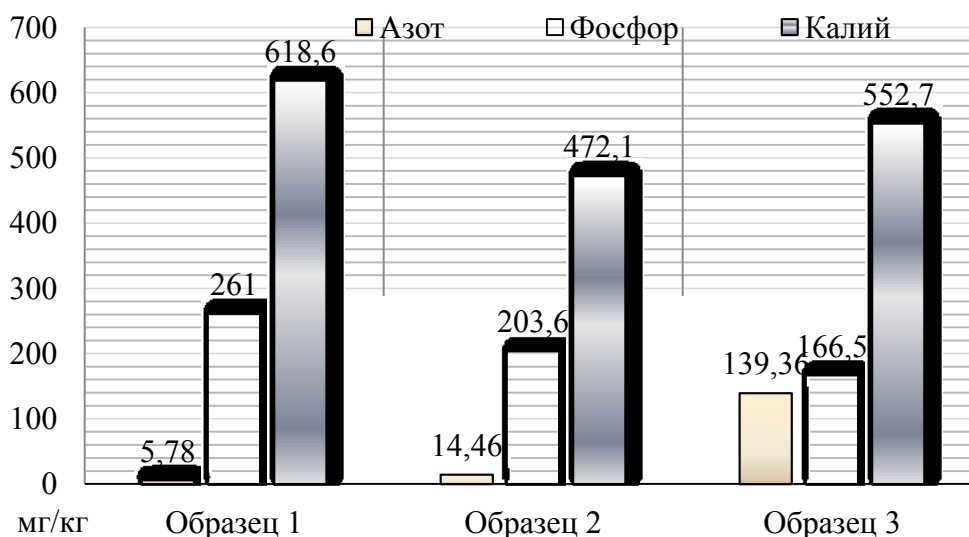


Рисунок 4 – Содержание NPK в осадках сточных вод

Figure 4 – NPK content in sewage sludge

Содержание тяжелых металлов характеризует экологическую безопасность удобрения. Согласно полученным данным их валовое количество в осадках, начиная с первого года пребывания на иловых картах, не превышает установленных ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 значений. Тем не менее наименьшее их содержание будет наиболее благоприятным условием при использовании на сельскохозяйственных землях. Исходя из этого, осадок трехлетнего срока компостирования, образец 3 имеет наиболее благоприятные экологические показатели (рисунок 5).

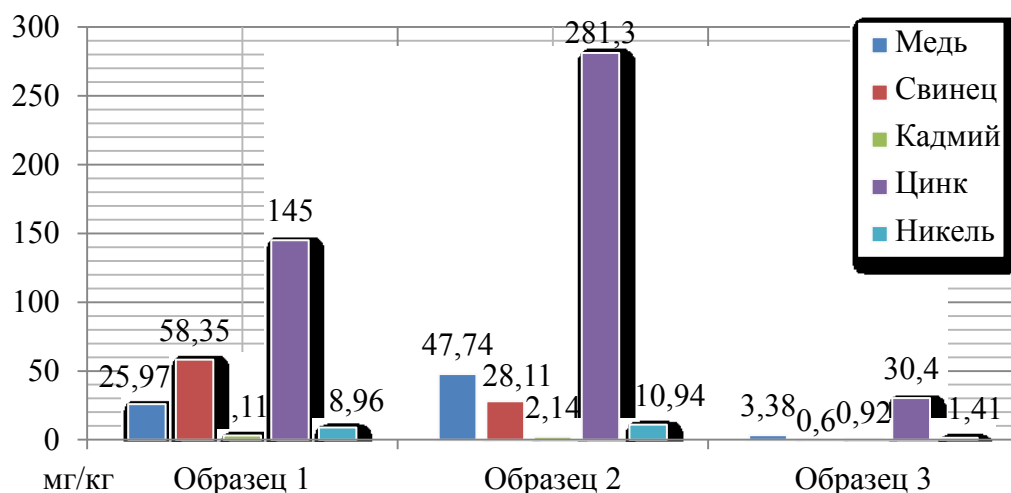


Рисунок 5 – Изменение кислоторастворимых форм тяжелых металлов в осадках сточных вод в зависимости от срока компостирования

Figure 5 – Change in acid-soluble forms of heavy metals in sewage sludge depending on the period of composting

Полученные данные указывают на то, что к третьему году компостирования осадков сточных вод в естественных климатических условиях количество валовых форм тяжелых металлов уменьшается в значительной степени: отмечено уменьшение содержания к третьему году компостирования меди – в 7,7 раза (в сравнений с первым годом), свинца – в 97 раз, кадмия – в 3,4 раза, цинка – в 4,8 раза и никеля – в 6,4 раза.

При изучении экологичности агрохимиката особое значение имеет содержание подвижных форм загрязнений, которые являются наиболее легкодоступными для растений. Несмотря на отсутствие таких требований в стандартах, касающихся использования осадков сточных вод, нами было изучено изменение этого показателя для контролируемых тяжелых металлов (рисунок 6).

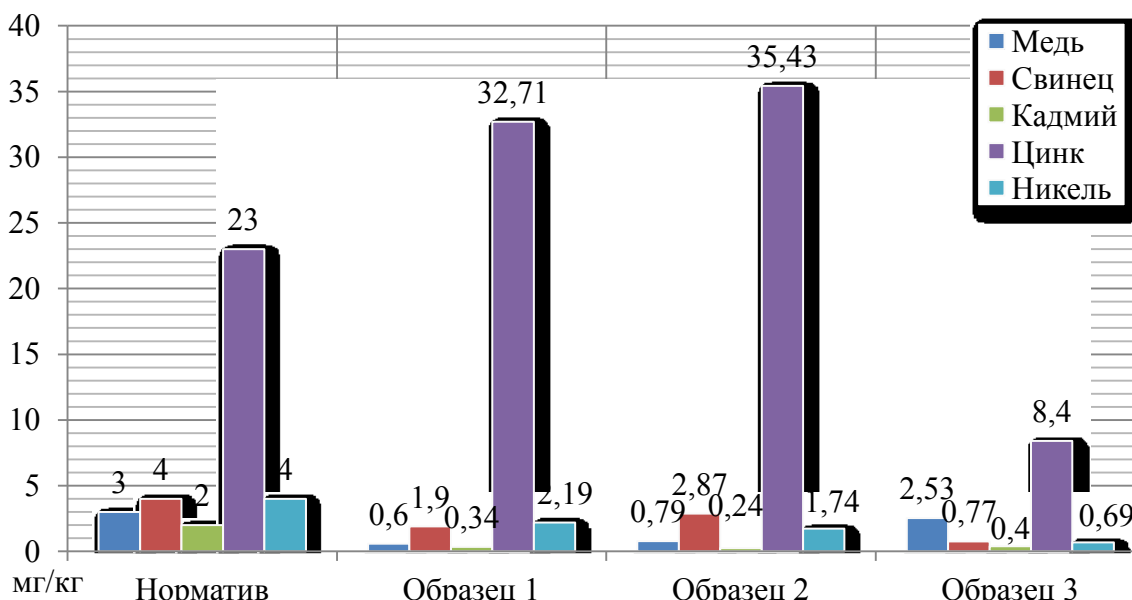


Рисунок 6 – Изменение содержания подвижных форм тяжелых металлов в осадках сточных вод

Figure 6 – Changes in the content of mobile forms of heavy metals in wastewater sludge

Изменение концентраций подвижных форм тяжелых металлов показало, что концентрация меди увеличивается при более длительном компостировании осадков, содержание кадмия практически не меняется, количество остальных металлов падает в зависи-

мости от длительности срока. В сравнении с нормативами подвижные формы цинка определяются в разы выше установленных ПДК для почв, в образце осадка под номерами 1 и 2, в образце 3 соответствует нормативам.

Изменение органического вещества в осадках разного срока компостирования при естественных условиях приведено на рисунке 7.

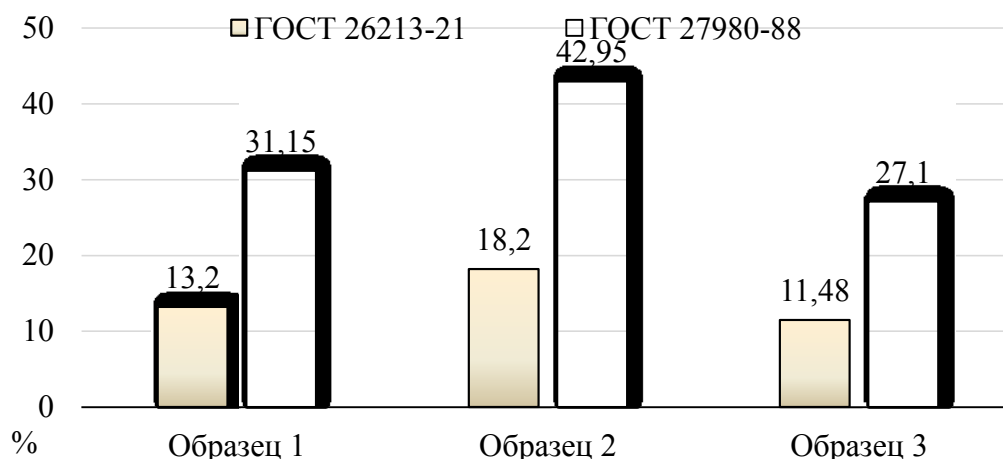


Рисунок 7 – Содержание органического вещества в осадках сточных вод
Figure 7 – Organic matter content in wastewater sludge

Наибольшее содержание органического вещества имеет второй образец. При более длительном компостировании осадков сточных вод содержание органического вещества падает, что говорит не в пользу продления сроков компостирования.

Гранулометрический состав к третьему году компостирования улучшает свои показатели по соотношению фракций и структурности (рисунок 8).

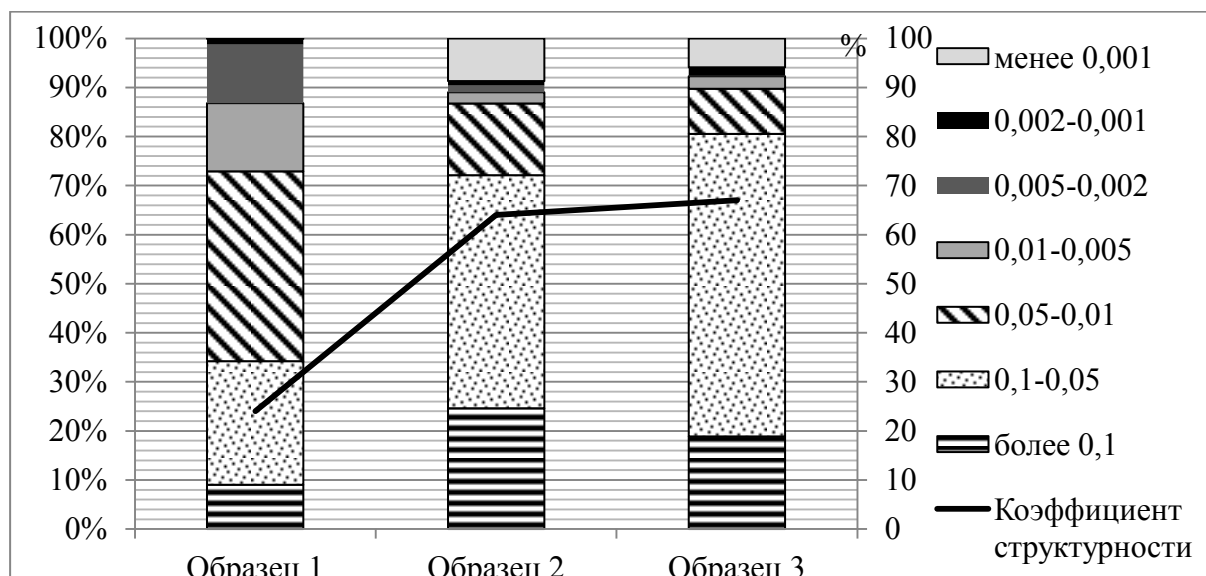


Рисунок 8 – Гранулометрический состав осадков сточных вод разного срока компостирования
Figure 8 – Granulometric composition of wastewater sludge of different composting periods

Оценивая органолептические свойства исследуемых образцов, отметим, что образец 1 имеет консистенцию жидкой пасты и хорошо ощутимый неприятный запах, у образца 2 меньшая влажность и менее выраженный, но, тем не менее, ощутимый запах, образец 3 обладает рассыпчатой структурой, неприятный запах отсутствует, что делает его также более привлекательным для использования.

Заключение. Согласно полученным данным по физическим, органолептическим и экологическим показателям наиболее пригодным для использования в сельском хозяйстве является ОСВ трехлетнего срока пребывания на иловых картах. Наблюдается увеличение содержания азота нитратов к третьему году компостирования, а содержание фосфора и органического вещества хоть и уменьшается, но остается на высоком уровне и соответствует показателям органических удобрений.

Экологические показатели осадков значительно улучшаются к третьему году и показывают соответствие нормативным требованиям, что обеспечивает их безопасность при выращивании сельскохозяйственных культур.

Conclusions. According to the data obtained on physical, organoleptic and environmental indicators, the most suitable for use in agriculture is the TNR of a three-year period of stay on sludge maps. There is an increase in the nitrogen content of nitrates by the third year of composting, and the content of phosphorus and organic matter, although decreasing, remains at a high level and corresponds to the indicators of organic fertilizers. The environmental indicators of precipitation significantly improve by the third year and come in line with the standards, which ensures their safety in the cultivation of crops.

Библиографический список

1. Потапова А. Ю., Бархатова О. А. Проблемы накопления осадков сточных вод на территории канализационных очистных сооружений. Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2024. Т. 48. С. 57-73.
2. Ottosen L. M., Jensen P. E., Kirkelund G. M. Phosphorous recovery from sewage sludge ash suspended in water in a two-compartment electrodialytic cell. Waste Manag. 2016. No 51. Pp. 142-148.
3. Amann A. et al. Environmental Impacts of Phosphorus Recovery from Municipal Wastewater. Resources, Conservation and Recycling. 2018. Vol. 130. Pp. 127-139.
4. Межевова А. С. Нетрадиционные природные и техногенные удобрения мелиоранты и их возможности. Вестник аграрной науки Дона. 2016. № 4 (36). С. 77-83.
5. Маненко А. К., Ткаченко Г. М., Касиян О. П., Юрченко С. Т. Гигиеническое обоснование возможности использования ила из сооружений по очистке сточных вод в качестве органического удобрения. Гигиена и санитария. 2020. № 99 (3). С. 259-264.
6. Zhang M. et al. Application of autothermal thermophilic aerobic digestion as a sustainable recycling process of organic liquid waste: Recent advances and prospects. Science of the Total Environment. 2022. V. 828. 154187.
7. Zhang X., Wang X.-q., Wang D.-f. Immobilization of heavy metals in sewage sludge during land application process in China. Sustainability. 2020. V. 9. I. 11.
8. Валиев В. С., Иванов Д. В., Шагидуллин Р. Р. Анализ мирового опыта утилизации осадка городских сточных вод. Российский журнал прикладной экологии. 2020. № 4. С. 43-51.
9. Манжина С. А. Российские и зарубежные практики обращения с осадком сточных вод. Экология и водное хозяйство. 2023. Т. 5. № 1. С. 15-31.
10. Бушуев Н. Н., Шуравилин А. В. Влияние внесения осадков сточных вод на загрязнение почв тяжелыми металлами. Плодородие. 2014. № 4. С. 40-41.
11. Межевова А. С., Новиков А. Е. Состав, структура и морфология осадка сточных вод. Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 390-398.
12. Гаврилов М. М., Пименов А. А., Красников П. Е. Выбор оптимального и актуального для сельского хозяйства метода переработки осадков сточных вод. Природообустройство. 2017. № 5. С. 63-69.
13. Арефьев А. Н., Кузин Е. Н., Ильина Г. В. Последствие осадков сточных вод г. Пензы и природного цеолита на урожайность и качество растениеводческой продукции. Нива Поволжья. 2020. № 1 (54). С. 61-66.
14. Касатиков В. А. Использование осадков городских сточных вод. Агрохимический вестник. 2013. № 4. С. 44-46.
15. Межевова А. С. Нетрадиционные природные и техногенные удобрения мелиоранты и их возможности. Вестник аграрной науки Дона. 2016. № 4 (36). С. 77-83.
16. Калинин А. А., Пономаренко Н. В., Матвейкина Ж. В. Мониторинг состояния земель сельскохозяйственного назначения Ростовской области и эффективности их использования. Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2023. № 1. С. 79-86.

References

1. Potapova A. Yu., Barkhatova O. A. Problems of Accumulation of Wastewater Sludge on the Territory of Wastewater Treatment Facilities. Proceedings of the Irkutsk State University. Earth Science Series. 2024. V. 48. Pp. 57-73.
2. Ottosen L. M., Jensen P. E., Kirkelund G. M. Phosphorous recovery from sewage sludge ash suspended in water in a two-compartment electrodialytic cell. Waste Manag. 2016. No 51. Pp. 142-148.
3. Amann A. et al. Environmental Impacts of Phosphorus Recovery from Municipal Wastewater. Resources, Conservation and Recycling. 2018. Vol. 130. Pp. 127-139.

4. Mezheva A. S. Non-Traditional Natural and Technogenic Fertilizers, Ameliorants and Their Capabilities. Bulletin of Agrarian Science of the Don. 2016. № 4 (36). Pp. 77-83.
5. Manenko A. K., Tkachenko G. M., Kasiyan O. P., Yurchenko S. T. Hygienic substantiation of the possibility of using sludge from wastewater treatment facilities as an organic fertilizer. Hygiene and sanitation. 2020. № 99 (3). Pp. 259-264.
6. Zhang M. et al. Application of autothermal thermophilic aerobic digestion as a sustainable recycling process of organic liquid waste: Recent advances and prospects. Science of the Total Environment. 2022. V. 828. 154187.
7. Zhang X., Wang X.-q., Wang D.-f. Immobilization of heavy metals in sewage sludge during land application process in China. Sustainability. 2020. V. 9. I. 11.
8. Valiev V. S., Ivanov D. V., Shagidullin R. R. Analysis of World Experience in Urban Wastewater Sludge Utilization. Russian Journal of Applied Ecology. 2020. № 4. Pp. 43-51.
9. Manzhina S. A. Russian and foreign practices of handling wastewater sludge. Ecology and water management. 2023. V. 5. № 1. Pp. 15-31.
10. Bushuev N. N., Shuravilin A. V. Influence of wastewater sludge application on soil pollution with heavy metals. Fertility. 2014. № 4. Pp. 40-41.
11. Mezheva A. S., Novikov A. E. Composition, Structure and Morphology of Sewage Sludge. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. № 1 (61). Pp. 390-398.
12. Gavrilov M. M., Pimenov A. A., Krasnikov P. E. Choice of optimal and actual method of processing wastewater sludge for agriculture. Environmental Engineering. 2017. № 5. Pp. 63-69.
13. Arefyev A. N., Kuzin E. N., Ilyina G. V. After-action of wastewater sludge in Penza and natural zeolite on yield and quality of plant products. Niva of the Volga region. 2020. № 1 (54). Pp. 61-66.
14. Kasatkov V. A. Use of urban wastewater sludge. Agrochemical Bulletin. 2013. № 4. Pp. 44-46.
15. Mezheva A. S. Non-traditional natural and technogenic fertilizers, ameliorants and their capabilities. Bulletin of Agrarian Science of the Don. 2016. № 4 (36). Pp. 77-83.
16. Kalinin A. A., Ponomarenko N. V., Matveykina Zh. V. Monitoring of the state of agricultural lands in the Rostov region and the effectiveness of their use. Proceedings of Higher Educational Institutions. North Caucasus region. Science. 2023. № 1. Pp. 79-86.

Информация об авторах

Манжина Светлана Александровна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГБУ Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 190), e-mail: manz.svetlana@yandex.ru

Русин Лев Игоревич, соискатель, ФГБУ Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 190), e-mail: leva19111@icloud.com

Author's Information

Manzhina Svetlana Aleksandrovna, Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher, Russian Research Institute of Land Reclamation Problems (Russian Federation, 346421, Rostov Region, Novochoerkassk, Baklanovsky Ave., 190), e-mail: manz.svetlana@yandex.ru

Rusin Lev Igorevich, Applicant, Russian Research Institute of Land Reclamation Problems (Russian Federation, 346421, Rostov Region, Novochoerkassk, Baklanovsky Ave., 190), e-mail: leva19111@icloud.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-09

STAGES OF CREATING A NEW MELON VARIETY "BALLADA" AND DEVELOPING ELEMENTS OF VARIETAL AGRICULTURAL TECHNOLOGY FOR ITS CULTIVATION**¹Varivoda E. A., ¹Galichkina E. A., ²Fomin S. D.**

¹*Bykovskaya melon breeding experimental station – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing"*

Zeleny, Bykovsky District, Volgograd Region, Russian Federation

²*Volgograd State Agrarian University*

Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: elena-varivoda@mail.ru

Received 14.06.2024

Submitted 22.08.2024

Abstract

Introduction. The relevance of the research lies in expanding the range of domestic melon varieties by creating new breeding achievements that meet the requirements of a modern producer, as well as targeted development of agrotechnical cultivation techniques for the newly created variety. **Materials and method.** The object of research was a new mid-season melon variety Ballada, as well as three types of water-soluble fertilizers of different chemical compositions. The research method is laboratory-field. The experiments were carried out according to the developed field experimental methods. The mid-season variety Autumn was used as a standard. **Results.** At the initial stage of the work, the source material was selected for use in the breeding process, and then a promising hybrid combination was obtained using the method of

intervarietal hybridization, which corresponds to the main economically valuable indicators of the developed variety model. During multiple individual and family selections, the melon variety Ballada was obtained and submitted for station variety testing, which is not inferior in terms of dry matter to the standard variety Autumn (12.1%, standard – 11.2%). The new variety differs from the standard in its multiple fruits (6-8 fruits per plant), as well as long-term preservation of taste, and is also resistant to baking and cracking of fruits. For recommendations to commodity producers, elements of agricultural technologies for growing a new variety were developed. In the present studies, tests were carried out on the use of new types of water-soluble fertilizers when soaking seeds before sowing. We studied the influence of three types of fertilizers when soaking seeds on the sowing qualities of seeds, on growth processes, quantitative and qualitative indicators, as well as on varietal characteristics. It was revealed that the drugs used had a positive effect on the studied indicators. However, the highest results were obtained when using the drug Lignohumate for soaking seeds. Thus, laboratory germination when using Lignohumate was 100% (control – 89%), field germination – 97% (control – 80%). The growth of lashes when treated with this drug is 28.1% more than control. The yield, accordingly, was 4.8 t/ha higher than in the control and amounted to 16.1 t/ha. Dry matter indicators reached 14.0%. **Conclusion.** Thus, as a result of breeding work, a new melon variety Ballada of medium ripening with high quality indicators was created. As a new element of agricultural technology, it is recommended to treat seed material with the water-soluble fertilizer Lignohumate.

Keywords: cultivation of melon, varieties of melon, Ballada, melon farming.

Citation. Varivoda E. A., Galichkina E. A., Fomin S. D. Stages of creating a new melon variety “Ballada” and developing elements of varietal agricultural technology for its cultivation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 82-91 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-09.

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 reviewed and approved the final version submitted.

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

УДК 635.611-631.527.5/631.89

ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ НОВОГО СОРТА ДЫНИ «БАЛЛАДА» И РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ СОРТОВОЙ АГРОТЕХНИКИ ЕГО ВЫРАЩИВАНИЯ

¹Варивода Е. А., старший научный сотрудник

¹Галичкина Е. А., старший научный сотрудник

²Фомин С. Д., доктор технических наук, профессор РAE

¹Быковская бахчевая селекционная опытная станция – филиал
ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»

п. Зелёный, Быковский район, Волгоградская область, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Актуальность исследований заключается в расширении сортимента отечественных сортов дыни путем создания новых селекционных достижений отвечающих требованиям современного производителя, а также адресной разработки агротехнических приемов возделывания для вновь созданного сорта. **Материалы и методы.** Объектом исследований являлся новый сред-неспелый сорт дыни Баллада, а также три вида водорастворимых удобрений различного химического состава. Метод исследования – лабораторно-полевой. Опыты закладывали согласно разработанным методикам полевого опыта. **Результаты.** На начальном этапе работы отобран исходный материал для использования в селекционном процессе, затем методом межсортной гибридизации получена перспективная гибридная комбинация. В результате отборов на однородность и стабильность создан сорт дыни Баллада, не уступающий по показателям сухого вещества стандарту сорту Осень (12,1%, стандарт – 11,2%). Для рекомендации товаропроизводителям разрабатывались элементы агротехнологий по выращиванию нового сорта. В настоящих исследованиях проводили испытания по применению новых видов водорастворимых удобрений при замачивании семян перед посевом. Изучали влияние трех видов удобрений при замачивании семян на посевные качества семян, на ростовые процессы, количественные и качественные показатели, а также на сортовые признаки. Выявлено, что положительное влияние на изучаемые показатели оказали применяемые препараты. Однако наибольшие показатели получены при применении препарата Лигногумат для замачивания семян. Так лабораторная всхожесть при применении Лигногумата составила 100% (контроль – 89%), полевая всхожесть – 97% (контроль – 80%). Нарастание плетей при обработке этим препаратом на 28,1% больше контроля. Урожайность соответственно, была на 4,8 т/га выше, чем на контроле, и

составила 16,1 т/га. Показатели сухого вещества достигли 14,0%. **Заключение.** Таким образом, в результате селекционной работы создан новый сорт дыни Баллада среднего срока созревания с высокими качественными показателями. В качестве нового элемента агротехнологии рекомендуется обработка семенного материала водорастворимым удобрением Лигногумат.

Ключевые слова: возделывание дыни, сорта дыни, Баллада, агротехника дыни.

Цитирование. Варивода Е. А., Галичкина Е. А., Фомин С. Д. Этапы создания нового сорта дыни «Баллада» и разработка элементов сортовой агротехники его выращивания. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 82-91. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-09.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Дыня (*Cucumis melo* L.) относится к семейству тыквенных. Эта культура широко выращивается по всему миру как в умеренных, так и в тропических регионах благодаря своим высоким вкусовым качествам и питательной ценности [1, 2]. По данным ФАОСТАТ в 2022 году дыня занимала около 1062,5 тыс. гектар в мире [3].

Культура дыни широко известна среди производителей бахчевых культур в Российской Федерации и занимает достаточно большие площади, в среднем 20-25 тыс. га, ежегодно. В Государственном реестре селекционных достижений РФ, допущенных к использованию имеется широкий сортимент этой культуры, в 2023 году он насчитывал 189 сортов и гибридов [4]. Для повышения здоровья нации и уровня жизни населения требуется качественное питание и одной из основных задач селекционных программ является улучшение качественных показателей плодов овощей и бахчевых культур [5], в том числе и дыни. Качество плодов дыни состоит из многих показателей, таких как содержание сахара и кислоты, по последнему показателю плоды дыни уникальны среди других культур, поскольку у нее очень низкая кислотность. Качественными показателями являются текстура мякоти и вкус, а также внешние характеристики, такие как размер, форма и цвет плода [6]. По материалам ранее проведенных исследований многих зарубежных и отечественных ученых производителям требуются новые сорта и гибриды дыни, обладающие высокой адаптивной способностью к изменяющимся природно-климатическим условиям и хозяйственно-ценными и питательными признаками, включая углеводы, сахара, витамины В₁, В₂, РР, С, минералы и антиоксиданты, необходимые для здоровья человека [7, 8]. Важнейшим показателем для производителя является продуктивность новых сортов. Для увеличения этого показателя в настоящее время существует множество препаратов, которые способны увеличить урожайность без отрицательного влияния на качественные показатели, а в ряде случаев и улучшения качества произведенной продукции. Особенно важное значение имеет применение новых агротехнических приемов в зоне рискованного земледелия, к которой относится сухостепная зона Волгоградского Заволжья. Использование новых видов регуляторов роста, водорастворимых удобрений при выращивании бахчевых культур является одним из перспективных и малозатратных приемов для увеличения урожайности [9, 10].

Цель работы – анализ этапов селекционного процесса по созданию нового сорта дыни и оценка влияния новых видов водорастворимых удобрений на продуктивность и качественные показатели созданного сорта.

Методы и условия проведения исследований. Объектом исследований являлся новый сорт дыни Баллада, созданный на Быковской бахчевой селекционной опытной станции. Опыты были заложены в богарных условиях сухостепной зоны Волгоградского Заволжья. Почвы зоны исследований – светло-каштановые, супесчаные, лёгкие по гранулометрическому составу с низким содержанием гумуса (до 1%). Климат континентальный с жарким засушливым летом. Абсолютный максимум температуры воздуха в летний период достигает 38...50 °С. Сумма положительных среднесуточных температур – 2900...3600°. В теплый период осадков выпадает 250...300 мм [11].

Исследования проводили в селекционном питомнике и на агротехническом участке Быковской бахчевой селекционной опытной станции. Площадь питания одного растения 2 м². В качестве стандарта использовали сорт дыни Осень.

В качестве новых агроприемов изучали влияние новых видов микроудобрений на биометрические, количественные и качественные показатели при замачивании семян перед посевом. Замачивание проводили по рекомендуемым нормам для всех препаратов: Лигногумат – 5 мл/0,3 л воды, Энерген Экстра – 0,13 гр/1 л воды, Сульфат цинка – 0,5 гр/1 л воды. В качестве контроля использовали вариант – замачивание семян в дистиллированной воде.

Срок замачивания – 3 часа.

Характеристика изучаемых препаратов:

Лигногумат калийный: 20% водный раствор с микроэлементами, концентрированное гуминовое удобрение. Состав: солей гуминовых веществ – до 18%, макро- и микро-элементов, %: не менее: K – 9, S – 3; не более: Fe – 0,2, Mn – 0,12, Cu – 0,12, Zn – 0,12, Mo – 0,015; Co – 0,12; Ca, Cr, Mn – следы.

Энерген Экстра – микроудобрение. Состав: аминокислоты, микроэлементы, витамины, гуминовые кислоты, сульфокислоты; природный препарат, производится из бурого угля, д.в. калиевые соли гуминовых кислот 850 г/кг.

Сульфат цинка – минеральное микроудобрение. Состав: семиводный сернокислый цинк – 98-99,5%, нерастворимые вещества, аммонийные соли – не более 0,001%, нитраты, хлориды – не более 0,0005-0,005%, железо – не более 0,0005-0,001%, нитрат кальция – не более 0,01-0,06%.

В ходе проводимых исследований подробно изучались результаты фенологических наблюдений, биометрические и биохимические показатели, количество и вес плодов на каждой деланке и повторности.

Все опыты закладывались согласно методикам, разработанным для овощебахчевых культур [12, 13]. Энергия прорастания и лабораторную всхожесть определяли согласно ГОСТ 12038–84.

Погодные условия периода исследований имели резкое различие по годам. Так, в 2021 году выпало большое количество осадков в первый половине вегетации и очень мало осадков в конце вегетационного периода. На протяжении всего периода роста и развития растений температура воздуха превышала среднемноголетние данные. Вегетационный период 2022 года отличался пониженными температурами воздуха (температура ниже среднемноголетних данных на 0,9-5,3 °C) и невысоким уровнем осадков. В 2023 году количество осадков было на 27,1% меньше, чем в среднем за десять последних лет, низкая температура воздуха наблюдалась в первой половине вегетации.

Результаты исследований. При создании нового сорта дыни мы ориентировались на следующую модель сорта:

- средний срок созревания – 75-80 суток;
- высокое содержание сухих растворимых веществ (СРВ) – не менее 15%;
- способность к длительному сохранению вкусовых качеств;
- яркая окраска коры;
- наличие сетки.

Пары для гибридизации подбирали по принципу подбора родительских форм на основе эколого-географических различий, целью которого является возможность объединить все положительные признаки различных экотипов в новом сорте [14]. Подбор исходного материала проводили в коллекционном питомнике, где были изучены более 50 образцов и отобрана материнская форма (СТ), наиболее полно соответствующая заданной модели [15]. В качестве отцовской формы (ДН) использовали раннеспелый сорт селекции Быковской опытной станции, так как местные формы уже содержат определённый генотип, адаптированный к метеорологическим условиям среды [16]. Скрещивание провели в 2013 году.

В результате гибридизации отобранных материнской и отцовской форм получена новая гибридная комбинация 599ф, впоследствии получавшая название «Баллада» (рисунки 1).

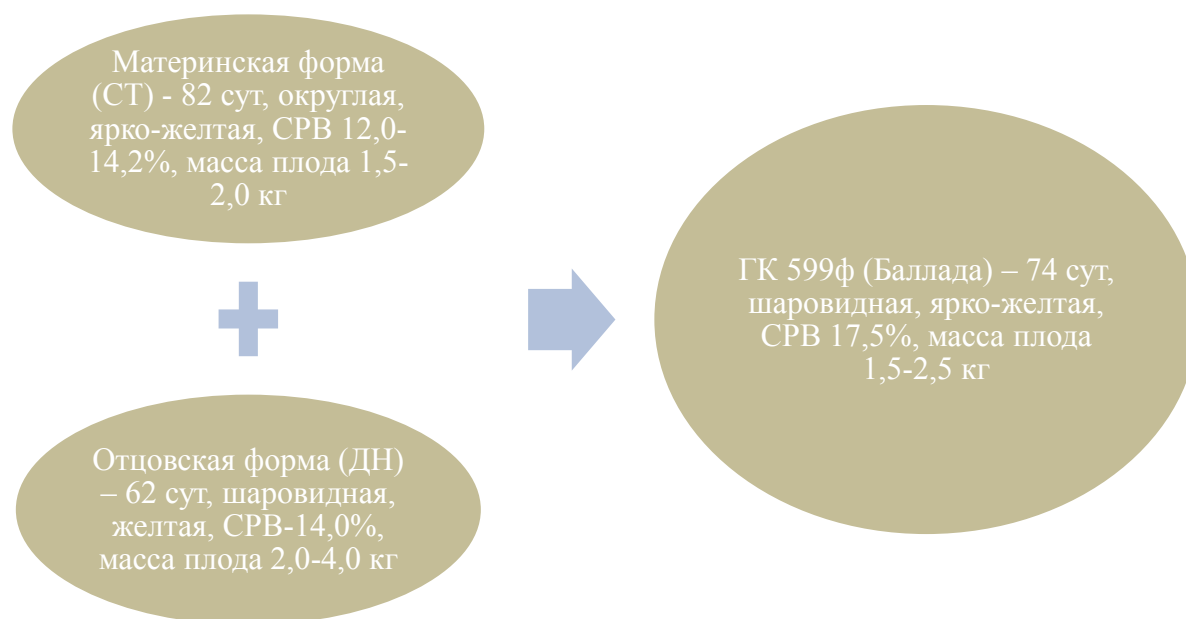


Рисунок 1 – Схема создания нового сорта дыни Баллада
Figure 1 – Scheme for creating a new melon variety Ballada

В течение трех лет (2014-2016 гг.) полученную гибридную комбинацию изучали и проводили отбор в гибридном питомнике станции. Во втором поколении проводили инцуктирование, для закрепления морфологических признаков и получения более выравненного потомства.

С 2017 года новый сорт Баллада высевался в селекционном питомнике, где проводился отбор по хозяйственно-ценным признакам и закрепление морфологических признаков.

С 2021 года сорт Баллада передан в станционное сортоиспытание. Результаты сортоиспытания приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования в станционном сортоиспытании по основным хозяйственно-ценным признакам, 2021-2023 гг.

Table 1 – Results of research in station variety testing on the main economically valuable traits, 2021-2023

Показатель / Index	Год / Year	Баллада / Ballada	Осень, стандарт / Osen, standard
Продолжительность вегетационного периода*, суток	2021	78	81
	2022	76	81
	2023	78	81
	среднее	77	81
Средняя масса плода, кг / Average fetal weight, kg	2021	2,0	2,3
	2022	2,0	2,0
	2023	2,0	2,3
	среднее	2,0	2,2
НСП ₀₅		0,55	
Содержание сухих веществ, % / Dry matter content, %	2021	12,6	10,4
	2022	11,0	10,4
	2023	12,8	13,0
	среднее	12,1	11,2
НСП ₀₅		0,66	

*Продолжительность вегетационного периода – период от массовых всходов до массового созревания плодов.

*The duration of the growing season is the period from mass germination to mass ripening of fruits.

В результате проведенных испытаний выявлено, что продолжительность вегетационного периода нового сорта на 3-5 суток меньше стандарта, сорта Осень. Средняя масса плода ниже чем у стандарта, сорта Осень, но этот показатель стабилен во все годы иссле-

дований, что говорит о хорошей адаптивной устойчивости к различным погодным условиям. По содержанию сухих растворимых веществ испытываемый образец также более стабилен по годам исследования, чем стандарт, его колебания составляли от 11,0 до 12,8%, тогда как у стандарта этот показатель колебался от 10,4 до 13,0%.

Сорт дыни Баллада отличается многоплодностью и длительным сохранением вкусовых и пищевых качеств плодов (в течение 12-18 суток после съема), а также устойчив к запариванию и растрескиванию плодов.

Для увеличения продуктивности нового сорта параллельно со станционным сортоиспытанием в 2022-2023 годах вели разработку новых элементов агротехнологий. Нами изучалось влияние различных видов и норм водорастворимых удобрений на рост и развитие растений дыни нового сорта Баллада при использовании для замачивания семян.

Общеизвестно, что обработка посевного материала различными препаратами существенно увеличивает энергию прорастания и всхожесть семян. Зухуров Ш.С. в своей работе по тыквенным культурам отметил, что эффективность воздействия химических препаратов в большой степени зависит от видовой и сортовой особенности растений, природно-экологических условий местности, а также множества внутренних и внешних факторов которые могут сильно отличаться, поэтому требуется изучение воздействия различных препаратов на определенную культуру в определенных условиях выращивания [17]. Проведенные нами исследования показали положительное действие испытываемых препаратов водорастворимых удобрений на энергию прорастания семян. Этот показатель колебался от 84% на контроле до 99% при обработке препаратом Энерген Экстра. Положительная тенденция при обработке препаратами отмечена и по лабораторной всхожести семян, увеличение всхожести составило от 4 до 11% по сравнению с контролем. Полевая всхожесть зависит от многих факторов, таких как температура и влажность почвы, агротехнические сроки посева и др., поэтому полевая всхожесть зачастую отличается от лабораторной. Применение новых элементов технологии выращивания дыни позволило получить дружные и выравненные всходы. Низкий показатель полевой всхожести наблюдался при обработке семян препаратом Сульфат цинка – 83%. Наибольший эффект получен при замачивании семян препаратами Лигногумат и Энерген Экстра – 97% (рисунок 2).

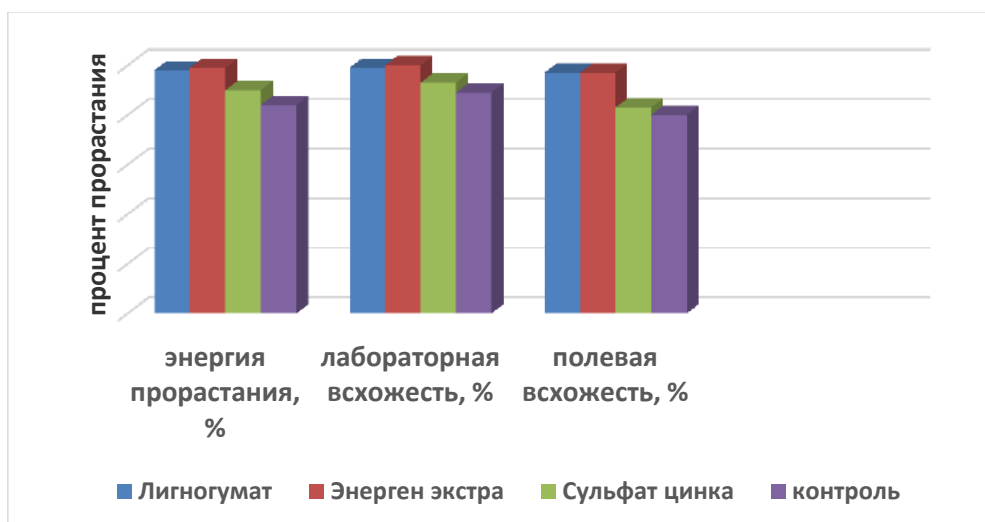


Рисунок 2 – Влияние водорастворимых удобрений на посевные качества семян при замачивании (среднее за два года)

Figure 2 – Effect of water-soluble fertilizers on the sowing qualities of seeds during soaking (average for two years)

При изучении влияния водорастворимых удобрений на продолжительность вегетационного периода дыни сорта Баллада выявлено, что исследуемые препараты не оказывают существенного влияния на этот показатель. Во всех изучаемых вариантах продолжительность межфазного периода «всходы-плодообразование» увеличилась от 2 до 3 суток

по отношению к контролю. Продолжительность периода «плодообразование – созревание» при обработке препаратом Сульфат цинка уменьшилась на одни сутки, при обработке препаратами Энерген Экстра и Лигногумат произошло увеличение на одни сутки по сравнению с контролем (рисунок 3).

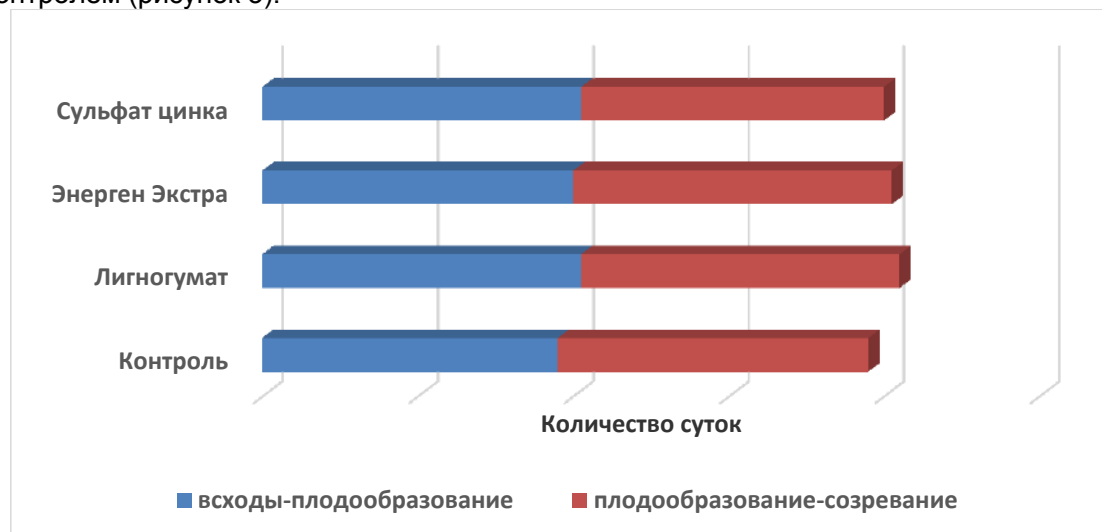


Рисунок 3 – Влияние водорастворимых удобрений на длину межфазных периодов (среднее за два года)

Figure 3 – Effect of water-soluble fertilizers on the length of interphase periods (average for two years)

Интенсивность ростовых процессов бахчевых культур, развитие растений и формирование определенной величины урожая в значительной степени зависят от интенсивности фотосинтетической деятельности. Важным показателем для продуктивности у дыни является количество плетей и их длина. Нами в ходе исследований выявлен положительный эффект на ростовые процессы растений дыни от применения новых препаратов для замачивания семян перед посевом. При всех вариантах замачивания семян к созреванию плодов средняя длина плетей увеличилась. Наименьший показатель длины плетей был по варианту обработки препаратом Энерген Экстра 145 см, что на 4,3% больше контроля. Максимальный результат получен при обработке препаратом Лигногумат, увеличение составило 28,1% по отношению к контрольному варианту. Такая же тенденция наблюдалась и по количеству плетей (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние водорастворимых удобрений на количество плетей и среднюю длину плетей растений сорта дыни (среднее за 2 года)

Table 2 — Effect of water-soluble fertilizers on the number of lashes and the average length of lashes of plants of the melon variety (average for 2 years)

Варианты опыта / Experience options	Количество плетей, шт / Number of lashes, pcs			Средняя длина плетей, см / Average length of lashes, cm		
	после первой обработки / after the first treatment		перед созреванием / before ripening	после первой обработки / after the first treatment	после второй обработки / after the second treatment	перед созреванием / before ripening
Контроль / Control	10	19	23	59	95	139
Лигногумат / Lignogumat	11	22	28	61	102	178
Энерген Экстра / Energen Extra	11	21	25	61	114	145
Сульфат цинка / Zinc sulfate	12	23	27	65	112	155

Дыня является многосборовой культурой. От величины первого сбора зависит срок потребления свежих плодов дыни. При меньшей величине этого показателя увеличивается срок использования этого сорта. Анализируя данные таблицы 3, мы видим, что наиболее низкий процент первого сбора на варианте – обработка семян препаратом Лигногумат – 79,3%, при самой высокой урожайности 16,1% на этом варианте. Показатели урожайности на всех вариантах обработки находились на достаточно высоком уровне и составили 14,9-16,1 т/га, что на 31,9-42,5% больше контрольного варианта (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние водорастворимых удобрений и способов их применения на урожайность сорта Баллада (среднее за 2 года)

Table 3 – Effect of water-soluble fertilizers and methods of their application on the yield of melon variety Ballada (average for 2 years)

Варианты опыта / Experience options	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	1 сбор, % от общей урожайности / 1 harvest, % of total yield
Контроль / Control	11,3	85,8
Лигногумат / Lignogumat	16,1	79,3
Энерген Экстра / Energen Extra	14,9	80,0
Сульфат цинка / Zinc sulfate	15,4	81,9
НСР	0,65	

Качественные показатели и экологическая чистота производимой продукции определяются биохимическим составом плодов в агрохимической лаборатории станции [18]. За период исследований содержание сухого вещества, одного из основных показателей содержания сахаров в плодах дыни, от 13,3% до 14,0%, при максимальных значениях в вариантах Лигногумат и Сульфат цинка. Самый высокий показатель общего сахара 12,7% был в варианте с использованием препарата Сульфат цинка. Количество сахарозы во всех исследуемых вариантах колебалось от 7,5% до 9,0%. Исследованиями ученых Федерального научного центра овощеводства выявлено, что аскорбиновая кислота играет важную роль в различных метаболических процессах растений, поэтому увеличение содержания аскорбата в клетках растений при помощи селекции важно для повышения как пищевой ценности овощей, так и устойчивости растений к стрессу [5]. Содержание этого компонента в плодах дыни во всех изучаемых вариантах на высоком уровне от 36,4 до 43,2 мг%. Самое высокое содержание аскорбиновой кислоты было получено в плодах дыни с применением препарата Сульфат цинка для замачивания семян. Минимальные значения витамина С были отмечены в варианте Энерген Экстра.

Важным фактором, влияющим на здоровье человека, является содержание нитратов в потребляемой продукции. Величина этого показателя в исследуемых плодах дыни во всех вариантах, в 3 и более раза меньше предельно допустимой концентрации – 90 мг/кг (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние водорастворимых удобрений на биохимический состав плодов дыни сорта дыни Баллада (среднее за 2 года)

Table 4 – Effect of water-soluble fertilizers on the biochemical composition of melon fruits of variety Ballada (average for 2 years)

Варианты опыта / Experience options	Сухое вещество, % / Dry matter, %	Общий сахар, % / Total sugar, %	Моно-сахара, % / Mono-sugars, %	Сахароза, % / Sucrose, %	Витамин С, мг % / Vitamin C, mg%	Кислотность, % / Acidity, %	Нитраты, мг/кг / Nitrates, mg/kg
Контроль / Control	13,3	11,4	3,3	7,7	40,4	0,134	24
Лигногумат / Lignogumat	14,0	11,5	3,6	7,5	40,6	0,118	25
Энерген Экстра / Energen Extra	13,6	11,4	3,4	7,7	36,4	0,101	30
Сульфат цинка / Zinc sulfate	14,0	12,7	3,3	9,0	43,2	0,118	25
НСР	0,38	0,23			0,98		

Закключение. В результате межсортовой гибридизации и последующих отборов создан сорт дыни Баллада с высокими качественными и количественными параметрами соответствующими разработанной модели. А также разработаны новые элементы агротехнологий для выращивания нового образца и получения высоких урожаев с хорошими качественными показателями. Для замачивания семян, как элемент агротехнологии, будет рекомендовано новое водорастворимое удобрение Лигногумат, которое оказывает положительное влияние на все ростовые процессы и способствует получению большего количества качественной продукции.

Conclusions. As a result of intervarietal hybridization and subsequent selections, the Ballada melon variety was created with high qualitative and quantitative parameters corresponding to the developed model. And also new elements of agricultural technologies have been developed for growing a new sample and obtaining high yields with good quality indicators. For soaking seeds, as an element of agricultural technology, a new water-soluble fertilizer Lignohumat will be recommended, which has a positive effect on all growth processes and contributes to obtaining more high-quality products.

Библиографический список

1. Fernandez-Trujillo J. P., Pico B., Garcia-Mas J., Alvarez J. M., Monforte A. H. Breeding for the quality of melon fruits. Selection for fruit quality. 2011. Pp. 261-278.
2. Kesh H., Kaushik P. Advances in melon (*Cucumis melo* L.) breeding: An update. Scientia Horticulturae. 2021. No.282. P. 45.
3. Данные в области продовольствия и сельского хозяйства. <https://www.fao.org/faostat/ru>.
4. Реестр селекционных достижений. <https://gossortrf.ru/publication/reestry.php>.
5. Пивоваров В. Ф., Солдатенко А. В., Пышная О. Н., Гуркина Л. К., Пинчук Е. В. Продовольственная независимость и технологический суверенитет России в отрасли овощеводства. Овощи России. 2024. № 3. С. 5-17.
6. Xu L., He Y., Tang L., Xu Y., Zhao G. Genetics, Genomics, and Breeding in Melon. Agronomy. 2022. No. 12 (11). Pp. 28-91.
7. Lester G. Antioxidant, Sugar, Mineral, and Phytonutrient Concentrations across Edible Fruit Tissues of Orange-Fleshed Honeydew Melon (*Cucumis melo* L.). Agricultural and Food Chemistry. 2008. Pp. 17-35.
8. Корнилова М. С., Бочерова И. Н., Рябчикова Н. Б. Изучение коллекционных образцов арбуза и дыни в условиях Волгоградского Заволжья. Аграрная Россия. 2023. № 3. С. 3-7.
9. Рябчикова Н. Б., Корнилова М. С., Фомин С. Д. Эффективность применения в технологии выращивания арбуза столового регулятора роста Вигор Форте в сочетании с водорастворимым удобрением Агровин. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 272-281.
10. Галичкина Е. А., Надежкин С. М., Макаренко Д. А. Использование водорастворимых микроудобрений для выращивания арбуза столового сорта Метеор. Овощи России. 2023. № 4. С. 87-91.
11. Колебошина Т. Г., Быковский Ю. А., Варивода Е. А. Оценка комбинационной способности отцовских линий арбуза для их использования в гибридной селекции. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1. С. 30-36.
12. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. Москва: Россельхозакадемия, 2011. 211 с.
13. Белик В. Ф., Бондаренко Г. Л. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве. М., 1979.
14. Козловская Е. А., Пышная О. Н., Мамедов М. И., Джос Е. А., Матюкина А. А. Подбор родительских компонентов при создании гибридов перца сладкого для степной и сухостепной зон. Овощи России. 2019. № 1. С. 8-11.
15. Корнилова М. С., Сулова В. А., Вербицкая Л. Н. Новый исходный материал для создания перспективных сортов дыни. Овощи России. 2021. № 5. С. 22-26.
16. Варивода Е. А., Колебошина Т. Г., Корнилова М. С. Коллекционные образцы – определяющий фактор получения новых сортов дыни. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 181 (2). С. 23-27.
17. Зухуров Ш. С., Чолова С. Влияние стимуляторов роста на процесс всхожести семян сортов тыквы в условиях Кулябского региона. Наука и технология XXI века. 2021. № 2 (6). С.102-119.
18. Галичкина Е. А., Быкова М. В., Надежкин С. М., Цирульников Н. В. Эффективность применения различных видов удобрений и способов их использования при выращивании арбуза столового. Овощи России. 2021. № 5. С. 49-53.

References

1. Fernandez-Trujillo J. P., Pico B., Garcia-Mas J., Alvarez J. M., Monforte A.H. Breeding for the quality of melon fruits. Selection for fruit quality. 2011. Pp. 261-278.
2. Kesh H., Kaushik P. Advances in melon (*Cucumis melo* L.) breeding: An update. Scientia Horticulturae. 2021. No 282. P. 45.
3. Food and Agriculture Data. <https://www.fao.org/faostat/ru>.
4. Register of selection achievements. <https://gossortrf.ru/publication/reestry.php>.
5. Pivovarov V. F., Soldatenko A. V., Pyshnaya O. N., Gurkina L. K., Pinchuk E. V. Food independence and technological sovereignty of Russia in the vegetable growing sector. Vegetable crops of Russia. 2024. No 3. Pp. 5-17.
6. Xu L., He Y., Tang L., Xu Y., Zhao G. Genetics, Genomics, and Breeding in Melon. Agronomy. 2022. No 12 (11). Pp. 28-91.
7. Lester G. Antioxidant, Sugar, Mineral, and Phytonutrient Concentrations across Edible Fruit Tissues of Orange-Fleshed Honeydew Melon (*Cucumis melo* L.) Agricultural and Food Chemistry. 2008. Pp. 17-35.

8. Kornilova M. S., Bocherova I. N., Ryabchikova N. B. Study of collection samples of watermelon and melon in the conditions of the Volgograd Trans-Volga region. *Agrarian Russia*. 2023. No 3. Pp. 3-7.
9. Ryabchikova N. B., Kornilova M. S., Fomin S. D. Efficiency of using table growth regulator Vigor Forte in combination with water-soluble fertilizer Agrovin in watermelon growing technology. *News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education*. 2023. No 1 (69). Pp. 272-281.
10. Galichkina E. A., Nadezhkin S. M., Makarenkov D. A. Using water-soluble microfertilizers for growing table watermelon variety Meteor. *Vegetables of Russia*. 2023. No 4. Pp. 87-91.
11. Kaleboshina T. G., Bykovsky Yu. A., Varivoda E. A. Assessment of the combining ability of watermelon paternal lines for their use in hybrid breeding. *News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education*. 2018. No 1. Pp. 30-36.
12. Litvinov S. S. *Methodology of field experiment in vegetable growing*. M.: Rosselkhozakademiya, 2011. 211 p.
13. Belik V. F., Bondarenko G. L. *Methodology of field experiment in vegetable and melon growing*. M., 1979.
14. Kozlovskaya E. A., Pyshnaya O. N., Mamedov M. I., Jos E. A., Matyukina A. A. Selection of parent components when creating sweet pepper hybrids for the steppe and dry-steppe zones. *Vegetables of Russia*. 2019. No 1. Pp. 8-11.
15. Kornilova M. S., Suslova V. A., Verbitskaya L. N. New source material for the creation of perspective varieties of melon. *Vegetable crops of Russia*. 2021. No 5. Pp. 22-26.
16. Varivoda E. A., Kaleboshina T. G., Kornilova M. S. Collection samples are a determining factor in obtaining new melon varieties. *Proceedings on applied botany, genetics and selection*. 2020. No 181 (2). Pp. 23-27.
17. Zukhurov Sh. S., Cholova S. The influence of growth stimulants on the process of germination of seeds of pumpkin varieties in the conditions of the Kulyab region. *Science and technology of the 21st century*. 2021. No 2 (6). Pp. 102-119.
18. Galichkina E. A., Bykova M. V., Nadezhkin S. M., Tsurulnikova N.V. The effectiveness of the use of various types of fertilizers and methods of their application in the cultivation of watermelon. *Vegetable crops of Russia*. 2021. No 5. Pp. 49-53.

Информация об авторах

Варивода Елена Александровна, старший научный сотрудник, Быковская бахчевая селекционная опытная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (Российская Федерация, 404067, Волгоградская область, Быковский район, пос. Зелёный), ORCID 0000-0001-5580-4813, e-mail: elena-varivoda@mail.ru

Галичкина Елена Александровна, старший научный сотрудник, Быковская бахчевая селекционная опытная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (Российская Федерация, 404067, Волгоградская область, Быковский район, пос. Зелёный), ORCID 0000-0002-9603-7638 e-mail: elena-varivoda@mail.ru

Фомин Сергей Денисович, профессор РАЕ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, доктор технических наук, профессор кафедры "Механика", ФБГОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: fsd_58@mail.ru

Author's Information

Varivoda Elena Aleksandrovna, Senior Researcher, Bykovskaya melon breeding experimental station – branch of the "Federal Scientific Center for Vegetable Growing" (Russian Federation, 404067, Volgograd region, Bykovsky district, Zelenoe village), <https://orcid.org/0000-0001-5580-4813>, elena-varivoda@mail.ru

Galichkina Elena Aleksandrovna, Senior Researcher, Bykovskaya melon breeding experimental station – branch of the "Federal Scientific Center for Vegetable Growing" (Russian Federation, 404067, Volgograd region, Bykovsky district, Zelenoe village), ORCID 0000-0002-9603-7638 e-mail: elena-varivoda@mail.ru

Fomin Sergey Denisovich, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Russian Academy of Economics, Professor of the Department of Mechanics, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), e-mail: fsd_58@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-10

INFLUENCE OF TEMPERATURE, HUMIDITY, NITRATE NITROGEN ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL AND YIELD OF DURUM WHEAT**Mitrofanov D. V.**

*Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences
Orenburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: dvm.80@mail.ru

Received 14.06.2024

Submitted 02.09.2024

The research was carried out within the framework of the state assignment in accordance with the research work plan for 2022-2024. Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (FNWZ-2022-0014)

Summary

The scientific work shows studies on the effects of soil and climatic conditions, nitroammophosk, ammophosk, pure steam and permanent sowing on the biological activity of the soil and the yield of durum wheat in multi-fields on the chernozems of the Orenburg Cis-Urals. Changes in agrometeorological conditions, soil temperature and humidity, nitrate nitrogen content and cellulolytic activity of microflora in chernozem and the yield of grain crop products were revealed.

Abstract

Introduction. The effect of air and soil temperature, the amount of rainfall, the content of useful moisture and available nitrogen in the upper horizon of chernozem on the biological activity of soil microflora and the yield of durum wheat grains has been established. For the first time, the best effect of nitrate nitrogen content in the nutrient layer of chernozem 0-30 cm on increasing the cellulolytic activity of the soil and the yield of durum wheat by pure steam in six-field and four-field multi-fields in the arid steppe of the Orenburg region was revealed. **Object.** Sloping soil and durum wheat in multifields and permanent sowing. **Materials and methods.** Field experiments were conducted from 2002 to 2023 on the basis of stationary experimental sites in the Orenburg and Adamovsky districts. The work uses research methods: meteorological observations, field experience, thermostatic-weight (gravimetric), ionometric, application-weight, analysis of variance and multiple regression. The first experience is two-factor: A x 3B; where A is the background with fertilizer (nitroammophos), B is the previous pure steam and permanent sowing. The second experiment is two-factor: 3A x B; where A is a part of the slope landscape with fertilizer (ammophos), B is a precursor (pure steam for barley). Durum wheat varieties were sown in the experiments: Orenburg 10; 21, Kharkov 46 and Tselinnitsa. **Results and conclusions.** The studies established average data (2002-2023 and 2013-2023) of indicators: rainfall – 120.2 and 101.8 mm, air temperature – 20.1 and 18.6 °C, number of dry days – 59.0 and 72.0, hydrothermal coefficient – 0.57 and 0.32, soil temperature – 23.9-26.6 and 21.1-21.2 °C, productive moisture – 29.4-37.4 and 16.0-28.4 mm, nitrate nitrogen – 12.0-108.0 and 33.0-78.0 mg/kg, cellulolytic activity of the soil – 5.6-32.9 and 13.7-28.5%, yield – 0.7-1.5 and 0.8-1.0 t/ha. In experiments, significant results were obtained on rainfall during the growing season, the content of useful moisture and available nitrogen in the soil, which positively affect the increase in the cellulolytic activity of microorganisms ($r=0.69-0.87$ and $0.69-0.81$) and the yield of durum wheat grains ($r=0.62-0.76$ and $0.58-0.70$) after black steam in crop rotations with a slope ($0-0.5$ and $0-1^\circ$) of the sloping landscape. Observations of air and soil temperature show a beneficial effect on the cellulolytic activity of microflora ($r=0.53-0.58$ and $0.63-0.78$) under durum wheat crops in six-field and four-field polygons. This temperature of the air and soil negatively affects the yield of durum wheat ($r=0.42-0.49$ and $0.52-0.67$) in all experimental variants. As a result of the influence of the activity of soil microorganisms, the yield of durum wheat increases ($r = 0.58$ and 0.52) in the first and third versions of the experiments. A decrease in the biological activity of chernozem and grain yield is associated with the influence of low indicators of the studied factors ($r=0.52-0.66$ and $0.53-0.76$; $r=0.41-0.67$ and $0.45-0.65$), which is noted in permanent sowing and in crop rotation with a soil slope of $0-3^\circ$. The decrease is associated with unfavorable conditions (drought, depletion and water erosion of the soil) of crop cultivation. Thus, agrometeorological and soil environmental factors do not significantly affect the increase in the cellulolytic activity of the soil and the yield of grain products.

Keywords: cultivation of durum wheat, air temperature, soil temperature, precipitation, useful moisture, available nitrogen, cellulolytic activity of microorganisms.

Citation. Mitrofanov D. V. Influence of temperature, humidity, nitrate nitrogen on the biological activity of soil and yield of durum wheat. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 91-102 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-10.

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

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

УДК 631.559: 633.112.1 (470.56)

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, ВЛАЖНОСТИ, НИТРАТНОГО АЗОТА НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ

Митрофанов Д. В., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий

Российской академии наук»

г. Оренбург, Российская Федерация

Исследования выполнены в рамках государственного задания в соответствии с планом научно-исследовательской работы на 2022-2024 гг. Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (№ FNWZ-2022-0014)

Актуальность. Установлено воздействие температуры воздуха и почвы, количества дождевых осадков, содержания продуктивной влаги и нитратного азота в верхнем горизонте чернозёма на биологическую активность почвенной микрофлоры и выход зерна твёрдой пшеницы. Впервые выявлено наилучшее влияние содержания нитратного азота в питательном слое чернозёма 0-30 см на повышение целлюлозолитической активности почвы и урожайности твёрдой пшеницы по чистому пару в шестипольном и четырёхпольном многопольях в засушливой степи Оренбургской области.

Объект. Склоновая почва и твёрдая пшеница в многопольях и бессменном посеве. **Материалы и методы.** Полевые эксперименты проведены с 2002 по 2023 гг. на базе стационарных опытных участков в Оренбургском и Адамовском районах. В работе применены методы исследования: метеонаблюдений, полевого опыта, термостатно-весовой (гравиметрический), ионометрический, аппликационно-весовой, дисперсионного анализа и множественной регрессии. Первый опыт двухфакторный: $A \times 3B$; где A – фон с удобрением (нитроаммофос), B – предшествующий чистый пар и бессменный посев. Второй опыт двухфакторный: $3A \times B$; где A – часть склонового ландшафта с удобрением (аммофос), B – предшественник (чистый пар по ячменю). В опытах высеяны сорта твёрдой пшеницы: Оренбургская 10; 21, Харьковская 46 и Целинница. **Результаты и выводы.** В исследованиях установлены усредненные данные (2002-2023 и 2013-2023 гг.) показателей: дождевые осадки – 120,2 и 101,8 мм, температура воздуха – 20,1 и 18,6 °С, число суховейных дней – 59,0 и 72,0, гидротермический коэффициент – 0,57 и 0,32, температура почвы – 23,9-26,6 и 21,1-21,2 °С, продуктивная влага – 29,4-37,4 и 16,0-28,4 мм, нитратный азот – 12,0-108,0 и 33,0-78,0 мг/кг, целлюлозолитическая активность почвы – 5,6-32,9 и 13,7-28,5%, урожайность – 0,7-1,5 и 0,8-1,0 т/га. В экспериментах получены существенные результаты по выпавшим дождевым осадкам за вегетационный период, содержанию продуктивной влаги и нитратного азота в почве, которые положительно влияют на увеличение целлюлозолитической активности микроорганизмов ($r=0,69-0,87$ и $0,69-0,81$) и выхода зерна твёрдой пшеницы ($r=0,62-0,76$ и $0,58-0,70$) после чёрного пара в севооборотах с уклоном ($0-0,5$ и $0-1^\circ$) склонового ландшафта. Наблюдения за температурой воздуха и почвы показывают благоприятное воздействие на целлюлозолитическую жизнедеятельность микрофлоры ($r=0,53-0,58$ и $0,63-0,78$) под посевами твёрдой пшеницы в шестипольном и четырёхпольном многопольях. Данная температура воздуха и почвы отрицательно влияет на урожайность твёрдой пшеницы ($r=0,42-0,49$ и $0,52-0,67$) по всем вариантам опытов. В результате влияния активности почвенных микроорганизмов происходит рост урожайности твёрдой пшеницы ($r=0,58$ и $0,52$) в первом и третьем вариантах экспериментов. Снижение биологической активности чернозёма, выхода зерна связано с влиянием низких показателей изучаемых факторов ($r=0,52-0,66$ и $0,53-0,76$; $r=0,41-0,67$ и $0,45-0,65$), которое отмечается в бессменном посеве и в севообороте с уклоном почвы $0-3^\circ$. Понижение связано с неблагоприятными условиями (засуха, истощение и водная эрозия почвы) выращивания культуры. Таким образом, агрометеорологические и почвенные факторы среды не значительно воздействуют на увеличение целлюлозолитической активности почвы и выхода зерновой продукции.

Ключевые слова: возделывание твёрдой пшеницы, температура воздуха, температура почвы, дождевые осадки, продуктивная влага, нитратный азот, целлюлозолитическая активность микроорганизмов.

Цитирование. Митрофанов Д. В. Влияние температуры, влажности, нитратного азота на биологическую активность почвы и урожайность твёрдой пшеницы. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 91-102. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-10.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Повышение рыночных цен на зерновую продукцию твёрдой пшеницы в России происходит из-за введения санкций западных стран. Зерновая продукция твёрдой пшеницы является главным товаром для сельскохозяйственного производства. Выращивание зерна твёрдой пшеницы имеет важнейшее значение в питании человека и животных. Твёрдая пшеница – древнейшая зерновая культура (полба) Средиземноморья. В настоящее время посевы твёрдой пшеницы распространяются по всему земному шару, включая нашу страну. В Оренбургской области посевная площадь твёрдой пшеницы в 2023 году занимает 373,1 тыс. га. В Оренбургском Приуралье за последние годы значительно ухудшаются погодные условия, температура и влажность почвы, содержание почвенного азота, целлюлозолитическая активность микроорганизмов и выход зерновой продукции. В связи с этим наблюдаются на склоновом ландшафте засуха, истощение и водная эрозия почвы, которые существенно снижают биологическую активность чернозёма и урожайность зерна твёрдой пшеницы.

Агрометеорологические условия обеспечивают существенное воздействие на урожайность твёрдой пшеницы в засушливой степи Оренбургской области. Возделывание твёрдой пшеницы по предшественникам многополья оказывает влияние в опытном эксперименте на выход зерна 1,22 т/га. В засушливых условиях вегетационного периода повы-

шается температура воздуха, что приводит к понижению запасов продуктивной влаги после посева. Эволюционное снижение урожайности твёрдой пшеницы за многие годы наблюдается за счёт повышенной среднесуточной температуры воздуха, недобора выпавших дождевых осадков, наибольшего количества суховейных дней и низких запасов влаги в почве за период вегетации [1, 2].

Снижение выхода зерна твёрдой пшеницы происходит в связи с изменением погодных условий. В результате резких колебаний среднесуточных температур воздуха за вегетационный период на 20–25 °С отмечается потепление климата, что приводит к ослаблению роста, развития и формирования урожайности культуры [3]. В первой ротации многопольях гидротермический коэффициент за период вегетации равен 0,68, во второй – 0,45 и в третьей – 0,41, что говорит о сильной засушливости зоны [4].

Для решения проблемы поиска дополнительных путей использования климатических ресурсов влаги проведена динамика погодных факторов за многие годы наблюдений в засушливой степи Оренбуржья. Таким образом, разработаны регрессионные модели по влиянию основных погодных компонентов на изменение урожайности зерна твёрдой пшеницы [5].

В неблагоприятных почвенно-климатических условиях наблюдаются существенные потери урожайности зерна твёрдой пшеницы в связи с проявлением повторяющихся засух вегетационного периода. Сильная засуха стремительно снижает производство зерна твёрдой пшеницы в сельском хозяйстве [6, 7].

В засушливой степи Оренбургского Предуралья при возделывании твёрдой пшеницы на интенсивном (удобренном) фоне питания уменьшается коэффициент водопотребления до 1976,8 куб. м/т и на естественном (неудобренном) повышается – до 2192,5 куб. м/т соответственно. В связи с внесением минеральных удобрений уменьшается расход продуктивной влаги на рост и развития культуры [8].

Наибольшее содержание азота в почве влияет на высокую урожайность твёрдой пшеницы. Запасы нитратного азота в почве под посевами твёрдой пшеницы существенно изменяется в зависимости от силы использования предшествующей культурой в севооборотах [9]. Предшественник чёрный пар накапливает и сохраняет влагу и азот, что благоприятно влияет на целлюлозолитическую активность микроорганизмов в почве. В связи с этим весеннее содержание продуктивной влаги и нитратного азота в почве воздействует на повышение урожайности твёрдой пшеницы по чистому пару в многополье. Наименьшая урожайность получена в бессменном посеве твёрдой пшеницы из-за слабой целлюлозолитической жизнедеятельности почвенной микрофлоры [10].

Возделывание твёрдой пшеницы в многопольях значительно воздействует на биологическую активность почвы. В результате установления связи твёрдой пшеницы с целлюлозоразрушающими почвенными процессами можно определить правильное чередование культуры в многопольях [11]. Наибольшая активность микроорганизмов и максимальное содержание нитратного азота в почве отмечается при возделывании твёрдой пшеницы по сидеральному пару. Несмотря на это, биологическая активность почвы (51,6%) и содержание нитратного азота (52,4%) значительно больше влияет на выход зерна твёрдой пшеницы по чистому пару в многополье. Для повышения урожайности твёрдой пшеницы необходимо возделывать в севооборотах с чистым паром, так как на целлюлозолитическую активность почвы и нитратный азот воздействует предшественник [12].

В определённых условиях лучшим предшественником твёрдой пшеницы является сидеральный пар (посев овса и гороха), так как на интенсивном фоне питания отмечается повышенная биологическая активность чернозёма и урожайность. Внесение минеральных удобрений усиливают целлюлозолитическую активность почвы под посевами твёрдой пшеницы по чистому (на 0,6%) и сидеральному (на 3,0%) парам в связи с фиксацией накопленного азота. В шестипольных севооборотах на фоне с удобрениями выход зерна составляет в пределах 0,85–0,97 т/га [13].

В засушливых условиях урожайность твёрдой пшеницы в многополье существенно повышается после возделывания сидеральной культуры на 9,5–62,2% в отличие от бессменного посева. Такое явление происходит за счёт быстрого разложения целлюлозы сидеральной культуры почвенной микрофлорой. Изучение целлюлозолитической активности

микроорганизмов (особенно разрушение целлюлозы аэробными почвенными актиномицетами) проходит во многих научно-исследовательских работах. Исследователями выявлено, что разложение целлюлозы происходит в связи с происходящими биологическими процессами в почве [14].

В исследованиях наблюдения показывают, что пожнивно-корневые остатки полевых культур содержат значительное количество органического азота, который недоступен для растений. Таким образом, необходим биологический процесс разрушения целлюлозы, который преобразует органический азот (нитрификация) в нитратный. Доступный азот существенно влияет на рост и развитие твёрдой пшеницы, то есть повышается высота стебля и урожайность зерна [15].

Вопросы воздействия почвенных и агрометеорологических факторов, предшественников и минеральных удобрений на биологическую активность чернозёма и урожайность твёрдой пшеницы в условиях интенсивного и почвозащитного земледелия недостаточно изучены в Оренбургской области. Таким образом, проведена научно-исследовательская работа для изучения вопросов и решения поставленной цели и задачи. Цель исследований – осуществить оценку влияния температуры воздуха и почвы, дождей, осадков, продуктивной влаги, нитратного азота на повышение целлюлозолитической активности почвенных микроорганизмов и урожайности твёрдой пшеницы в условиях Оренбургского Приуралья. Задачи работы: а) проанализировать метеонаблюдения данных территорий; б) определить температуру и содержания продуктивной влаги и нитратного азота в горизонте почвы 0-30 см под посевами твёрдой пшеницы; в) установить целлюлозолитическую активность микрофлоры в верхнем слое почвы 0-30 см под посевами твёрдой пшеницы; г) выявить выход зерновой продукции твёрдой пшеницы по предшественникам с различным уклоном склонового ландшафта; д) провести статистический анализ изучаемых факторов с целлюлозолитической активностью почвы и урожайностью твёрдой пшеницы.

Объект исследования. Склоновая почва и твёрдая пшеница, возделываемая в многопольях и бессменном посеве, являются объектом научно-исследовательской работы. Почва Оренбургского Предуралья и Зауралья – южный (тяжелосуглинистый, карбонатный, среднемощный, малогумусный) чернозём. В верхнем горизонте почвы 0-30 см количество гумуса составляет 3,8-4,0%, общего азота и фосфора – 0,2-0,3 и 0,1-0,2%, нитратного азота – 170-180 мг, подвижного фосфора – 20-25 мг, обменного калия – 301-382 мг/кг, pH водной вытяжки – 7,2-8,0.

Полевые опыты проведены в условиях Оренбургского Предуралья многолетнего экспериментального участка, заложенном 36 лет назад. На длительном опытном поле выращена твёрдая пшеница (второе поле) в зернопаровых (шестипольных) севооборотах с 1990 г. и в бессменном посеве – с 1988 г. Твёрдая пшеница размещена в следующих многопольях и бессменном посеве: I. Пар чистый (чёрный)...твёрдая пшеница...мягкая пшеница...горох...мягкая пшеница...ячмень; II. Пар сидеральный (посевы злаковых и зернобобовых культур)...твёрдая пшеница...мягкая пшеница...горох...мягкая пшеница...ячмень; III. Возделывание твёрдой пшеницы бессменно.

Полевые эксперименты проведены в условиях Оренбургского Зауралья длительного почвозащитного опытного поля, заложенного 37 лет назад. На стационарном экспериментальном участке размещены посевы твёрдой пшеницы (второе поле) в зернопаровых (четырёхпольных) севооборотах с 2013 г. Твёрдая пшеница выращена в многополье (пар чистый (чёрный)...твёрдая пшеница...мягкая пшеница...ячмень) в верхней, средней и нижней частях склона.

Материалы и методы. В Оренбургской области проведены исследования (2002-2023 гг.) биологической активности чернозёма и урожайности твёрдой пшеницы в зависимости от почвенно-климатических условий, нитроаммофоса, аммофоса, предшествующего парового поля и бессменного посева. Первый экспериментальный опытный участок размещен возле с. Нежинка Оренбургского района (координаты: 51°46'37.0"N, 55°18'37.0"E) и второй – с. Елизаветинка Адамовского района (координаты: 51°43'56.0"N, 59°47'34.0"E).

В научно-исследовательскую работу включены методы исследования: метеонаблюдений (данные метеостанции и полевых замеров), полевого опыта (Б. А. Доспехова), термостатно-весовой или гравиметрический (С. А. Воробьёва), ионометрический (ГОСТ 26951-86), аппликационно-весовой (Е. Н. Мишустина, Д. И. Никитина, И. С. Вострова), дисперсионного анализа (Самойлов, 2004) и множественной регрессии (Statistica 11.0).

В исследуемой зоне с резкой континентальностью климата преимущественно проявляется засуха. По метеонаблюдениям Оренбургского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС) среднемноголетняя норма (осадков, температуры воздуха и числа суховейных дней) составляет по месяцам: май – 41,0 мм; 15,0 °С; 14,0 дней, июнь – 39,0; 19,7; 13,0, июль – 41,0; 21,9; 14,0, август – 34,0; 20,0; 15,0 и за период – 155; 19,1; 56,0, соответственно. Расчётный среднемноголетний гидротермический коэффициент (ГТК – Г. Т. Селянинова) за месяцы (май, июнь, июль, август) составляет 0,66, что повествует о засушливости периода. Аналогично по данным метеостанции п. Айдырля Адамовского района Оренбургской области среднемноголетняя норма (осадков, температуры воздуха и числа суховейных дней) составляет по месяцам: май – 30,0 мм; 16,2 °С; 13,0 дней, июнь – 41,0; 16,9; 12,0, июль – 51,0; 21,1; 13,0, август – 34,0; 16,1; 14,0 и за период – 156,0; 17,6; 52,0, соответственно. Среднемноголетний ГТК за май-август составляет 0,70, что определяет период вегетации, как засушливый.

Полевые исследования проведены на длительных стационарных опытных участках. В первую схему опыта входит два варианта предшественников многополья (шестипольные севообороты) и один – бессменный посев на интенсивном (удобренном) фоне питания на пологом склоне. Первый опыт имеет схему: А х 3В; где А – фон с удобрением (нитроаммофос), В – предшествующий чистый (чёрный) пар и бессменный посев. Возделывание твёрдой пшеницы проходит на четырёх повторениях опыта с систематическим размещением вариантов в шахматном порядке: 1) твёрдая пшеница...чистый (чёрный) пар с уклоном склонового ландшафта 0-0,5° (контроль); 2) твёрдая пшеница...сидеральный (овёс и горох) пар с уклоном склонового ландшафта 0-0,5°; 3) твёрдая пшеница...бессменный посев с уклоном склонового ландшафта 0-1,1°.

Первый опыт занимает площадь на стационаре 4320 м² или 0,43 га. Восемь экспериментальных делянок прямоугольной формы (размер 14,4 × 30 м) размещены в многопольях. Четыре прямоугольные делянки (размер 7,2 × 30 м) расположены в бессменных посевах. В осенний период на делянках под обработку почвы (вспашка на глубину 20-22 см) внесены разбрасывателем (РУМ-1000) минеральные удобрения в соответствии с рекомендуемой нормой (нитроаммофос в дозе N₄₀P₄₀ кг/га действующего вещества). В первой декаде мая высеяны сорта твёрдой пшеницы (Оренбургская 10 и 21) зерновой сеялкой (VITA СЗП-3.6А) с нормативным показателем 4,0 млн семян шт./га или 180 кг/га. В первом опыте не применены пестициды. Учётная площадь делянки твёрдой пшеницы – 60 м². Во второй декаде августа проведено прямым комбайнированием (селекционный комбайн – Terrion-Sampo 2010) уборка зерна твёрдой пшеницы с оставлением измельчённой соломы (мульчи) на экспериментальном участке. Урожайность определена на основании влажности (6,1-14,8%) и чистоты (60,1-88,9%) зерна.

Во вторую схему опыта входит три варианта предшественников зернопаровых (четырёхпольных) севооборотов на северо-восточной экспозиции склона. Второй опыт имеет схему: 3А х В; где А – часть склонового ландшафта с удобрением (аммофос): 1) верхняя с уклоном 0-3° (контроль); 2) средняя с уклоном 0-2°; 3) нижняя с уклоном 0-1°, В – предшествующий чистый (чёрный) пар по ячменю. Возделывание твёрдой пшеницы проходит на трёх повторениях эксперимента с систематическим размещением вариантов в определённой последовательности.

Второй опыт составляет площадь на почвозащитном стационаре 57852 м², или 5,78 га. Девять опытных делянок прямоугольной формы (размер 40 × 160,7 м) заложены в четырёхпольных севооборотах с чистым паром. В весенний период на делянках при посеве стерневой сеялкой (СЗС-2.1) внесены минеральные удобрения с рекомендуемой нормой (аммофос в дозе N₂₀P₂₀ кг/га действующего вещества). Во второй декаде мая высеяны сорта твёрдой пшеницы (Харьковская 46, Целиница) с нормой 3,5 млн семян шт./га или 170 кг/га. Во втором опыте не применены пестициды. Учётная площадь делянки твёрдой

пшеницы – 321,4 м². В третьей декаде августа проведены уборочные работы (селекционный комбайн – Samro 500) с оставлением мульчирующего слоя на опытном поле. Урожайность твёрдой пшеницы рассчитана при 5,1-10,8% влажности и 55,6-80,7% чистоты зерна. В изучаемых опытах применённая агротехника и агротехнология возделывания твёрдой пшеницы, рекомендуемая для степной зоны Оренбуржья.

Проведены полевые наблюдения за выпавшими осадками (дождемер), температурой воздуха и почвы (термометр ТМ-8 и цифровой модификации Checktemp, HI 9043) на опытных участках. Осадки и температура воздуха определены в течении периода (май-август) роста и развития твёрдой пшеницы. Температура почвы измерена в верхнем горизонте 0-30 см за период вегетации культурного растения по вариантах полевых опытов.

В экспериментах для выявления содержания продуктивной влаги в верхнем слое 0-30 см отобраны почвенные образцы в весенний период на первом и третьем повторениях в трех точках делянки. Продуктивная влага определена с помощью термостатно-весового (гравиметрического) метода и рассчитана с учётом отношения плотности и мертвого запаса почвы. В опытах для определения содержания нитратного азота (N-NO₃) в горизонте 0-30 см взяты почвенные образцы после посева также, но только в пяти точках делянки. Содержание почвенного азота для растений определено с помощью ионометрического метода и рассчитано с учётом преобразованных нитратов в центре коллективного пользования <http://цкп-бст.рф>. В стационарах для установления целлюлозолитической (биологической) активности почвы в пахотном слое 0-30 см закопаны стекла с льняными полотнами (аппликации) в начале фазы развития (всходы) твёрдой пшеницы на втором повторении в двух точках делянки. Целлюлозолитическая жизнедеятельность микрофлоры почвы за период определена с помощью аппликационно-весового метода и рассчитана с учётом влажности и температуры.

В компьютерной программе Самойлова (Россия) рассчитана наименьшая существенная разница (НСР со степенью свободы 0,5) по изучаемым факторам и вариантам экспериментов. В статистической программе «Statistica 11.0» (США) проведен анализ данных с помощью множественной регрессии и выявлена доля влияния каждого отдельного фактора на биологическую активность почвы и урожайность твёрдой пшеницы. Измерения, расчёты, учёты, наблюдения и анализы выполнены по рекомендациям и методикам. Все материалы и методы исследования представлены по общему принятым рекомендациям и нормам для степной зоны Оренбургского Приуралья.

Результаты и обсуждение. Метеонаблюдения по данным за 2002-2023 гг. (ЦГМС) г. Оренбург и полевых опытов установлено, что за период научно-исследовательской работы выпало дождевых осадков по месяцам в районе: май – 34,1 мм (на поле – 33,5 мм), июнь – 29,4 (32,9) мм, июль – 43,7 (31,9) мм, август – 22,2 (21,9) мм, что ниже среднесуточной нормы. Сумма выпавших осадков в виде дождя за май и август (вегетационный период твёрдой пшеницы) по Оренбургскому району составляет 129,4 мм и на поле – 120,2 мм, что меньше средней (155 мм) нормы. Среднесуточная температура воздуха наблюдается в мае по району 16,3 °С и на поле 15,8 °С, в июне – 20,7 и 20,2 °С, в июле – 22,8 и 22,3 °С, в августе – 22,0 и 21,5 °С. Средняя температура воздуха за сутки с мая по август отмечается по району 20,4 °С и на поле 20,1 °С (норма 19,1 °С). Число суховейных дней зафиксировано в мае по району 16,0 и на поле 15,0, в июне – 15,0 и 14,0, в июле – 14,0 и 13,0, в августе – 18,0 и 17,0. Число суховейных дней за период вегетации составляет по району 63,0 и на поле 59,0 (норма 56,0). На основании рассчитанного гидротермического коэффициента по Г. Т. Селянинову 0,57 при средней норме 0,66 можно характеризовать вегетационный период твёрдой пшеницы как чрезмерно засушливый.

По данным за 2013-2023 гг. метеостанции п. Айдырля Адамовского района Оренбургской области за период исследования выпало осадков по месяцам: май – 26,2 мм (норма 30,0 мм), июнь – 19,1 (41,0) мм, июль – 31,9 (51,0) мм, август – 24,6 (34,0) мм. Дождевые осадки за период вегетации выпали по изучаемой территории 101,8 мм (норма 156 мм), что меньше на 54,2 мм среднесуточного значения. Средняя температура воздуха за сутки отмечается в мае 14,5 (норма 16,2) °С, в июне – 18,8 (16,9) °С, в июле – 20,9 (21,1) °С, в августе – 20,1 (16,1) °С. Среднесуточная температура воздуха за вегетационный период наблюдается 18,6 (норма 17,6) °С, что больше на 1,0 °С среднесуточного показателя. Количество суховейных дней прослеживается по месяцам: май – 18,0 (норма

13,0), июнь – 18,0 (12,0), июль – 17,0 (13,0), август – 19,0 (14,0). Количество суховейных дней за период роста и развития твёрдой пшеницы зафиксировано 72,0 (норма 52,0), что выше на 20,0 среднемноголетней значения. Гидротермический коэффициент составляет по месяцам: май – 0,51, июнь – 0,21, июль – 0,44, август – 0,11. ГТК за период роста и развития (май-август) зафиксирован 0,32 при норме 0,70, что говорит о приближении к аридным условиям (сухой климат) изучаемой территории.

В исследуемых вариантах экспериментов наблюдается изменение показателей температуры почвы, продуктивной (полезной) влаги, нитратного (доступного) азота, целлюлозолитической (биологической) активности почвы и урожайности твёрдой пшеницы в многопольях и бессменном посеве. В первом эксперименте за вегетационный период отмечена под бессменным посевом твёрдой пшеницы (3 вариант) наибольшая температура почвы 26,6 °C и во втором – (1 и 3 вариант) наименьшая 21,1 °C (таблица 1).

В первом (1 и 2 вариант) и во втором (2 вариант) экспериментах температура почвы под посевами твёрдой пшеницы в многопольях находится на уровне 21,2-25,2 °C. В первом опыте наблюдается под культурой в севооборотах (1 вариант) максимальное количество весенней продуктивной влаги в почве 37,4 мм и во втором – минимальное 16,0 мм. В первом и во втором опытах (2 и 3 вариант) запасы продуктивной влаги в почве после посева зафиксированы в диапазоне 21,1-34,9 мм. Наибольшее количество нитратного азота в почве для культуры после посева отмечается в первом эксперименте (1 вариант) 108,0 мг/кг и наименьшее (3 вариант) – 12,0 мг/кг. В других вариантах опытов содержание нитратного азота просматривается на уровне 32,0-78,0 мг/кг почвы. Максимальная целлюлозолитическая жизнедеятельность микроорганизмов в почве зафиксирована в первом опыте (1 вариант) 32,9% и минимальная (3 вариант) – 5,6%. В остальных вариантах эксперимента слабая целлюлозолитическая активность почвы находится в диапазоне 13,7-28,5%.

Таблица 1 – Почвенные условия периода вегетации в слое 0-30 см и урожайность твёрдой пшеницы многополья и бессменного посева в зависимости от варианта предшественника и комплексного минерального удобрения (2002-2023 гг.)

Table 1 – Soil conditions of the growing season in a layer of 0-30 cm and the yield of durum wheat of multi-field and permanent sowing, depending on the variant of the precursor and complex mineral fertilizer (2002-2023)

Изучаемые показатели / The studied indicators	Вариант предшественника твёрдой пшеницы / Variant of the durum wheat precursor					
	первый опыт с 2002 г. / first experience s 2002			второй опыт с 2013 г. / second experience s 2013		
	1	2	3	1	2	3
Температура почвы, °C / Soil temperature, °C	23,9	25,2	26,6	21,1	21,2	21,1
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,3	0,6	0,8	0,5	0,8	0,4
Продуктивная влага, мм / Productive moisture, mm	37,4	34,9	29,4	16,0	21,1	28,4
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	1,3	1,1	1,0	1,1	1,2	1,3
Нитратный азот, мг/кг / Nitrate nitrogen, mg/kg	108,0	32,0	12,0	33,0	75,0	78,0
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	4,4	2,6	1,8	2,7	3,5	3,7
Целлюлозолитическая активность поч- вы, % / Cellulolytic activity of the soil, %	32,9	19,4	5,6	13,7	26,8	28,5
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	1,6	1,2	0,2	1,1	1,3	1,4
Урожайность, т/га / Yield, t/ha	1,5	0,9	0,7	0,8	0,9	1,0
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,06	0,03	0,01	0,02	0,04	0,05

Во-первых, понижение урожайности твёрдой пшеницы по вариантам эксперимента связана с неблагоприятными (засушливыми) агрометеорологическими условиями периода вегетации. В первом опыте наиболее урожайной является твёрдая пшеница по чистому пару в многополье (1 вариант) 1,5 т/га и наименее – бессменный посев (3 вариант) 0,7 т/га. Выход зерновой продукции твёрдой пшеницы по сидеральному пару в севообороте (2 вариант) составляет 0,9 т/га. Во втором опыте выход зерна твёрдой пшеницы по чистому пару (1, 2, 3 вариант) находится в пределах 0,8-1,0 т/га.

Во-вторых, наименьший выход зерновой продукции в полевых опытах связан с повышенной температурой почвы, низкими запасами продуктивной влаги и нитратного азота после посева, слабой биологической активностью чернозёма, бессменным посевом и наибольшим уклоном склонового ландшафта.

В связи с этим для выявления влияния факторов проведена статистическая обработка данных при помощи аппарата множественной регрессии. В результате из агрометеорологических факторов выявлено наилучшее (положительное) влияние дождей за вегетационный период твёрдой пшеницы на повышение целлюлозолитической активности чернозёма в первом (1 вариант), во втором (3 вариант) опытах. Коэффициент корреляции и доля влияния составляет 0,69; 0,76 ед. и 40,2; 48,1%, соответственно (таблица 2). Температура воздуха оказывает положительное воздействие на биологическую активность чернозёма по всем вариантам опытов и составляет коэффициент корреляции 0,53-0,58 ед. и долю влияния – 27,8-34,2%.

Таблица 2 – Воздействие температуры, влажности и доступного нитратного азота на целлюлозолитическую жизнедеятельность микроорганизмов в почве в зависимости от варианта опыта (2002-2023 гг.)

Table 2 – The effect of temperature, humidity and available nitrate nitrogen on the cellulolytic activity of microorganisms in the soil, depending on the variant of the experiment (2002-2023)

Изучаемые факторы / The factors being studied	Вариант первого опыта / First experience option			Вариант второго опыта / Second experience option		
	1	2	3	1	2	3
Температура воздуха / Air temperature	$\frac{0,58}{34,2}$	$\frac{0,58}{32,7}$	$\frac{0,54}{28,8}$	$\frac{0,53}{27,8}$	$\frac{0,54}{28,1}$	$\frac{0,56}{30,6}$
Температура почвы / Soil temperature	$\frac{0,78}{54,2}$	$\frac{0,74}{49,4}$	$\frac{0,66}{39,9}$	$\frac{0,63}{33,2}$	$\frac{0,66}{37,8}$	$\frac{0,68}{39,8}$
Осадки в виде дождя / Precipitation in the form of rain	$\frac{0,69}{40,2}$	$\frac{0,64}{38,2}$	$\frac{0,61}{37,6}$	$\frac{0,67}{41,3}$	$\frac{0,71}{45,1}$	$\frac{0,76}{48,1}$
Продуктивная влага / Useful moisture	$\frac{0,73}{48,1}$	$\frac{0,53}{28,8}$	$\frac{0,52}{27,3}$	$\frac{0,63}{39,1}$	$\frac{0,65}{39,5}$	$\frac{0,69}{44,1}$
Нитратный азот / Available nitrogen	$\frac{0,87}{62,1}$	$\frac{0,63}{38,9}$	$\frac{0,53}{27,9}$	$\frac{0,76}{51,1}$	$\frac{0,78}{52,2}$	$\frac{0,81}{60,1}$

Примечание. Здесь и далее: * в числителе – коэффициент корреляции, в знаменателе – доля воздействия фактора / Here and further: in the numerator – correlation coefficient, in the denominator – share of factor impact.

В результате из почвенных факторов установлено значительное (положительное) воздействие содержания нитратного азота на целлюлозолитическую активность микроорганизмов в первом (1 вариант), во втором (3 вариант) опытах. Коэффициент корреляции и доля влияния составляет 0,87; 0,81 ед. и 62,1; 60,1%. Содержание продуктивной влаги положительно воздействует на целлюлозолитическую жизнедеятельность почвенной микрофлоры по всем вариантам опытов и составляет коэффициент корреляции 0,52-0,73 ед. и долю влияния – 27,3-48,1%. Аналогично температура почвы положительно влияет на целлюлозолитическую активность микроорганизмов и составляет долю воздействия 33,2-54,2% при коэффициенте корреляции 0,63-0,78.

Существенное положительное влияние оказывает содержание почвенного нитратного азота на урожайность твёрдой пшеницы по чистому пару в первом (1 вариант), во втором (3 вариант) опытах, и доля воздействия составляет 52,0-50,0% при коэффициенте корреляции 0,76-0,70 (таблица 3).

Положительное воздействие оказывают влажность (дождевые осадки и почвенная влага) и целлюлозолитическая активность (микрофлора) почвы на урожайность твёрдой пшеницы в многопольях и бессменном посеве, наблюдается особенно в первом (№ 1 опыт), в третьем (№ 2 опыт) вариантах, и доля влияния находится среди этих факторов в пределах 33,0-39,9 и 26,5-38,0% при коэффициенте корреляции 0,58-0,65 и 0,52-0,65.

Таблица 3 – Влияние почвенных условий на урожайность твёрдой пшеницы в зависимости от варианта эксперимента (2002-2023 гг.)

Table 3 – The influence of soil conditions on the yield of durum wheat depending on the experimental options (2002-2023)

Изучаемые факторы / The factors being studied	Вариант первого опыта / First experience option			Вариант второго опыта / Second experience option		
	1	2	3	1	2	3
Температура воздуха / Air temperature	<u>0,43</u> 18,9	<u>0,47</u> 22,6	<u>0,49</u> 24,1	<u>0,45</u> 20,5	<u>0,43</u> 18,0	<u>0,42</u> 17,9
Температура почвы / Soil temperature	<u>0,55</u> 29,8	<u>0,63</u> 39,3	<u>0,67</u> 44,1	<u>0,57</u> 33,1	<u>0,55</u> 29,9	<u>0,52</u> 27,9
Дождевые осадки / Rain precipitation	<u>0,65</u> 39,9	<u>0,58</u> 34,1	<u>0,57</u> 33,0	<u>0,58</u> 31,2	<u>0,60</u> 35,0	<u>0,65</u> 38,0
Продуктивная влага / Productive moisture	<u>0,62</u> 38,0	<u>0,42</u> 18,9	<u>0,41</u> 17,2	<u>0,52</u> 29,0	<u>0,54</u> 29,4	<u>0,58</u> 34,0
Нитратный азот / Nitrate nitrogen	<u>0,76</u> 52,0	<u>0,52</u> 28,8	<u>0,42</u> 17,8	<u>0,65</u> 41,0	<u>0,67</u> 42,1	<u>0,70</u> 50,0
Целлюлозолитическая активность микрофлоры / Cellulolytic activity of microflora	<u>0,58</u> 33,0	<u>0,50</u> 24,7	<u>0,45</u> 20,4	<u>0,47</u> 21,9	<u>0,49</u> 24,6	<u>0,52</u> 26,5

Температура воздуха и почвы отрицательно влияет на урожайность культуры по всем посевам, особенно в третьем (№ 1 опыт) 24,1-44,1% ($r=0,49-0,67$), в первом (№ 2 опыт) 20,5-33,1% ($r=0,45-0,57$) вариантах. Данная температура воздуха и почвы снижает урожайность за период роста и развития твёрдой пшеницы.

Повышение урожайности твёрдой пшеницы в экспериментах № 1 (1 вариант), № 2 (3 вариант) связано с наибольшим содержанием нитратного ($N-NO_3$) азота, влажности (осадки и влага), с биологической активностью (разложение целлюлозы) почвы, предшественником (чистый пар), нитроаммофосом и аммофосом (в дозах $N_{40}P_{40}$ и $N_{20}P_{20}$ кг/га действующего вещества) и с наименьшим уклоном ($0-0,5^\circ$ и $0-1^\circ$) склона.

Таким образом, впервые в исследованиях выявлено значительное (положительное) влияние содержания нитратного азота на биологическую активность почвы и урожайность твёрдой пшеницы по чистому пару в севооборотах в отличие от других подобных экспериментов в России.

В засушливых условиях Оренбургского Приуралья для выхода зерновой продукции на уровне 1,0-1,5 т/га рекомендуем возделывать твёрдую пшеницу по чистому пару в шестипольном и четырехпольном севооборотах с уклоном $0-0,5^\circ$ и $0-1^\circ$ склонового ландшафта после осеннего внесения нитроаммофоса и аммофоса под вспашку почвы.

Выводы. В результате научно-исследовательской работы выявлено, что из агрометеорологических факторов дождевые осадки за период вегетации (120,2; 101,8 мм) оказывают значительное влияние (40,2 и 39,9%; 48,1 и 38,0%) на повышение целлюлозолитической активности почвы и урожайности твёрдой пшеницы в первом (1 вариант), во втором (3 вариант) опытах в связи с наилучшим накоплением атмосферной влаги. Наблюдения показывают, что из почвенных факторов наибольшее содержание нитратного азота в почве (108,0; 78,0 мг/кг) улучшает питание и обеспечивает существенное воздействие (62,1 и 52,0 %; 60,1 и 50,0%) на увеличение целлюлозолитической жизнедеятельности почвенной микрофлоры и выхода зерновой продукции твёрдой пшеницы в первом (№ 1 опыт), в третьем (№ 2 опыт) вариантах. Положительное влияние (34,2 и 54,2%; 30,6 и 39,8%) температуры воздуха (18,6; 20,1 °C) и почвы (23,9; 21,1 °C) за вегетационный период сказывается на благоприятный цикл целлюлозолитической активности микроорганизмов под посевами твёрдой пшеницы в вариантах (1 и 3) опытов за счёт теплой среды. Температура, наоборот, показывает отрицательное воздействие на повышение выхода зерна твёрдой пшеницы, особенно в бессменном посеве и в севообороте с чистым паром на верхней части склона (уклон $0-3^\circ$) в связи с проявлением стресса культуры в засушливых условиях. Содержание продуктивной влаги в почве (37,4; 28,4 мм) под посевами (1 и 3 вариант) в опытах значительно влияет (48,1 и 38,0%; 44,1 и 34,0%) на увеличение биологической активности чернозёма и урожайности культурного растения по чистому пару в севооборотах. Повышение выхода зерновой продукции в опытных посевах (1 и 3 вариант) зависит также от положительного воздействия (33,0 и 26,5%) активности почвенных микроорганизмов за счёт

улучшения доступности нитратного азота. Лимитирующие (ограничивающие) факторы не существенно влияют на повышение биологической активности почвы и урожайности твёрдой пшеницы в остальных вариантах экспериментов.

Conclusions. As a result of the research work, it was revealed that of the agrometeorological factors, rainfall during the growing season (120.2; 101.8 mm) has a significant effect (40.2 and 39.9%; 48.1 and 38.0%) on increasing the cellulolytic activity of the soil and the yield of durum wheat in the first (option 1), in the second (option 3) experiments due to the best accumulation of atmospheric moisture. Observations show that of the soil factors, the highest content of nitrate (available) nitrogen in the soil (108.0; 78.0 mg/kg) improves nutrition and provides significant effects (62.1 and 52.0%; 60.1 and 50.0%) to increase the cellulolytic activity of the soil microflora and the yield of durum wheat grain products in the first (No. 1 experiment), in the third (No. 2 experiment) variants. The positive effect (34.2 and 54.2%; 30.6 and 39.8 %) of air temperature (18.6; 20.1 °C) and soil (23.9; 21.1 °C) during the growing season affects the favorable cycle of cellulolytic activity of microorganisms under durum wheat crops in variants (1 and 3) of experiments due to a warm environment. Temperature, on the contrary, shows a negative effect on increasing the yield of durum wheat grains in crop rotations, especially in permanent sowing and in crop rotation with pure steam on the upper part of the slope (slope 0-3°) due to the manifestation of crop stress in arid conditions. The content of useful moisture in the soil (37.4; 28.4 mm) under crops (option 1 and 3) in experiments significantly provides nutrition and affects (48.1 and 38.0%; 44.1 and 34.0%) an increase in the biological activity of chernozem and the yield of a cultivated plant by pure steam in crop rotations. An increase in the yield of grain products in experimental crops (option 1 and 3) also depends on the positive effect (33.0 and 26.5%) of the activity of soil microorganisms by improving the availability of nitrate nitrogen. Limiting factors do not significantly affect the increase in the biological activity of the soil and the yield of durum wheat in other experimental variants.

Библиографический список

1. Крючков А. Г., Максютлов Н. А. Погодные факторы и роль предшественников в повышении урожайности яровой твёрдой пшеницы. *Аграрная наука*. 2015. № 11. С. 7-11.
2. Крючков А. Г. Эволюция основных погодных факторов и урожайности яровой твёрдой пшеницы. *Аграрная наука*. 2016. № 3. С. 8-11.
3. Максютлов Н. А., Зоров А. А. Засуха в Оренбуржье: причины и прогнозы. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2016. № 6 (62). С. 11-13.
4. Скороходов В. Ю. Совершенствование технологии возделывания яровой твёрдой пшеницы в степной зоне Южного Урала. *Аграрный научный журнал*. 2021. № 7. С. 49-53.
5. Тихонов В. Е. Погода и урожай в Оренбургском Приуралье. Оренбург, 2009. 232 с.
6. Alahmad S., Kang Y., Dinglasan E., Mazzucotelli E., Voss-Fels K. P., Able J. A., Christopher J., Bassi F. M., Hickey L. T. Adaptive Traits to Improve Durum Wheat Yield in Drought and Crown Rot Environments. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020. V. 21 No 15. P. 5260.
7. Yousfi E. I., Yousfi E. I. Assessment of severity and tolerance of a Moroccan collection of durum wheat to root rot disease. *Revue Marocaine de Protection des Plantes*. 2014. V. 5. Pp. 17-30.
8. Крючков А. Г., Елисеев В. И. Закономерности поступления и расхода влаги яровой твёрдой пшеницей в засушливой степи Оренбургского Предуралья. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2016. № 4 (192). С. 72-78.
9. Бесалиев И. Н., Крючков А. Г. Обеспеченность растений яровой твёрдой пшеницы азотом в зависимости от условий агротехники и её урожайность. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2016. № 5 (61). С. 27-30.
10. Mitrofanov D. V., Galaktionova L. V., Tkacheva T. A. Response of cellulose-decomposing activity of microorganisms and nutrients to long-term cultivation of durum wheat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. V. 839. P. 042006.
11. Долгополова Н. В., Павлов А. А. Биологическая активность и плотность почвы при возделывании яровой твёрдой пшеницы. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2012. № 4. С. 31-33.
12. Скороходов В. Ю. Биологическая активность почвы как фактор влияния на урожайность пшеницы твёрдой в монокультуре и севооборотах степной зоны Южного Урала. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2022. № 3 (67). С. 195-202.
13. Скороходов В. Ю., Кафтан Ю. В., Митрофанов Д. В., Максютлов Н. А. Влияние биологических факторов на продуктивность твёрдой пшеницы в условиях степной зоны Южного Урала. *Животноводство и кормопроизводство*. 2023. Т. 106. № 3. С. 239-249.
14. Campanella V., Mandala C., Angileri V., Miceli C. Management of common root rot and Fusarium foot rot of wheat using *Brassica carinata* break crop green manure. *Crop Protection*. 2020. V. 130. P. 105073.
15. Ayadi S., Jallouli S., Landi S., et al. Nitrogen assimilation under different nitrate nutrition in Tunisian durum wheat landraces and improved genotypes. *Plant Biosystems*. 2020. V. 154. Pp. 924-934.

References

1. Kryuchkov A. G., Maksyutov N. A. Weather factors and the role of predecessors in increasing the yield of spring durum wheat. *Agrarian Science*. 2015. No 11. Pp. 7-11.

2. Kryuchkov A. G. The evolution of the main weather factors and crop yields of spring durum wheat. *Agrarian Science*. 2016. No 3. Pp. 8-11.
3. Maksyutov N. A., Zorov A. A. Drought in Orenburg region: causes and forecasts. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2016. No 6 (62). Pp. 11-13.
4. Skorokhodov V. Yu. Improvement of cultivation technology of spring did wheat in the steppe zone of the Southern Urals. *Agrarian Scientific Journal*. 2021. No 7. Pp. 49-53.
5. Tikhonov V. E. Weather and harvest in the Orenburg Cis-Urals. Orenburg, 2009. 232 p.
6. Alahmad S., Kang Y., Dinglasan E., Mazzucotelli E., Voss-Fels K. P., Able J. A., Christopher J., Bassi F. M., Hickey L. T. Adaptive Traits to Improve Durum Wheat Yield in Drought and Crown Rot Environments. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020. V. 21 No 15. P. 5260.
7. Yousfi E. I., Yousfi E. I. Assessment of severity and tolerance of a Moroccan collection of durum wheat to root rot disease *Revue. Marocaine de Protection des Plantes*. 2014. V. 5. Pp. 17-30.
8. Kryuchkov A. G., Eliseev V. I. Patterns of moisture supply and consumption by spring durum wheat in the arid steppe of the Orenburg Cis-Urals. *Bulletin of the Orenburg State University*. 2016. No 4 (192). Pp. 72-78.
9. Besaliev I. N., Kryuchkov A. G. Nitrogen supply of spring durum wheat plants depending on the conditions of agrotechnics and its yield. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2016. No 5 (61). Pp. 27-30.
10. Mitrofanov D. V., Galaktionova L. V., Tkacheva T. A. Response of cellulose-decomposing activity of microorganisms and nutrients to long-term cultivation of durum wheat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. V. 839. P. 042006.
11. Dolgoplova N. V., Pavlov A. A. Biological activity and soil density during the cultivation of spring durum wheat. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2012. No 4. Pp. 31-33.
12. Skorokhodov V. Yu. Biological activity of soil as a factor influencing the yield of durum wheat in monoculture and crop rotations of the steppe zone of the Southern Urals. *Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: Science and higher vocational education*. 2022. No. 3 (67). Pp. 195-202.
13. Skorokhodov V. Yu., Kaftan Yu. V., Mitrofanov D. V., Maksyutov N. A., The influence of biological factors on the productivity of durum wheat in the conditions of the steppe zone of the Southern Urals. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023. V. 106. No. 3. Pp. 239-249.
14. Campanella V., Mandala C., Angileri V., Miceli C. Management of common root rot and Fusarium foot rot of wheat using *Brassica carinata* break crop green manure. *Crop Protection*. 2020. V. 130. P. 105073.
15. Ayadi S., Jallouli S., Landi S., et al. Nitrogen assimilation under different nitrate nutrition in Tunisian durum wheat landraces and improved genotypes. *Plant Biosystems*. 2020. V. 154. Pp. 924-934.

Информация об авторах

Митрофанов Дмитрий Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29), ORCID: 0000-0002-7172-6904, e-mail: dvm.80@mail.ru

Author's Information

Mitrofanov Dmitry Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Agriculture and Resource-saving Technologies, Federal State Budget Scientific Institution "Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 460000, Orenburg, 9 January str., 29), ORCID: 0000-0002-7172-6904, e-mail: dvm.80@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-11

EFFECT OF ULTRAFINE ZINC PARTICLES ON PHOTOSYNTHESIS, MORPHOMETRIC PARAMETERS AND VIABILITY OF ROOT CELLS OF RAPHANUS SATIVUS L. UNDER SOIL SALINIZATION

Yuldasheva I. Z.

*Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences
Orenburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: gubaidullinae@mail.ru

Received 05.07.2024

Submitted 12.09.2024

The research was carried out within the framework of the research project "Development of scientifically based parameters of productivity of agroecosystems with improved quality indicators of crop production based on adaptive technologies for cultivating cereal grains and forage crops, the use of new technological methods, improving the types of crop rotations, using methods of long-term yield forecasting for farms in the steppe zone with various levels of intensification and specialization in conditions of a changing climate and increasing anthropogenic impact." Topic № FNWZ 2022-0014

Summary

The study was aimed at studying the complex of responses of the radish plant (*Raphanus sativus* L.) when applying solutions of ultrafine zinc particles with a concentration of 50 mg/kg, 100 mg/kg, 200 mg/kg and 400 mg/kg. Ultrafine zinc particles with a concentration of 50 and 100 mg / kg are more effective in improv-

ing photosynthesis and growth in radish. Our research results can be used in both practical and scientific terms, and also confirm the need for further study of the effectiveness of using different concentrations of ultrafine zinc particles.

Abstract

Introduction. The use of ultrafine particles in agricultural practices has attracted considerable interest due to its promising potential. Its nano-sized particles have an increased ability to penetrate plant cells, potentially causing biochemical and physiological reactions that increase resistance to stress. **Object.** Radish (*Raphanus sativus* L.) is a pink-red variety with a white tip. **Materials and methods.** The research was carried out in the Department of Grain and Forage Crops Technology of the Federal State Budgetary Institution FSSI «FRC BST RAS». The influence of ultrafine zinc particles (UDP Zn) on the growth and physiology of radish under soil salinity conditions is assessed. UDP Zn solutions with concentrations of 50 mg/kg, 100 mg/kg, 200 mg/kg and 400 mg/kg were used. A suspension of Zn UDP was prepared by dissolving a certain sample in distilled water and treated in an ultrasonic bath. Seeds were germinated in plastic containers with soil. After two weeks of germination, the plants were removed, the roots were washed with water, and tests were carried out. The model experiment was carried out in 3 replicates. **Results and conclusions.** The study established that with soil salinization, there is a stable tendency to increase the length of sprouts in all experimental variants. The results obtained showed that the values of the viability of *Raphanus sativus* root cells in all experimental samples were at least 90%. Also, an increase in the content of chlorophyll a and b in the leaves of *Raphanus sativus* and a decrease in the proportion of carotenoids were noted. An increase in the content of chlorophyll a and b in the leaves of *Raphanus sativus* and a decrease in the proportion of carotenoids were noted. The results confirmed the effects of UDP Zn on the growth and physiology of *Raphanus sativus* plants. Zn UDP concentrations of 50 and 100 mg/kg are more effective in improving photosynthesis and growth in plants under salt stress. Thus, our study showed that Zn UDP are effective and have beneficial effects in promoting growth and reducing the adverse effects of salinity in radish plants.

The interaction between ultrafine particles and plant cells is still not well understood, and research related to this topic is of scientific and practical importance.

Keywords: ultrafine particles, radishes, radish varieties, soil salinity, plant abiotic stresses.

Citation. Yuldasheva I. Z. Effect of ultrafine zinc particles on photosynthesis, morphometric parameters and viability of root cells of *Raphanus Sativus* L. under soil salinization. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 102-110 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-11.

Author's contribution. The author of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper.

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

УДК 631.524.5

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ЦИНКА НА ФОТОСИНТЕЗ, МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ КЛЕТОК КОРНЕЙ RAPHANUS SATIVUS L. В УСЛОВИЯХ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ

Юлдашева И. З., кандидат биологических наук, научный сотрудник

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

Исследования проведены в рамках тематики НИР «Разработка научно-обоснованных параметров продуктивности агроценозов с улучшенными показателями качества продукции растениеводства на основе адаптивных технологий возделывания зерновых колосовых и кормовых культур, применения новых технологических приемов, совершенствования видов севооборотов, использования методов долгосрочного прогнозирования урожайности для хозяйств степной зоны с различным уровнем интенсификации и специализации в условиях изменяющегося климата и нарастающего антропогенного воздействия». Тема № FNWZ 2022-0014

Актуальность. Использование ультрадисперсных частиц в сельскохозяйственной практике вызывает значительный интерес благодаря его многообещающему потенциалу. Его наноразмерные частицы обладают повышенной способностью проникать в клетки растений, потенциально вызывая биохимические и физиологические реакции, которые повышают устойчивость к стрессу. **Объект.** Редис (*Raphanus sativus* L.) – сорт розово-красный с белым кончиком. **Материалы и методы.** Исследования были проведены в отделе технологии зерновых и кормовых культур ФГБНУ «ФНЦ БСТ РАН». Оценивается влияние ультрадисперсных частиц цинка (УДЧ Zn) на рост и физиологию редиса в условиях засоления почв. Использованы растворы УДЧ Zn с концентрацией 50 мг/кг, 100 мг/кг, 200 мг/кг и 400 мг/кг. Суспензию УДЧ Zn готовили, растворяя определенную навеску в дистиллиро-

ванной воде и обрабатывали в ультразвуковой ванне. Семена проращивали в пластиковых контейнерах с почвой. После двух недель проращивания растения удаляли, корни промывали водой и проводили анализы. Модельный эксперимент поставлен в 3-х кратных повторностях. **Результаты и выводы.** В ходе исследования установлено, что при засолении почв, возникает устойчивая тенденция к увеличению длины проростков во всех вариантах опыта. Полученные результаты показали, что значения жизнеспособности клеток корней *Raphanus sativus* во всех опытных образцах были не менее 90%. Также отмечено увеличение содержания хлорофилла *a* и *b* в листьях *Raphanus sativus* и снижение доли каротиноидов. Результаты подтвердили воздействие УДЧ Zn на рост и физиологию растений *Raphanus sativus*. УДЧ Zn с концентрацией 50 и 100 мг/кг более эффективна в улучшении фотосинтеза и роста у растений, испытывающих солевой стресс. Таким образом, наше исследование показало, что УДЧ Zn являются эффективными и оказывают благотворное влияние в стимулировании роста и снижении неблагоприятных последствий засоления растений редиса.

Взаимодействие между ультрадисперсными частицами и растительными клетками до сих пор недостаточно изучено, и исследования, связанные с этой темой, имеют научное и практическое значение.

Ключевые слова: ультрадисперсные частицы, редис, сорта редиса, засоление почв, абиотические стрессы растений.

Цитирование. Юлдашева И. З. Влияние ультрадисперсных частиц цинка на фотосинтез, морфометрические показатели и жизнеспособность клеток корней *Raphanus Sativus* L. в условиях засоления почв. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 102-110. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-11.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Засоление почвы является одним из основных абиотических стрессов, которые угрожают глобальной продовольственной безопасности, влияя на сельскохозяйственное производство, особенно в засушливых и полувасушливых регионах мира [6]. Согласно текущему отчету продовольственной и сельскохозяйственной организации более 833 миллионов гектаров почвы и 10% пахотных земель во всем мире страдают от солевого стресса [2]. Засоление почвы происходит, когда в земле задерживается избыток растворимых солей. Это происходит либо естественным путем из-за выветривания засоленных пород, нехватки осадков, притока соленой воды из морей и океанов, либо из-за антропогенной деятельности, такой как плохая практика орошения, чрезмерное использование удобрений, интенсивные посевные работы, вырубка лесов [13]. Усиление засоления почвы провоцирует множество побочных реакций у растений за счет образования повышенного уровня токсичных радикалов, которые вызывают окислительное повреждение клеточных биомолекул. Избыточное производство токсичных радикалов снижает эффективность фотосинтеза, устьичную проводимость и общую скорость фотосинтеза, а также вызывает хлороз и раннее старение листьев у растений. Таким образом, засоленный стресс своим негативным влиянием на метаболизм и физиологию растений ограничивает их рост и урожайность [12]. Чтобы преодолеть стресс, вызванный засолением, растения адаптировали различные морфологические, физиологические и молекулярные стратегии защиты [8].

В последние десятилетия повышенное внимание было сосредоточено на использовании УДЧ для стимулирования роста и продуктивности растений в засоленной среде [9]. Среди различных УДЧ значительное внимание получили УДЧ Zn из-за их разнообразного применения в сельском хозяйстве, например в качестве наноудобрений, нанопестицидов, наносенсоров, наноцеолитов и в качестве антиоксиданта для улучшения защиты сельскохозяйственных культур [11]. Zn является важным микроэлементом, который в оптимальной концентрации способствует росту и развитию растений, регулируя различные биохимические и физиологические процессы. Zn участвует в делении клеток, расширении клеток, синтезе хлорофилла, синтезе белка, метаболизме нуклеиновых кислот, синтезе ауксина и метаболизме углеводов [3]. Способность Zn приобретать или терять электроны позволяет выступать в качестве кофактора для нескольких ферментов, которые регулируют важные биохимические реакции в растениях. УДЧ Zn в качестве наноудобрений обладают значи-

тельным потенциалом для улучшения роста растений и устойчивости к стрессам окружающей среды [10]. УДЧ Zn из-за их высокой проводимости, нетоксичности, легкой доступности, экологичности, экономичности и инертности были предпочтительнее других форм УДЧ [4].

Raphanus sativus L., представитель семейства *Brassicaceae*, является экономически важной овощной культурой, широко выращиваемой во всем мире. Это одно из ключевых растений в семеноводстве и богатый источник крахмала, каротиноидов, глюкозы и других питательных веществ. Короткий жизненный цикл, простота выращивания, быстрое созревание и способность адаптироваться к изменяющейся среде делают его отличным экспериментальным растением [14]. До сих пор нет подобных сообщений о влиянии УДЧ на рост и физиологию редиса в условиях засоления почв.

Цель исследований – оценить влияние УДЧ Zn на фотосинтетическую активность и физиологию растений редиса, растущих в условиях солевого стресса.

Материалы и методы. Объектами работы послужили почвы – черноземы южные. Почвенные образцы отбирались в 20 км от города Оренбург в южном направлении. Также семена тест-культур редиса – сорт розово-красный с белым кончиком. В качестве контрольного образца брали почву не загрязненную УДЧ и засолением.

Суспензию УДЧ Zn готовили, растворяя определенную навеску в дистиллированной воде и обрабатывали в ультразвуковой ванне в течение 30 минут. Использовали растворы УДЧ Zn с концентрацией 50 мг/кг, 100 мг/кг, 200 мг/кг и 400 мг/кг.

Концентрации были выбраны с учетом ранее проведенного эксперимента [1]. Для модельного опыта в каждый контейнер вносили 500 г почвы и увлажняли 150 мл дистиллированной водой до влажности 25%. Растворы солей готовили путём смешивания соли деионизированной водой в концентрации NaCl – 1,0 г/л. Далее вносили УДЧ Zn в форме суспензии. Контролем считали растения редиса без обработки и соли. Семена *Raphanus sativus* L. поверхностно стерилизовали 1% раствором KMnO_4 (перманганата калия) в течение 20 мин. и тщательно промывали 5-6 раз дистиллированной водой. После этого стерилизованные семена проращивали в пластиковых контейнерах. В каждый контейнер высаживали по 20 семян. Подготовленные таким образом опытные и контрольные пробы для модельного эксперимента оставляли в климатической камере Pol-eko KK 1200 TOP+ (Pol-Eko-Aparatura, Польша) при 16-часовом световом дне, 23/19 °C дневной/ночной температуре, относительной влажности воздуха ~50%.

После двух недель проращивания растения удаляли, корни промывали водой и проводили анализы. Были измерены морфометрические показатели. Опыты поставлены в 3-х кратных повторностях. Полученные результаты были подвергнуты стандартной статистической обработке.

Анализ синего Эванса (жизнеспособность клеток) определяют по модифицированному методу Кастро-Кончи с соавторами и Бейкера и Мока. Отрезают корень растений и отмывают дистиллированной водой. Для того чтобы провести тест анализ: приготовленные клеточные суспензии в количестве 100 мкл смешивают с 10 мкл 0,025% раствора Эванса синего («Sigma», США) в цилиндре с корнями и инкубируют их в течение 15 минут при комнатной температуре. Отмывают образцы от избыточного и несвязанного красителя дистиллированной водой и взвешивают навеску корней, помещают в фарфоровую ступку и растирают. Добавляют 1 мл 1% раствора додецилсульфата натрия, выдерживают в термостате при 60 °C в течении 30 мин.

Выделение пигментов и расчет их содержания проводили по методике Н. Д. Смашевского. Содержание хлорофилла и каротиноидов определяли на вес сырой зеленой массы. Для проведения эксперимента использовали электронные весы с точностью до 0,05 г и фотоколориметр КФК-3-01-«ЗОМЗ» с кюветами 1,040 мм.

Данные, представленные на графиках, представляют собой средние значения трех биологических повторов ($n=3$) $\pm$ стандартная ошибка. Статистическая обработка проводилась с использованием программ «Excel» из программного пакета «Office XP», «Statistica 10.0». Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на $P \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение. УДЧ представляют большой интерес и в настоящее время широко используются во всем мире. Zn, будучи важным микроэлементом, имеет первостепенное значение в регулировании многочисленных физиологических процессов и механизмов растений, таких как синтез хлорофилла, развитие хлоропластов и управление защитной клеточной мембраной стабильность и структура [15].

В засушливых и полувзасушливых почвах засоленность является часто преобладающей проблемой, вызывающей дефицит Zn, что приводит к замедлению роста растений и снижению урожайности [7]. Изучение воздействия УДЧ Zn на морфометрические показатели тест-объектов показало, что Zn в изучаемых концентрациях угнетает образование листьев у редиса во всех вариантах опыта, по сравнению с контролем (таблица 1).

На длину проростков УДЧ Zn оказывает положительное влияние. Это отмечено во всех вариантах опыта. Масса листьев увеличивалась при добавлении УДЧ Zn 100, что совпадает с увеличением массы корней *Raphanus sativus*.

Таблица 1 – Воздействие УДЧ Zn на морфометрические показатели *Raphanus sativus*
Table 1 – Impact of UDP Zn on morphometric parameters of *Raphanus sativus*

<i>Raphanus sativus</i>	Количество корней (шт) / Number of roots (pcs)	Количество листьев (шт) / Number of leaves (pcs)	Длина проростков (мм) / Seedling length (mm)	Масса листьев (г) / Leaf weight (g)	Масса корней (г) / Root weight (g)
Контроль / Control	1	4,80 ±0,12	145,40 ±4,20	0,052 ±0,03	0,055 ±0,08
Zn ₅₀	1	5,40 ±0,36	152,10 ±8,40	0,130 ±0,09*	0,120 ±0,11
Zn ₁₀₀	1	5,90 ±0,24*	155,00 ±8,60	0,191 ±0,12	0,171 ±0,14*
Zn ₂₀₀	1	5,70 ±0,08	150,20 ±6,00*	0,120 ±0,09*	0,110 ±0,10
Zn ₄₀₀	1	5,10 ±0,05*	146,00 ±7,10*	0,090 ±0,07	0,084 ±0,06

Примечание: * различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$.

Note: * differences with the control are significant at $p \leq 0,05$.

Измерение жизнеспособности клеток играет основополагающую роль во всех формах клеточной культуры. Краситель Эванс синий не способен проникать в живые клетки, он является надёжным красителем для определения мёртвых клеток. Добавление УДЧ Zn в почву характеризовало, что во всех опытных группах значения жизнеспособности клеток не были ниже 90%. Таким образом, подобранные концентрации УДЧ Zn не оказывали токсического воздействия на жизнеспособность корней *Raphanus sativus* (таблица 2, рисунок 1).

Таблица 2 – Анализ жизнеспособности корней *Raphanus sativus*
Table 2 – Analysis of root viability of *Raphanus sativus*

<i>Raphanus sativus</i>	Жизнеспособность в тесте с Эвансом синий / Viability in the test with Evans blue
Контроль / Control	95±2
Zn ₅₀	96±1
Zn ₁₀₀	97±4
Zn ₂₀₀	95±2
Zn ₄₀₀	93±3

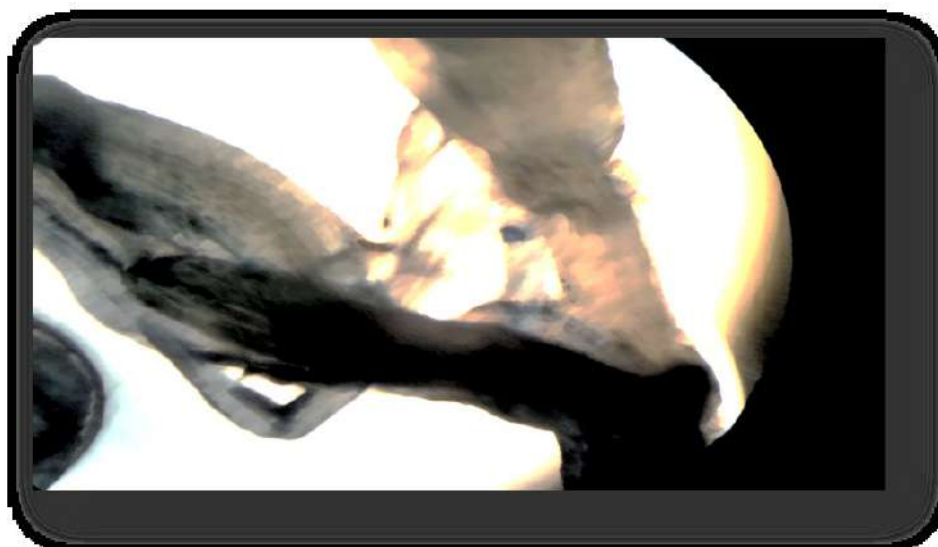


Рисунок 1 – Корни *Raphanus sativus*, окрашенные красителем Эванс синий
Figure 1 – *Raphanus sativus* roots stained with Evans Blue

Фотосинтетические пигменты являются неотъемлемой и жизненно важной частью всех фотосинтетических механизмов и присутствуют в различных типах и количествах во всем фотосинтетическом аппарате. Полученные результаты показали, что хлорофилл *a* преобладает в составе пигментного аппарата редиса, по сравнению с содержанием хлорофилла *b* (рисунок 2).

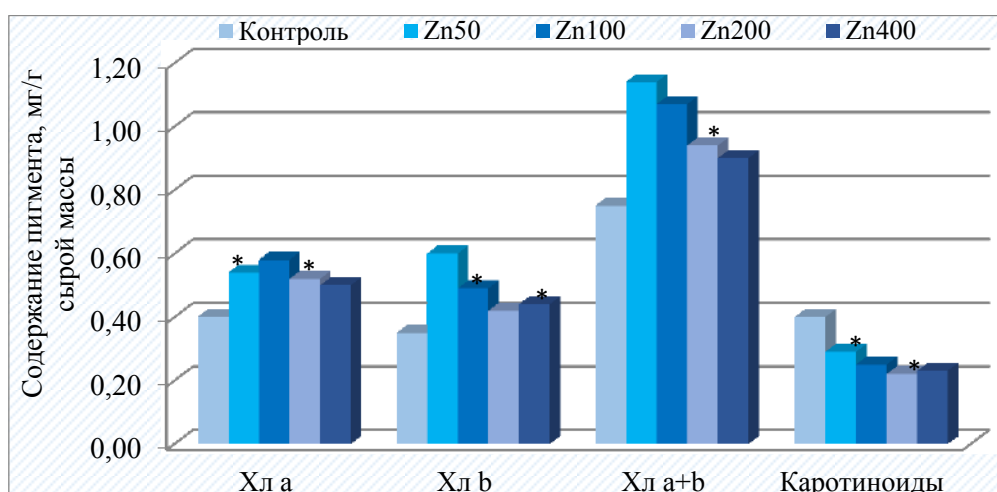


Рисунок 2 – Содержание фотосинтетических пигментов в листьях *Raphanus sativus*
Figure 2 – Content of photosynthetic pigments in leaves of *Raphanus sativus*

Примечание: * различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$.

Note: * differences with the control are significant at $p \leq 0.05$.

Хлорофилл играет жизненно важную роль в сборе света, поглощая свет разной длины волны. Роль хлорофилла *a* более эффективна в фотохимических процессах, а роль хлорофилла *b* сводится к передаче захваченной энергии на хлорофилл *a*. Изучение влияния УДЧ Zn показало, что максимальное содержание хлорофилла *a* и *b* в листьях *Raphanus sativus* наблюдались при дозах 100 и 50 мг/кг.

Каротиноиды действуют как вспомогательные светособирающие пигменты в процессе фотосинтеза. Они поглощают свет, стимулируя фотосинтез, а также защищают фотосинтетический механизм от повреждений из-за высокой интенсивности света. В ходе исследования отмечено уменьшение содержания каротиноидов на 45,0% при концентрации

УДЧ Zn 200 мг/кг, по сравнению с контрольным вариантом. Таким образом, отмечается устойчивая тенденция к снижению содержания каротиноидов, выполняющих как фотосинтетическую, так и антиоксидантную функции в листьях, что свидетельствует о деструктивном влиянии УДЧ Zn на защитную роль пигментов в процессе фотосинтеза [5].

Засоление почвы, определяемое как высокая концентрация растворимых солей в почве, является одной из крупнейших глобальных проблем, которая серьезно влияет на продуктивность сельского хозяйства и экологическую устойчивость.

Закключение. На основании настоящего исследования сделан вывод, что при солевом стрессе наблюдается устойчивая тенденция к увеличению морфометрических показателей во всех вариантах опыта. Окрашивание синим Эвансом использовалось в течение многих лет в исследованиях растений и для различения живых и мертвых клеток. Полученные данные свидетельствуют о том, что при оценке значения жизнеспособности корней растений во всех опытных образцах были не менее 90% жизнеспособности *Raphanus sativus*. Применяемые нами концентрации УДЧ Zn не оказывают токсического воздействия на жизнеспособность корней *Raphanus sativus*. УДЧ Zn в концентрации 200 и 400 мг/кг. Внесение УДЧ вызвало увеличение содержания хлорофилла *a* и *b* в листьях *Raphanus sativus* и снижение доли каротиноидов в составе пигментного комплекса.

Применение УДЧ Zn может действовать как метод снятия стресса, вызванного засолением, стимулируя реакцию растений на необходимые наночастицы, что, следовательно, повышает их рост. Предполагается, что эта статья может способствовать дальнейшей исследовательской работе по применению УДЧ в отношении предотвращения солевого стресса у растений. Между тем также будут оценены дальнейшие решения и предложения по регулированию оптимистических норм внесения, чтобы избежать токсичности УДЧ и повысить производительность на полеводческом уровне.

Таким образом, текущие результаты показывают, что УДЧ Zn являются эффективными в условиях засоления и могут использоваться в качестве предпочтительного наночастицы. Использование УДЧ Zn может стать многообещающим подходом для усиления планов по противостоянию стрессу, вызванному засолением, и помочь выращивать сельскохозяйственные культуры на засоленных почвах. Однако имеется мало информации о воздействии УДЧ Zn на растения при засолении почв, поэтому необходимо провести обширные модельные и полевые исследования других растений, чтобы в дальнейшем рекомендовать их роль в устойчивом сельском хозяйстве.

Conclusions. Based on the present study, it is concluded that under salt stress, there is a stable tendency for the morphometric indices to increase in all experimental variants. Evans blue staining has been used for many years in plant research and to distinguish between living and dead cells. The data obtained indicate that when assessing the value of plant root viability, all experimental samples showed at least 90% viability of *Raphanus sativus*. The applied concentrations of Zn UDP did not have a toxic effect on the viability of the roots of *Raphanus sativus*. The addition of UDP caused an increase in the content of chlorophyll *a* and *b* in the leaves of *Raphanus sativus* and a decrease in the proportion of carotenoids in the pigment complex.

Application of Zn UDP can act as a method of relieving salinity stress by stimulating plant response to the required nanoforms, which consequently enhances plant growth. It is envisaged that this article may contribute to further research work on the applications of UDP in the prevention of salt stress in plants. Meanwhile, further solutions and proposals for regulating optimistic application rates will also be evaluated to avoid UDP toxicity and improve productivity at the field level.

Thus, the current results indicate that Zn UDPs are effective under salinity conditions and can be used as a preferred nanofertilizer. The use of Zn UDP may be a promising approach to enhance plans to counter salinity stress and help grow crops in saline soils. However, there is little information on the effects of UDP Zn on plants under soil salinity, and extensive model and field studies on other plants are needed to further recommend their role in sustainable agriculture.

Библиографический список

1. Галактионова Л. В., Губайдуллина И. З., Лебедев С. В., Гавриш И. А. Воздействие наночастиц цинка на морфометрические показатели и пигментный аппарат *Raphanus sativus* L., *Lepidium sativum* L. и *Avena sativa* L. Известия ОГАУ. 2017. № 2. С. 203-205.
2. Awaad H. Introduction to «Salinity Resilience and Sustainable Crop Production Under Climate Change». Springer Link. 2023. Pp. 3-25.
3. Hafeez B., Khanif Y., Saleem M. Role of zinc in plant nutrition-a review. American journal of Experimental Agriculture. 2023. № 50 (1). Pp. 374-391.
4. Jabri H., Saleem M., Rizwan M., Hussain I., Usman K., Alsafran M. Zinc oxide nanoparticles and their biosynthesis. Overview Life. 2022. № 12 (4). 594 p.

5. Kumar A., Singh I.K., Mishra R., Singh A., Ramawat N., Singh A. The Role of Zinc Oxide Nanoparticles in Plants: A Critical Appraisal. Springer Link. 2021. Pp. 249-267.
6. Kumar P., Choudhary M., Halder T., Prakash N. R., Singh V., Sheoran V. T., Longmei N., Rakshit S. Salinity stress tolerance and omics approaches. Revisiting the progress and achievements in major cereal crops. *Heredity*. 2022. № 128(6). Pp. 497-518.
7. Ma L., Liu X., Lv W., Yang Y. Molecular mechanisms of plant responses to salt stress. *Frontiers in Plant Science*. 2022. № 13. Article 934877.
8. Mahawar L., Shekhawat G. Salt induces oxidative stress and its tolerance mechanism in plant: morphological, biochemical and molecular perspective. *International Journal of Biological Sciences*. 2016. № 6 (2). Pp. 81-88.
9. Mahawar L., Ramasamy K., Suhel M., Prasad S., Živčák M., Brestic M., Rastogi A., Skalicky M. Silicon nanoparticles: Comprehensive review on biogenic synthesis and applications in agriculture. *Environmental Research*. 2023. № 232. Article 116292.
10. Naseer I., Javad S., Iqbal S., Shah A.A., Alwutayd K., AbdElgawad H. Deciphering the role of zinc oxide nanoparticles on physiochemical attributes of Zea mays exposed to saline conditions through modulation in antioxidant enzyme defensive system. *South African Journal of Botany*. 2023. № 160. Pp. 469-482.
11. Priyanka N., Geetha N., Ghorbanpour M., Venkatachalam P. Role of engineered zinc and copper oxide nanoparticles in promoting plant growth and yield: present status and future prospects. *Advances in Phytanotechnology*. 2019. Pp. 183-201.
12. Sabagh El., Hossain A., Barutcular A., Iqbal C., Islam M., Fahad M. Consequences of salinity stress on the quality of crops and its mitigation strategies for sustainable crop production: an outlook of arid and semi-arid regions. *Environment Climate Plant Vegetation Growth*. 2020. Pp. 503-533.
13. Singh A. An overview of drainage and salinization problems of irrigated lands. *Irrigation and Drainage*. 2019. № 68 (3). Pp. 551-555.
14. Singh B. Radish (*Raphanus sativus* L.): Breeding for higher yield, better quality and wider adaptability. Springer Link. 2021. Pp. 279-304.
15. Zulfikar F., Ashraf M. Nanoparticles potentially mediate salt stress tolerance in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021. № 160. Pp. 257-268.

References

1. Galaktionova L. V., Gubaidullina I. Z., Lebedev S. V., Gavrish I. A. Impact of zinc nanoparticles on morphometric parameters and pigment apparatus of *Raphanus sativus* L., *Lepidium sativum* L. and *Avena sativa* L. *Izvestia OGAU*. 2017. No 2. Pp. 203-205.
2. Awaad H. Introduction to «Salinity Resilience and Sustainable Crop Production Under Climate Change». Springer Link. 2023. Pp. 3-25.
3. Hafeez B., Khanif Y., Saleem M. Role of zinc in plant nutrition-a review. *American journal of Experimental Agriculture*. 2023. № 50(1). Pp. 374-391.
4. Jabri H., Saleem M., Rizwan M., Hussain I., Usman K., Alsafran M. Zinc oxide nanoparticles and their biosynthesis. *Overview Life*. 2022. № 12 (4). 594 p.
5. Kumar A., Singh I.K., Mishra R., Singh A., Ramawat N., Singh A. The Role of Zinc Oxide Nanoparticles in Plants: A Critical Appraisal. Springer Link. 2021. Pp. 249-267.
6. Kumar P., Choudhary M., Halder T., Prakash N.R., Singh V., Sheoran V. T., Longmei N., Rakshit S. Salinity stress tolerance and omics approaches. Revisiting the progress and achievements in major cereal crops. *Heredity*. 2022. № 128 (6). Pp. 497-518.
7. Ma L., Liu X., Lv W., Yang Y. Molecular mechanisms of plant responses to salt stress. *Frontiers in Plant Science*. 2022. № 13. Article 934877.
8. Mahawar L., Shekhawat G. Salt induces oxidative stress and its tolerance mechanism in plant: morphological, biochemical and molecular perspective. *International Journal of Biological Sciences*. 2016. № 6 (2). Pp. 81-88.
9. Mahawar L., Ramasamy K., Suhel M., Prasad S., Živčák M., Brestic M., Rastogi A., Skalicky M. Silicon nanoparticles: Comprehensive review on biogenic synthesis and applications in agriculture. *Environmental Research*. 2023. № 232. Article 116292.
10. Naseer I., Javad S., Iqbal S., Shah A. A., Alwutayd K., AbdElgawad H. Deciphering the role of zinc oxide nanoparticles on physiochemical attributes of Zea mays exposed to saline conditions through modulation in antioxidant enzyme defensive system. *South African Journal of Botany*. 2023. № 160. Pp. 469-482.
11. Priyanka N., Geetha N., Ghorbanpour M., Venkatachalam P. Role of engineered zinc and copper oxide nanoparticles in promoting plant growth and yield: present status and future prospects. *Advances in Phytanotechnology*. 2019. Pp. 183-201.
12. Sabagh El., Hossain A., Barutcular A., Iqbal C., Islam M., Fahad M. Consequences of salinity stress on the quality of crops and its mitigation strategies for sustainable crop production: an outlook of arid and semi-arid regions. *Environment Climate Plant Vegetation Growth*. 2020. Pp. 503-533.
13. Singh A. An overview of drainage and salinization problems of irrigated lands. *Irrigation and Drainage*. 2019. № 68 (3). Pp. 551-555.
14. Singh B. Radish (*Raphanus sativus* L.): Breeding for higher yield, better quality and wider adaptability. Springer Link. 2021. Pp. 279-304.
15. Zulfikar F., Ashraf M. Nanoparticles potentially mediate salt stress tolerance in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2021. № 160. Pp. 257-268.

Информация об авторах

Юлдашева Ильмира Закиевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела технологии зерновых и кормовых культур, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29), ORCID: 0000-0001-7862-3660, e-mail: gubaidullinae@mail.ru

Author's Information

Yuldasheva Ilmira Zakievna, Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Department of Grain and Forage Crops Technology, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, 9 January St., 29), ORCID: 0000-0001-7862-3660, e-mail: gubaidullinae@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-12

STUDY OF THE CURRENT HYDROLOGICAL REGIME OF THE NEVIDIMKA LAKE SYSTEM**Istomin A. P., Istomin S. A.**

*Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation*

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

Received 31.07.2024

Submitted 26.09.2024

The research was carried out within the framework of the state task FNFE-2022-0004 "Reclamation complexes: assessment, condition control and management of processes using digital technologies"

Summary

The article analyzes the modern hydrological regime of the Nevidimka lake system, taking into account the implemented activities of the national project "Ecology".

Abstract

Introduction. The construction of the Volga-Kama cascade of reservoirs changed the hydrological regime of the Volga-Akhtuba floodplain, which led to changes and degradation of the entire ecosystem. The main condition for the functioning of the ecosystem of the Volga-Akhtuba floodplain is the annual optimal flood moisture and filling of the hydrographic network. It is necessary to determine the current hydrological regime of floodplain water bodies, taking into account the implemented activities of the national project "Ecology". **Object.** The object of research is the Nevidimka lake system on the territory of the Volga-Akhtuba floodplain. **Materials and methods.** The studies were carried out using a flow velocity meter ISP-1M and a hydrometric measuring rod GR-56M. Sentinel-2 satellite images have been deciphered. Field studies of the study area were carried out. **Results and conclusions.** As a result of the study of the modern hydrological regime of the Nevidimka lake system, it was established that the area of the territory at the decline of the flood covered with water in the study area increased by 33.3% compared to 2017 (before the implementation of the measures) at the same costs through the Volgograd hydroelectric complex. The useful cross-sectional area through which water actually passed through culverts during the flood period increased (compared to the period "before construction") from 3.3 times to 33 times. The construction of a hydraulic structure on the channel from Erik Dudak to Lake Bolshaya Nevidimka will optimize the water supply of the lake system.

Keywords: lake systems, floodplain areas, floodplains, hydraulic structures, degradation of ecosystems.

Citation. Istomin A. P., Istomin S. A. Study of the current hydrological regime of the Nevidimka lake system. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 110-118 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-12.

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 no conflict of interest.

УДК 556

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА
ОЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ НЕВИДИМКА**

**Истомин А. П., заместитель директора, руководитель
Истомин С. А., младший научный сотрудник**

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр
агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»
г. Волгоград, Российская Федерация*

***Исследования проведены в рамках государственного задания FNFE-2022-0004
«Мелиоративные комплексы: оценка, контроль состояния и управления процессами с помощью
цифровых технологий»***

Актуальность. Строительство Волжско-Камского каскада водохранилищ изменило гидрологический режим Волго-Ахтубинской поймы, что привело к изменению и деградации всей экосистемы. Главное условие функционирования экосистемы Волго-Ахтубинской поймы - ежегодное оптимальное паводковое увлажнение и заполнение гидрографической сети. Необходимо определение современного гидрологического режима водных объектов поймы с учетом реализованных мероприятий наци-

онального проекта «Экология». **Объект.** Объектом исследований является озерная система Невидимка на территории Волго-Ахтубинской поймы. **Материалы и методы.** Исследования проводились при помощи измерителя скорости потока ИСП-1М, рейки гидрометрической ГР-56М. Выполнено дешифрирование космических снимков Sentinel-2. Произведены полевые исследования территории исследования. **Результаты и выводы.** В результате проведенного исследования современного гидрологического режима озерной системы Невидимка установлено, что площадь территории на спаде половодья, покрытая водой на исследуемом участке увеличилась на 33,3% по сравнению с 2017 годом (до реализации мероприятий) при одинаковых расходах через Волгоградский гидроузел. Площадь полезного сечения, через которое вода фактически проходила через водопропускные сооружения в период половодья увеличилась (по сравнению с периодом «до строительства») от 3,3 раз до 33 раз. Строительство гидротехнического сооружения на протоке от ерика Дудак до озера Большая Невидимка позволит оптимизировать обводнение озерной системы.

Ключевые слова: озерные системы, пойменные территории, поймы рек, гидротехнические сооружения, деградация экосистем.

Цитирование. Истомин А. П., Истомин С. А. Исследование современного гидрологического режима озерной системы Невидимка. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 110-118. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-12.

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. Учитывая сложившиеся благоприятные условия для проживания и ведения хозяйственной деятельности, на пойменные территории рек оказывалось и оказывает в настоящее время значительное антропогенное воздействие. Данное обстоятельство характерно как для Российской Федерации, так и для зарубежья. В Европе и Северной Америке до 90% пойменных экосистем подвергаются антропогенному воздействию. В настоящее время данный вопрос актуален и для Российской Федерации [1, 2].

Для решения проблем деградации водных объектов и их пойменных территорий в 2000 году принята Рамочная водная директива, которая является важным элементом в управлении и улучшении качества водных ресурсов стран Европейского союза. Значительный вклад в реабилитацию и восстановление водных объектов внес European Centre for River Restoration, которым с 1995 года реализовано значительное число региональных, национальных и транснациональных проектов экологического восстановления европейских малых рек и речных систем. Также в Европейском союзе действует стратегия биоразнообразия (Biodiversity Strategy), представляющая собой комплексный план по защите природы и предотвращению деградации экосистем [3, 4].

В последние десятилетия в Российской Федерации финансируются масштабные мероприятия по восстановлению водных объектов и пойменных территорий. Значительный опыт накоплен в Москве и Московской области, Волгоградской, Воронежской, Астраханской и Ленинградской областях. В настоящее время на территории Российской Федерации реализуется федеральный проект «Оздоровление Волги» национального проекта «Экология», который направлен на улучшение экологического состояния реки Волга и обеспечение устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса Нижней Волги. Особое внимание уделяется экологическому состоянию уникального природного объекта Волго-Ахтубинская пойма [2, 4, 5, 6].

Ежегодный заход воды в водные объекты (ерики, озера, протоки) и на территорию Волго-Ахтубинской поймы в период весеннего половодья является главным условием стабильности ее экосистемы. Строительство Волжско-Камского каскада водохранилищ изменило пойменный гидрологический режим, что привело к изменению и деградации экосистемы. Волго-Ахтубинская пойма выделяется на фоне прилегающих территорий степных и полупустынных территорий и отличается уникальным биологическим разнообразием видов, часть из которых занесено в Международную красную книгу [5, 7, 8].

Изменение параметров половодья, таких как снижение продолжительности, сроков и величин максимальных расходов, вызванных строительством Волжско-Камского каскада водохранилищ, ускорило процессы заиления и зарастания водных объектов. Недостаточная пропускная способность подводящих ериков способствовали недостаточному обводнению озерной системы Невидимки, которая является одним из ядер ключевой орнитологической территории "Ахтубинское Поозерье" [9-11] (Особо охраняемые природные территории Волгоградской области, Сохина Э. Н. и др., 2011).

Целью настоящей работы является оценка современного гидрологического режима водоемов Волго-Ахтубинской поймы на примере озерной системы Невидимка с учетом реализации природоохранных мероприятий, профинансированных в рамках федерального проекта «Оздоровление Волги» национального проекта «Экология», подготовка рекомендаций по предотвращению ее деградации.

Материалы и методы. Изменение параметров половодья привело к деградации водно-болотных угодий озерной системы Невидимка. На объекте исследования в рамках федеральных программ проведены мероприятия, оказывающие непосредственное влияние на обводнение рассматриваемой территории, в том числе по расчистке и экологической реабилитации водных объектов, таких как ерики Дудак и Дудаченок, озер Большая Невидимка и Малая Невидимка, а также осуществлено строительство водопропускных гидротехнических сооружений [12-14].

В период осуществления специального весеннего пуща через Волгоградский гидроузел («сельскохозяйственная полка») проведены измерения уровня воды над нулем поста. В качестве гидрологических постов в соответствии с методическими указаниями определены водопропускные сооружения № 110, № 111, № 112, построенные в рамках национального проекта «Экология» и расположенные на ерике Дудак [15]. Ерик Дудак является основным начальным звеном поступления воды в озерную систему из Каширинского водного тракта. Уровень воды над нулем поста измерялся при помощи рейки гидрометрической ГР-56М (свидетельство о поверке № С-СП/20-03-2023/232075954), а скорость течения при помощи измерителя скорости потока ИСП-1М (свидетельство о поверке №С-БКГ/07-03-2023/230712045). Все водопропускные сооружения, на которых проводился мониторинг, представляют собой прямоугольную трубу 2000 мм на 2000 мм [14].

Площадь территории, покрытая водой, авторами определялась путем дешифрирования космических снимков Sentinel-2 с последующей проверкой полевыми исследованиями. Космические снимки анализировались на 07.06.17 г. и 24.05.22 г. Даты определены исходя из одинаковых значений «сельскохозяйственной полки» (максимальных расходов) через Волгоградский гидроузел в указанные годы в 25,0 тыс. куб. м/с продолжительностью 7 и 8 дней соответственно. Разница в площади территории, покрытой водой, является подтверждением эффективности проведенных мероприятий.

Результаты и обсуждение. На протяжении ряда лет в связи с изменением гидрологического режима после строительства Волжско-Камского каскада водохранилищ, недостаточным паводковым увлажнением территории поймы наблюдается деградация водно-болотных угодий. Данное обстоятельство подтверждается также тем, что федеральным проектом «Оздоровление Волги» сохранение уникальной системы Волго-Ахтубинской поймы предусмотрено отдельным разделом.

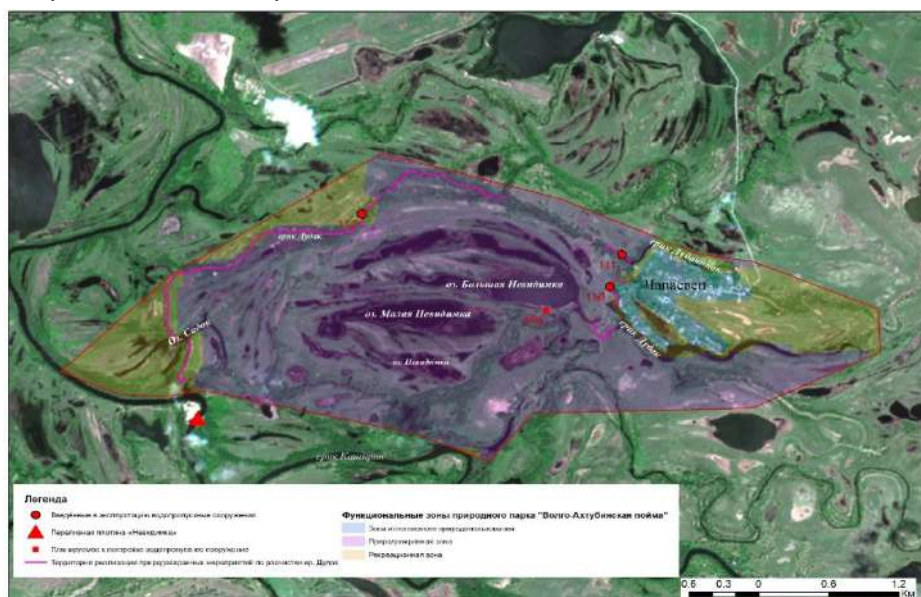


Рисунок 1 – Картосхема реализации природоохранных мероприятий
Figure 1 – Map of the implementation of environmental measures

Территория Волго-Ахтубинской поймы определена ключевой орнитологической территорией международного значения "Ахтубинское Поозерье", одним из ядер которых является озерная система Невидимка. При создании функционального зонирования природного парка «Волго-Ахтубинская пойма» озерная система Невидимки включена в природоохранную функциональную зону (рисунок 1). Режим в данной зоне призван обеспечить максимальное сохранение естественных ландшафтов и экосистем [16, 17].

Для улучшения обводнения озерной системы Невидимка в рамках федерального проекта «Оздоровления Волги» национального проекта «Экология» реализованы природоохранные мероприятия (рисунок 1), предусматривающие экологическую реабилитацию ериков Дудак, Дудаченок и озерной системы Невидимка, строительство гидротехнических водопропускных сооружений и переливной плотины «Невидимка». Большая часть из запланированных мероприятий в настоящее время уже реализована (рисунок 2) [18].



А – ерик Дудак после расчистки; Б – переливная плотина «Невидимка»;
С – водопропускное сооружение № 112

Рисунок 2 – Объекты реализации природоохранных мероприятий (фото авторов 26.04.2023)
Figure 2 – Objects for implementation of environmental protection measures
(photo by the authors 04/26/2023)

В 2021 году завершена экологическая реабилитация ериков Дудак, Дудаченок и озерной системы Невидимка. Работа подразделялась на два этапа: технический и биологический (таблица 1) [13, 18].

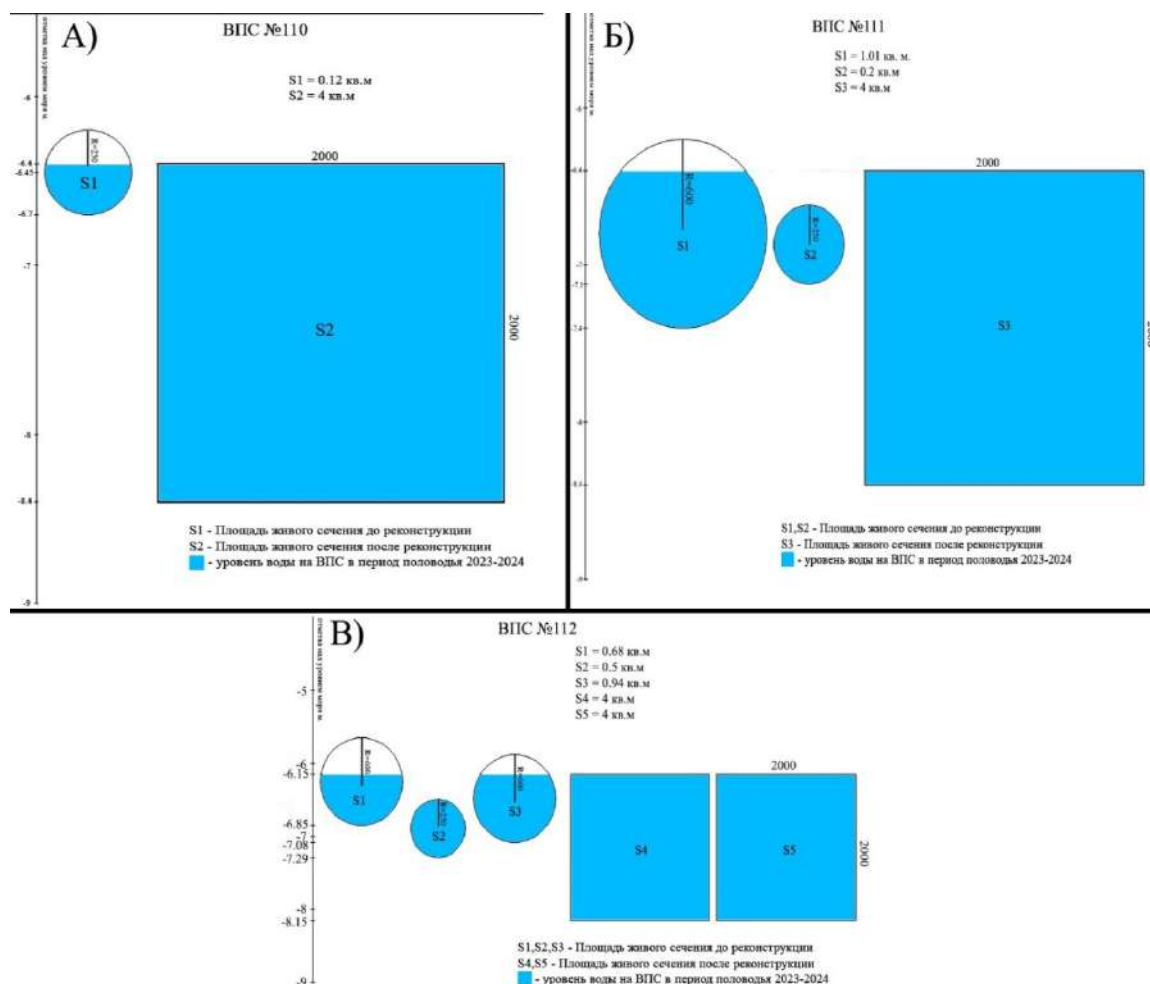
Таблица 1 – Состав мероприятий по экологической реабилитации [13]
Table 1 – Composition of measures for environmental rehabilitation [13]

Мероприятия / Events	Технический этап реабилитации / Technical stage of rehabilitation			Биологический этап реабилитации / Biological stage of rehabilitation				
	Протяженность участка расчистки, км / Length of the clearing section, km	Объем выемки донных отложений, куб. м / Volume of bottom sediment excavation, cubic meters	Глубина выемки, м / Excavation depth, m	Высадка деревьев / Tree planting		Высадка кустарников / Planting shrubs		Удаление тростника и рогоза, га / Removal of reeds and cattails, ha
				Биореабилитация, шт. / Biorehabilitation, pcs.	Лесовосстановление, шт. / Reforestation, pcs.	Биореабилитация, шт. / Biorehabilitation, pcs.	Лесовосстановление, шт. / Reforestation, pcs.	
Итого / Total	5,46	59092	1-2	1580	28700	3160	7780	7

На ериках Дудак и Дудаченок и протоке к озерам для улучшения пропускной способности в рамках технического этапа реализованы мероприятия по удалению из русла донных отложений на участках, на которых пропускная способность не обеспечивала оптимального обводнения озерной системы. Биологический этап на ерике Дудак предусматривал очистку русла от сухой древесно-кустарниковой растительности и высадку деревьев и кустарников по берегу.

В 2020 году в рамках национального проекта «Экология» завершено строительство переливной плотины «Невидимка», что позволило путем поднятия отметки воды в верхнем бьефе плотины перераспределить потоки воды в ерике Каширин в паводок. Регулирование уровня воды может осуществляться на переливной плотине путем манипулирования затворами, установленных на донном водосбросе (3 трубы диаметром 1200 мм). После ввода в эксплуатацию переливной плотины вода поступает в ерик Дудак и озерную систему Невидимка при сбросных расходах на Волгоградском гидроузле более 17 тыс. куб. м/с. До строительства переливной плотины данный показатель должен был быть не менее 19-22 тыс. куб. м/с [13].

В озерах Большая и Малая Невидимка в рамках технического этапа реабилитации создан регулируемый гидрологический режим, позволяющий при достаточных расходах воды через Волгоградский гидроузел не допустить дефицита водных ресурсов и чрезмерного затопления [13].



А – водопропускное сооружение № 110; Б – водопропускное сооружение № 111;
Б – водопропускное сооружение № 112.

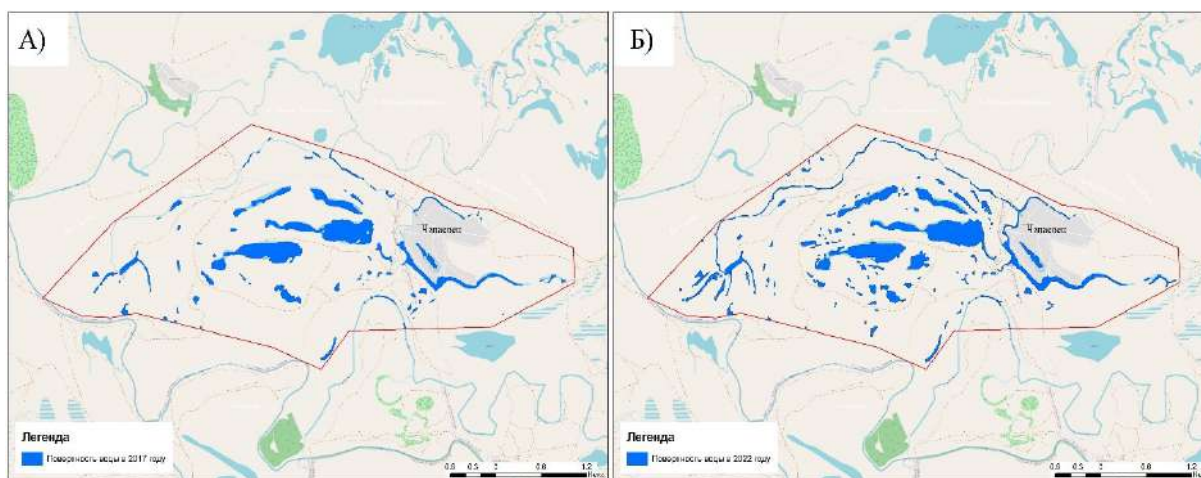
Рисунок 3 – Сравнительные схемы водопропускных сооружений
Figure 3 – Comparative diagrams of culvert structures

Одним из мероприятий комплексной реабилитации озерной системы является строительство водопропускных сооружений. Анализ данных проектной документации показал, что в результате строительства водопропускных сооружений на ерике Дудак максимально возможная площадь полезного сечения увеличилась с 1,45 раз (ВПС № 112) до 20 раз (ВПС № 110) (рисунок 3) [14].

В период пика весеннего половодья 2022-2024 годов проведено измерение уровня воды над нулем поста на построенных гидротехнических водопропускных сооружениях. В результате исследования установлено, что фактическая площадь полезного сечения прохода воды через построенные сооружения увеличилась (по сравнению с периодом «до строительства») от 3,3 до 33 раз на ВПС № 111 и 110 соответственно. На ВПС № 112 площадь полезного сечения увеличилась в 3,77 раза (см. рисунок 3).

Водопропускное сооружение № 110 оборудовано шандором (затвором) и является регулирующим. В период осуществления «сельскохозяйственной полки» через Волгоградский гидроузел ток воды через ВПС № 110 осуществлялся в полное сечение. Измеренная авторами скорость потока воды составила 1,12 м/с. Соответственно, объем воды, поступившей в озерную систему через водопропускное сооружение, составит 380,16 куб. м/сутки.

Осуществив дешифрирование космических снимков исследуемой территории, установили, что площадь гидрографической сети, покрытая водой на спаде половодья, увеличилась на 33,3% (рисунок 4). Сравнение проводилось с данными 2017 года, весеннее половодье которого имело аналогичные параметры. Помимо подтвержденной эффективности реализованных мероприятий, появилась возможность регулировать количество воды, поступающее из ерика Дудак в озерную систему и предотвратить ее отток на спаде половодья.



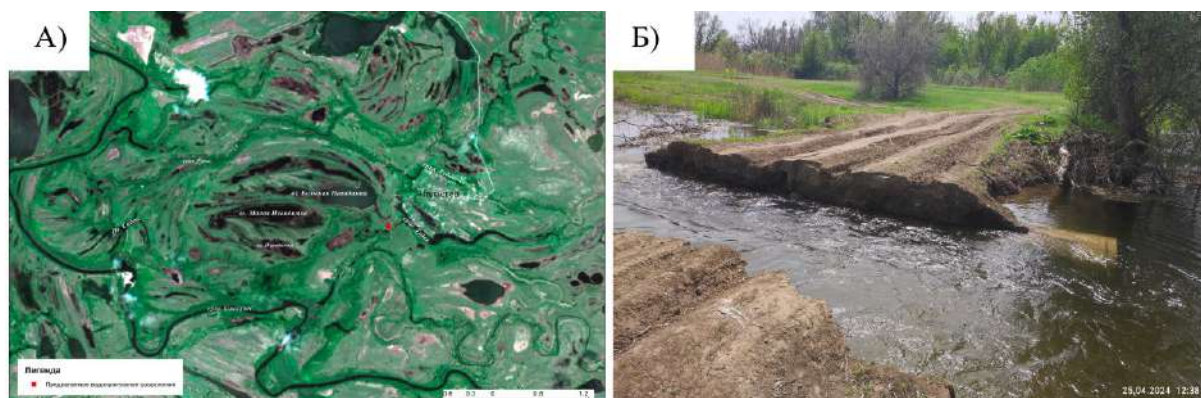
А – 2017; Б – 2022

Рисунок 4 – Поверхность воды
Figure 4 – Water surface

В рамках полевых исследований авторами выявлена искусственная пересыпка протоки от ерика Дудак до озера Большая Невидимка. В пересыпке, используемой для проезда транспорта, расположена ж/б труба диаметром 800 мм (рисунок 5а).

Пропускной способности данной трубы недостаточно для свободного прохода воды в период весеннего половодья. С целью оптимального заполнения озера Большая Невидимка, местными жителями осуществляется разрыв пересыпки перед весенним половодьем, с последующей ликвидацией прорана на спаде половодья (рисунок 5б).

Устройство регулирующего водопропускного сооружения на месте данной пересыпки в виде 2 ниток прямоугольного трубчатого железобетонного водосброса 2000 мм x 2000 мм позволит предотвратить ежегодный смыв грунта в водный объект и позволит обеспечить оптимальное обводнение озерной системы Невидимка в период весеннего половодья.



А – местоположение рекомендуемого водопропускного сооружения;
Б – Проран в створе рекомендуемого устройства водопропускного сооружения

Рисунок 5 – Предлагаемое водопропускное сооружение
Figure 5 – Proposed culvert

Выводы. В условиях изменившихся параметров половодья по сравнению с естественными происходит деградация экосистемы Волго-Ахтубинской поймы, которая играет значимую роль в сохранение биологического разнообразия Волгоградской и Астраханской областей. Для улучшения гидрологической ситуации, сохранения биоразнообразия и недопущения деградации земельных ресурсов, в пойме проводятся исследовательские работы, результатом которых является поиск проблем недостаточного обводнения и разработка водоохраных мероприятий направленных на обводнение территории Волго-Ахтубинского междуречья в период весеннего попуска через Волгоградский гидроузел.

Основной задачей водоохраных мероприятий в озерной системе Невидимка является создание регулируемого гидрологического режима. Это достигается путем восстановления пропускной способности ерика и регулирования расходов на водопропускных сооружениях, не допускающих излишнего затопления водно-болотных угодий, которые по стечению ряда факторов являются ключевой орнитологической территорией международного значения "Ахтубинское Поозерье".

Проведенные природоохранные мероприятия в озерной системе Невидимка позволили:

- оптимизировать обводнение рассматриваемой озерной системы, увеличив объем поступающей воды в период половодья. Площадь территории, покрытая водой на исследуемом участке, увеличилась на 33,3% по сравнению с 2017 годом (до выполнения мероприятий);

- площадь полезного сечения, через которые вода фактически проходила через водопропускные сооружения в период половодья увеличилась (по сравнению с периодом «до строительства») от 3,3 раз (ВПС № 111) до 33 раз (ВПС № 110);

- в период осуществления расходов через Волгоградский гидроузел 26,0 тыс. куб. м/с, объем воды, поступившей в озерную систему Невидимка через водопропускное сооружение № 110, составит порядка 380,0 тыс. куб. м/сутки.

Вместе с тем, выявлена потребность строительства регулирующего водопропускного сооружения на протоке от ерика Дудак до озера Большая Невидимка.

Учитывая уникальность экосистемы Волго-Ахтубинской поймы, с целью своевременного планирования и реализации природоохранных мероприятий, необходима организация постоянного экологического мониторинга на ключевых водных объектах поймы.

Conclusions. Under conditions of changed flood parameters compared to natural ones, the ecosystem of the Volga-Akhtuba floodplain is degraded, which plays a significant role in preserving the biological diversity of the Volgograd and Astrakhan regions. To improve the hydrological situation, preserve biodiversity and prevent degradation of land resources, research work is being carried out in the floodplain, the result of which is the search for problems of insufficient watering and the development of water protection measures aimed at watering the territory of the Volga-Akhtuba interfluvium during the period of special spring release through the Volgograd hydroelectric complex.

The main task of water protection measures in the Nevidimka lake system is the creation of a regulated hydrological regime. This is achieved by restoring the carrying capacity of the erik and regulating flow rates at culverts that prevent unnecessary flooding of wetlands, which, due to a number of factors, are a key ornithological area of international importance "Akhtubinskoye Poozerie".

The environmental measures taken in the Nevidimka lake system allowed:

- increase the volume of water that enters the lake system during the flood period, which is confirmed by Earth remote sensing data. The area covered by water in the study area increased by 33.3% compared to 2017 at the same costs through the Volgograd hydroelectric complex;
- the useful cross-sectional area through which water actually passed through the culverts during the flood period increased (compared to the period "before construction") from 3.3 times (VPS No. 111) to 33 times (VPS No. 110);
- during the period of maximum flows through the Volgograd hydroelectric complex (26,000 cubic meters per second), the volume of water entering the Nevidimka lake system through culvert No. 110 will be 380.16 cubic meters. m/day.

At the same time, the need for the construction of a regulating culvert on the channel from Erik Dudak to Lake Bolshaya Nevidimka has been identified.

Taking into account the uniqueness of the ecosystem of the Volga-Akhtuba floodplain, in order to timely plan and implement environmental protection measures, it is necessary to organize constant environmental monitoring at key water bodies of the floodplain.

Библиографический список

1. Tockner K., Stanford J. Riverine flood plains: Present state and future trends. *Environmental Conservation*. 2002. V. 29 (3). Pp. 308-330.
2. Беляев А. И., Истомин А. П., Пугачева А. М., Жихарев А. Г., Сухов А. А., Арьков Д. П. Комплекс мер, направленных на сохранение уникальной экосистемы Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области. Трансграничные водные объекты: использование, управление, охрана: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Сочи, 2021. С. 30-35.
3. Verheij S., Fokkens B., Buijse A. D. A pan-European survey to strengthen and improve policies and strategic planning regarding river continuity restoration. *European Centre for River Restoration (ECRR)*. 2021.
4. Сазонов В. Е., Истомин А. П., Калюжная Н. С., Калюжная И. Ю. Методологические и правовые аспекты Восстановления и экологической реабилитации водных объектов (на примере Волго-Ахтубинской поймы). *Грани познания*. 2015. № 4 (38). С. 9-19.
5. Беляев А. И., Пугачёва А. М., Истомин А. П., Межевова А. С., Жихарев А. Г., Истомин С. А., Хренов И. Д. Изучение современного гидрологического режима озерной системы "Чайка" на территории Волго-Ахтубинской поймы. *Экология и промышленность России*. 2023. Т. 27. № 7. С. 60-65.
6. Belyaev A. I., Pugacheva A. M., Korneeva E. A. Assessment of Ecosystem Services of Wetlands of the Volga Akhtuba Floodplain. *Sustainability*. 2022. V. 14. 11240.
7. Истомин А. П., Болгов М. В., Жихарев А. Г., Истомин С. А. Гидрологические проблемы Волго-Ахтубинской поймы на примере Краснослободского тракта. Мелиорация и водное хозяйство. 2023. № 3. С. 3-10.
8. Шумова Н. А. Изменение экологически значимых параметров гидрологического режима Нижней Волги при зарегулировании стока. *Аридные экосистемы*. 2014. № 3. С. 33-47.
9. Горелиц О. В., Землянов И. В. Современный механизм заливания территорий Волго-Ахтубинской поймы в период половодья (в пределах Волгоградской области). *Научный потенциал регионов на службу модернизации*. 2013. Спецвыпуск. № 2 (5). С. 9-18.
10. Болгов М. В., Шаталова К. Ю., Горелиц О. В., Землянов И. В. Водно-экологические проблемы Волго-Ахтубинской поймы. *Экосистемы: экология и динамика*. 2017. Т. 1. № 3. С. 15-37.
11. Лобойко В. Ф., Овчарова А. Ю., Никитина Н. С. Особенности водного режима Нижней Волги и его влияние на состояние северо-западной части Волго-Ахтубинской поймы. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2018. № 4 (52). С. 89-96.
12. Межевова А. Современное экологическое состояние водных объектов Волго-Ахтубинской поймы (на примере ерика Дудаченок). *Экология и промышленность России*. 2024. Т. 28. № 3. С. 60-65.
13. Экологическая реабилитация ериков Дудак, Дудаченок и озерной системы Невидимка на территории Волго-Ахтубинской поймы в Среднеахтубинском муниципальном районе Волгоградской области: проектная документация. ГК № 1101/19. <https://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ea44/view/commoninfo.html?regNumber=0129200005321000277>.
14. Строительство водопропускных сооружений № 74, № 75, № 76, № 110, № 111, № 112, № 113, № 114, № 157 на территории Волго-Ахтубинской поймы в Среднеахтубинском муниципальном районе Волгоградской области: проектная документация. ГК № 539/18. <https://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ea44/view/commoninfo.html?regNumber=0129200005319001272>.
15. ГСИ. Расход воды на реках и каналах. Методика выполнения измерений методом «скорость – площадь»: методические указания. МИ 1759-87. М.: Издательство стандартов, 1987.
16. Об утверждении Положения о природном парке "Волго-Ахтубинская пойма: постановление Администрации Волгоградской области от 22.07.2016 № 389-п.
17. Kholodenko A. V., Istomin S. A., Kirillov S. N., Slipenchuk M. V., Istomin A. P. Changes in the spatial organization of the Volga-Akhtuba floodplain nature park. *Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture: International Scientific and Practical Conference*. 2022. P. 012138.

18. Использование и охрана водных объектов, предотвращение негативного воздействия вод на территории Волгоградской области: государственная программа Волгоградской области, утвержденная постановлением Правительства Волгоградской области от 30.08.2013 № 453-п.

References

1. Tockner K., Stanford J. Riverine flood plains: Present state and future trends. *Environmental Conservation*. 2002. V. 29 (3). Pp. 308-330.
2. Belyaev A. I., Istomin A. P., Pugacheva A. M., Zhikharev A. G., Sukhov A. A., Arkov D. P. A set of measures aimed at preserving the unique ecosystem of the Volga-Akhtuba floodplain in the Volgograd region. *Transboundary water bodies: use, management, protection: Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation*. Sochi, 2021. Pp. 30-35.
3. Verheij S., Fokkens B., Buijse A. D. A pan-European survey to strengthen and improve policies and strategic planning regarding river continuity restoration. *European Center for River Restoration (ECRR)*. 2021.
4. Sazonov V. E., Istomin A. P., Kalyuzhnaya N. S., Kalyuzhnaya I. Yu. Methodological and legal aspects of restoration and environmental rehabilitation of water bodies (using the example of the Volga-Akhtuba floodplain). *Edges of knowledge*. 2015. No 4 (38). Pp. 9-19.
5. Belyaev A. I., Pugacheva A. M., Istomin A. P., Mezhevova A. S., Zhikharev A. G., Istomin S. A., Khrenov I. D. Study of the modern hydrological regime of the Chaika lake system on the territory of the Volga-Akhtuba floodplain. *Ecology and industry of Russia*. 2023. V. 27. No 7. Pp. 60-65.
6. Belyaev A. I., Pugacheva A. M., Korneeva E. A. Assessment of Ecosystem Services of Wetlands of the Volga Akhtuba Floodplain. *Sustainability*. 2022. V. 14. 11240.
7. Istomin A. P., Bolgov M. V., Zhikharev A. G., Istomin S. A. Hydrological problems of the Volga-Akhtuba floodplain using the example of the Krasnoslobodsky tract. *Land reclamation and water management*. 2023. No 3. Pp. 3-10.
8. Shumova N. A. Changes in environmentally significant parameters of the hydrological regime of the Lower Volga during flow regulation. *Arid ecosystems*. 2014. No 3. Pp. 33-47.
9. Gorelits O. V., Zemlyanov I. V. The modern mechanism of flooding of the territories of the Volga-Akhtuba floodplain during the flood period (within the Volgograd region). *Scientific potential of regions for the service of modernization*. 2013. Special issue. No 2 (5). Pp. 9-18.
10. Bolgov M. V., Shatalova K. Yu., Gorelits O. V., Zemlyanov I. V. Water-ecological problems of the Volga-Akhtuba floodplain. *Ecosystems: ecology and dynamics*. 2017. V. 1. No 3. Pp. 15-37.
11. Loboyko V. F., Ovcharova A. Yu., Nikitina N. S. Features of the water regime of the Lower Volga and its influence on the state of the northwestern part of the Volga-Akhtuba floodplain. *News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher professional education*. 2018. No 4 (52). Pp. 89-96.
12. Mezhevova A. Current ecological state of water bodies of the Volga-Akhtuba floodplain (using the example of Eric Dudachenok). *Ecology and industry of Russia*. 2024. V. 28. No 3. Pp. 60-65.
13. Ecological rehabilitation of the Dudak, Dudachenok eriks and the Nevidimka lake system on the territory of the Volga-Akhtuba floodplain in the Sredneakhtubinsky municipal district of the Volgograd region: project documentation. GC No 1101/19. <https://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ea44/view/commoninfo.html?regNumber=0129200005321000277>.
14. Construction of culverts No 74, No 75, No 76, No 110, No 111, No 112, No 113, No 114, No 157 on the territory of the Volga-Akhtubinskaya floodplain in the Sredneakhtubinsky municipal district of the Volgograd region: design documentation. GC No 539/18. <https://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ea44/view/commoninfo.html?regNumber=0129200005319001272>.
15. GSI. Water consumption on rivers and canals. *Methodology for performing measurements using the "velocity – area" method. Methodical instructions*. MI 1759-87. M.: Standards Publishing House, 1987.
16. On approval of the Regulation on the Nature Park "Volga-Akhtubinskaya floodplain: Decree of the Administration of the Volgograd Region of 22.07.2016 No 389-p.
17. Kholodenko A. V., Istomin S. A., Kirillov S. N., Slipenchuk M. V., Istomin A. P. Changes in the spatial organization of the Volga-Akhtuba floodplain nature park. *Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture: International Scientific and Practical Conference*. 2022. P. 012138.
18. Use and protection of water bodies, prevention of negative impact of water in the territory of the Volgograd region: the state program of the Volgograd region, approved by the decree of the Government of the Volgograd region of 30.08.2013 No 453-p.

Информация об авторах

Истомин Александр Петрович, заместитель директора, руководитель Центра по защите и восстановлению малых рек и водоемов, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), e-mail: istomin-ap@vfanc.ru

Истомин Сергей Александрович, младший научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), e-mail: istomin-ap@vfanc.ru

Author's Information

Istomin Aleksander Petrovich, Deputy Director-Head of the Center for the Protection and Restoration of Small Rivers and Reservoirs of the Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), e-mail: istomin-ap@vfanc.ru

Istomin Sergey Aleksandrovich, Junior Researcher in the Laboratory of Hydrology of Agroforestry Landscapes of the Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), e-mail: istomin-s@vfanc.ru

THE EFFICIENCY OF ORGANIC AND ORGANIC-MINERAL FERTILIZERS APPLIED BY THE FOLIAR METHOD IN AMPELOCENOSSES OF THE BLACK SEA VITICULTURE ZONE OF KRASNODAR REGION**Russo D. E., Krasilnikov A. A., Petrov V. S.***North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making
Krasnodar, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: dmitriyrusso@yandex.ru

Received 15.07.2024

Submitted 17.09.2024

The research was carried out within the framework of the state assignment of the Russian Academy of Sciences No. 0498-2023-0004 "Development and implementation of a methodology for managing the biological, productive and adaptive potential of ampelocenoses according to the criteria of environmental, edaphic and food safety, energy and resource conservation in conditions of technogenic intensification of production and climate change" (State registration No. 221040700125-8) for 2022-2026

Summary

The article presents the results of experimental studies of the effectiveness of non-root application of organic and special complex organic-mineral fertilizers in ampelocenoses of the Black Sea viticulture zone of the Krasnodar Territory. Against the background of non-root treatments of grapes with important nutrient solutions, the activation of assimilation and metabolic processes in plants was revealed, and the positive effect of intake on the main indicators of productivity and quality of the harvest, wine materials was established. The agronomic effectiveness of the intake was confirmed by a statistically reliable increase in marketable products ($U_{\text{chkhoz.}}$).

Abstract

Introduction. The relevance of the agro-method of non-root fertilization of plants with special complex organomineral and organic fertilizers is due to the need to overcome the problem of limiting the consumption of nutrients by the root system in the early spring period, as well as against the background of moisture deficiency in the soil during the summer drought characteristic of the region, ensuring the activation of metabolic processes, stabilization of the functional state of grapes at the stages of formation of reproductive organs. **Object.** The object of these studies are fruiting grape plants of the wine varieties Merlot, Chardonnay, Cabernet Sauvignon, systematically treated with special complex organomineral fertilizers and organic fertilizer (effluent) produced using a biogas plant. **Materials and methods.** Experimental studies were carried out by the method of field experience in ampelocenoses of Abrau-Durso LLC (Novorossiysk district, Krasnodar Territory) according to the relevant methods of experiment planning developed by B. A. Dospekhov, organization of agrobiological records, observations, statistical processing of the results obtained, as well as research methods in viticulture developed in the NCFSCHVW. **Results and conclusion.** The effects of non-root application of organomineral organic fertilizers, promising from the point of view of environmental and food safety, resource conservation, exerted on grape plants in the conditions of the Black Sea viticulture zone of the Krasnodar Territory, are studied. The positive effect of taking systemic non-root treatments on the functional state of plants, activation of production processes in Merlot, Chardonnay, Cabernet Sauvignon, and Augustine grapes has been established. Under the influence of non-root treatments with aqueous nutrient solutions, stabilization of the water regime in summer, activation of assimilation, growth, and metabolic processes, and an increase in the number of fertile shoots and inflorescences per bush were observed. The mass of the bunch and the sugar content of the berry juice increased. Economic productivity significantly exceeded the indicator in the control version (without non-root fertilizer treatments), which provided a total profit from the sale of an increase in yield from 132 to 209 thousand rubles / ha (Merlot, Chardonnay grape varieties) with a production margin of 40.2-52.9%. The profit from the sale of an increase in the harvest of the Augustine table variety amounted to 433.5 thousand rubles / ha with a production margin of 50.9%. Processing of Merlot and Cabernet Sauvignon grape plants with organic fertilizer (effluent) contributed to income from sales through wine products in the amount of 1809.5 thousand rubles/ha with a product profitability of 62.6% (Merlot variety) and 1755.8 thousand rubles/ha with a product profitability of 60.9% (Cabernet Sauvignon variety, 2023), which significantly exceeded the indicators in the control version.

Keywords: ampelocenoses, shoot load, grape fruiting coefficient, grape fruit-bearing shoots, grape harvest quality.

Citation. Russo D. E., Krasilnikov A. A., Petrov V. S. The efficiency of organic and organic-mineral fertilizers applied by the foliar method in ampelocenoses of the Black sea viticulture zone of Krasnodar region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 119-130 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-13.

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 634.8:631.8:470.62

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ НЕКОРНЕВЫМ МЕТОДОМ, В АМПЕЛОЦЕНОЗАХ
ЧЕРНОМОРСКОЙ ЗОНЫ ВИНОГРАДАРСТВА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

Руссо Д. Э., кандидат сельскохозяйственных наук
Красильников А. А., кандидат сельскохозяйственных наук
Петров В. С., доктор сельскохозяйственных наук

*ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»
г. Краснодар, Российская Федерация*

*Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания РАН
№ 0498-2023-0004 «Разработка и реализация методологии управления биологическим, продукци-
онным и адаптивным потенциалом ампелоценозов по критериям экологической, эдафической и
пищевой безопасности, энерго-ресурсосбережения в условиях техногенной интенсификации
производства и изменений климата» (№ госрегистрации 221040700125-8)
на 2022-2026 гг.*

Актуальность. Актуальность агроприема некорневой подкормки растений специальными комплексными органоминеральными и органическими удобрениями обусловлена необходимостью преодоления проблемы ограничения потребления корневой системой биогенных элементов в ранневесенний период, а также на фоне дефицита влаги в почве в период летней засухи, характерной для региона, обеспечения активации метаболических процессов, стабилизации функционального состояния винограда на этапах формирования репродуктивных органов. **Объект.** Объектом настоящих исследований являются плодоносящие неукрывные растения винограда винных сортов Мерло, Шардоне, Каберне Совиньон, столового сорта Августин, системно обрабатываемые специальными комплексными органоминеральными удобрениями и органическим удобрением (эффлюентом), произведенным с помощью биогазовой установки. **Материалы и методы.** Экспериментальные исследования были проведены методом полевого опыта в ампелоценозах ООО «Абрау-Дюрсо» (р-н г. Новороссийска Краснодарского края) и ООО «Победа» (ст. Вышестеблиевская, Черноморской зоны виноградарства Краснодарского края) согласно разработанным Б. А. Доспеховым актуальным методикам планирования эксперимента, организации агробиологических учетов, наблюдений, статистической обработки полученных результатов, а также методам исследований в виноградарстве, разработанным в СКФНЦСВВ. **Результаты и выводы.** Исследованы эффекты некорневого применения перспективных с позиции экологической и пищевой безопасности, ресурсосбережения органоминеральных органических удобрений, оказываемые на растения винограда в условиях Черноморской зоны виноградарства Краснодарского края. Установлено положительное влияние приема системных некорневых обработок на функциональное состояние растений, активацию продукционных процессов у винограда сортов Мерло, Шардоне, Каберне Совиньон, Августин. Под действием некорневых обработок водными питательными растворами наблюдалась стабилизация водного режима в летний период, активация ассимиляционных, ростовых, метаболических процессов, увеличение количества плодоносных побегов и соцветий на кустах. Масса грозди и сахаристость сока ягод возрастали. Хозяйственная продуктивность существенно превышала показатель в контрольном варианте (без некорневых обработок удобрениями), что обеспечивало суммарную прибыль от прибавки урожайности от 132 до 209 тыс. руб./га (сорта винограда Мерло, Шардоне) при рентабельности производства 40,2-52,9%. Прибыль от прибавки урожая столового сорта Августин составила 433,5 тыс. руб./га при рентабельности производства 50,9%. Обработки растений винограда сортов Мерло и Каберне Совиньон органическим удобрением (эффлюентом) способствовали получению дохода от реализации через винопродукцию в размере 1809,5 тыс.руб./га при рентабельности продукции 62,6% (сорт Мерло) и 1755,8 тыс. руб./га при рентабельности продукции 60,9% (сорт Каберне Совиньон, 2023 г.), что значительно превысило показатели в контрольном варианте.

Ключевые слова: ампелоценозы, нагрузка побегами, коэффициент плодоношения винограда, плодоносные побеги винограда, качество урожая винограда.

Цитирование. Руссо Д. Э., Красильников А. А., Петров В. С. Эффективность органических и органоминеральных удобрений, применяемых некорневым методом, в ампелоценозах Черноморской зоны виноградарства Краснодарского края. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 119-130. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-13.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы представленной статьи ознакомились и одобрили ее окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Мировая практика использования водных питательных растворов специальных удобрений для некорневой обработки сельскохозяйственных растений основана на пассивном поглощении различными элементами растительной ткани катионов, анионов, специфике апопластического и симпластического передвижения их по растению и активном участии в продукционном процессе [1, 2]. При этом эффективность действия удобрений, применяемых некорневым способом, во многом зависит от состава препаратов и уровня сбалансированности компонентов, структуры и состава листовой поверхности растений, погодных условий, качества обработки и т.д. [2-5]. В этой связи активно ведутся разработки инновационных комплексных составов препаратов, обладающих высокой антистрессовой активностью, пролонгированным действием, способностью стимулировать репродуктивную функцию растений на фоне действия негативных абиотических факторов [6, 7]. Новые органоминеральные агрохимикаты для некорневых обработок растений, сочетающие комплекс биологически активных растительных экстрактов, широкий набор макро-, мезо- хелатированных микроэлементов и органические удобрения, полученные с помощью биотехнологий, требуют всестороннего изучения по критериям: эндогенная устойчивость и продуктивность растений, качество продуцируемого урожая, экономические аспекты применения агроприема в ампелоценозах [8-10]. Детализированный научный подход к изучению влияния биологически активных компонентов удобрений различных составов и препаративных форм на растения винограда различного эколого-географического происхождения в конкретных почвенно-климатических условиях, позволяет формировать стратегию системного применения и регламент их использования в ампелоценозах [11-14]. В этой связи целью наших исследований является выявление и анализ комплекса эффектов, оказываемых на растения винограда перспективными с позиции экологической и пищевой безопасности, ресурсосбережения, органическими и органоминеральными удобрениями в насаждениях различных конструкций.

Материалы и методы. В сезонной динамике развития винограда выявлены основные параметры продуцирующей системы растений на фоне некорневых обработок удобрениями в сравнении с контрольным вариантом (обработки растений водой). Ежегодно в полевых условиях фиксировали количество плодоносных побегов на один куст (при нормировании общего количества развившихся побегов на учетных кустах), количество соцветий на куст, изменение длины побегов, массу сформировавшейся грозди и урожайность винограда (при уборке, весовым методом). В летний период в лабораторных условиях исследовали в динамике функциональное состояние растений по содержанию в индикаторных органах воды, первичных и вторичных метаболитов, содержание в ягодах сухих веществ и сахаров. Анализируемые показатели рассматривали в качестве основных элементов, характеризующих реализацию продуктивного потенциала сорта под действием некорневых обработок удобрениями.

Объектом настоящих исследований являются плодоносящие растения винограда винных сортов Мерло, Шардоне, Каберне Совиньон, столового сорта Августин, системно обрабатываемые специальными комплексными органоминеральными удобрениями и органическим удобрением (эффлюентом), произведенным на базе Сибирского научно-производственного биотехнологического кластера с помощью биогазовой установки (БГУ), перерабатывающей отходы крупного молочного завода. Органическое удобрение (соответствует ГОСТ 33380-2015) и органоминеральный комплекс на основе нового класса агресурсов – экстракта морских водорослей в сочетании с аминокислотами, макро- и хелатированными микроэлементами применяли в виде водных растворов механизированным способом с помощью ОПВ-2000. Экспериментальные исследования были проведены методом полевого опыта в ампелоценозах ООО «Абрау-Дюрсо» (р-н г. Новороссийск Краснодарского края) и ООО «Победа» (ст. Вышестеблиевская, Черноморской зоны виноградарства Краснодарского края) согласно разработанным Б. А. Доспеховым актуальным методикам планирования эксперимента,

организации агробиологических учетов, наблюдений, статистической обработки полученных результатов, а также методам исследований в виноградарстве, разработанным в СКФНЦСВВ [15]. Базовые операции статистического анализа данных были выполнены с помощью эффективных инструментов пакета Microsoft Excel.



А



Б

Рисунок 1 – Участки полевого опыта в границах промышленных насаждений ООО «Абрау-Дюрсо» (А) и ООО «Победа» (Б)

Figure 1 – Sites of field experience within the boundaries of industrial plantations of “Abrau-Durso” LLC (A) and “Pobeda” LLC (B)

Промышленные насаждения винограда (рисунок 1), в границах которых были заложены полевые опыты, расположены на дерново-карбонатных (ООО «Абрау-Дюрсо») и черноземных (ООО «Победа») почвах. Дерново-карбонатные почвы характеризуются содержанием гумуса в пахотном и подпахотном горизонтах в пределах 2,8-2,9%, наличием вредных солей, не превышающим предельно допустимые значения для культуры винограда, pHвод. ~ 8,0, содержанием подвижных соединений фосфора и калия соответственно 22-30 и 112-122 мг/кг (0-50 см),

слабо- и среднеуплотненным сложением профиля. Черноземы южные (каштановые) слабо-выщелоченные мощные слабогумусированные (1,4-2,0% гумуса) ООО «Победа» не засолены, имеют среднесуглинистый механический состав, среднюю обеспеченность подвижными соединениями фосфора и калия в слое почвы 0-50 см. В целом почвенные условия опытных участков достаточно однородны, что позволило расположить варианты опытов системно (30 растений в повторности). Схема размещения растений винограда сортов Мерло, Шардоне, Каберне Совиньон на участках полевого опыта 3,0 x 1,5 м, сорта Августин – 3,0 x 2,5 м. Система формирования растений – одноплечий кордон.

Выбор сортамента для проведения экспериментальных исследований обусловлен их хозяйственно-ценными признаками (таблица 1), широким распространением в регионе для возделывания в рамках современных технологических регламентов, отзывчивостью на дополнительное минеральное питание.

Таблица 1 – Характеристика районированного сортамента винограда

Table 1 – Characteristics of the zoned grape assortment

Сорт винограда / Grape variety	Устойчивость к основным заболеваниям / Resistance to major diseases	Основные показатели продуктивности и качества винограда / Main indicators of productivity and quality of grapes
Мерло раннего срока созревания (получен от родительской пары винограда Каберне Фран и Мадлен Нуар де Шарант) / Early-ripening Merlot (derived from the parent pair of Cabernet Franc and Madeleine Noir de Charente)	Относительно устойчив к наиболее распространенным болезням, гнилям, вредителям / Relatively resistant to the most common diseases, rots, pests	Урожайность устойчивая, высокая. В соке ягод высокое содержание сахара. Химический состав ягод позволяет получать насыщенный букет вин, не требующих длительного созревания / The yield is stable and high. The juice of the berries has a high sugar content. The chemical composition of the berries allows you to get a rich bouquet of wines that do not require long maturation
Шардоне (предположительно получен от родительской пары винограда Пино нуар и Гуэ блан) / Chardonnay (presumably derived from the parent pair of Pinot Noir and Gouet Blanc grapes)	Технологичен, относительно устойчив к основным заболеваниям / Technologically advanced, relatively resistant to major diseases	Урожайность средняя, химический состав ягод позволяет получать винноматериалы для производства разнообразных по стилистике вин и использовать виноград в качестве основы для игристых вин / The yield is average, the chemical composition of the berries makes it possible to obtain wine materials for the production of wines of various styles and to use grapes as a basis for sparkling wines
Каберне Совиньон среднепозднего срока созревания в условиях региона (предположительно получен от родительской пары винограда Каберне Фран и Совиньон Блан) / Cabernet Sauvignon, medium-late ripening in the region (presumably derived from the parent pair of Cabernet Franc and Sauvignon Blanc grapes)	Обладает повышенной устойчивостью к милдью и серой гнили по сравнению с другими западно-европейскими сортами / It has increased resistance to mildew and gray rot compared to other Western European varieties	Урожайность средняя, гармоничный вкус ягод, высокая транспортабельность / Average yield, harmonious taste of berries, high transportability
Августин раннего срока созревания (Плевен Устойчивый, V-25-20, Феномен) / Augustine of early ripening (Pleven Resistant, V-25-20, Phenomenon)	Устойчив к грибковым заболеваниям, милдью, оидиуму / Resistant to fungal diseases, mildew, oidium	Стабильно урожаен, грозди массой 400-500 г, содержание сахара в соке ягод до 20-22 %, вкус гармоничный, транспортабелен / It has a stable yield, bunches weighing 400-500 g, the sugar content in the juice of the berries is up to 20-22%, the taste is harmonious and transportable

В течение трех лет растения винограда системно обрабатывали органоминеральным комплексом различных марок: до цветения – содержащим экстракт морских водорослей *Ascophyllum nodosum*, аминокислоты, органический, амидный азот, калий (2 л/га); в период образования ягод – содержащим экстракт морских водорослей *Ascophyllum nodosum*, хелатированные микроэлементы (Fe, Zn, Mn), амидный азот, калий (2 л/га); в начале созревания и за 20 дней до уборки урожая – содержащим экстракт морских водорослей *Ascophyllum nodosum*, нитратный азот, калий, кальций, бор, марганец (2 л/га).

На опытном участке виноградника ООО «Абрау-Дюрсо» в течение двух лет проводили обработку растений водным раствором органического удобрения – жидкого биоконцентрата, содержащего преимущественно гуминовые вещества, обладающие протекторными свойствами, перед началом цветения и в период роста ягод (размер ягоды «горошина») в дозах 0,5 и 1,0 л/га.

Результаты и обсуждение. В условиях ООО «Абрау-Дюрсо» широкий спектр положительных эффектов удобрений на основе экстракта морских водорослей способствовал значительному увеличению количества плодоносных побегов. В сравнении с контрольным вариантом (без применения удобрений) количество плодоносных побегов на один куст винограда сорта Мерло возрастало более чем на 11% и от 11,5 до 16,0% – на один куст винограда сорта Шардоне. На гектар плодоносящих насаждений винограда сорта Мерло этот показатель продуктивности составлял в контрольном варианте от 59994 до 64438 шт.; в варианте с применением некорневых подкормок – от 67000 до 71104 шт. У растений винограда сорта Шардоне количество плодоносных побегов на один гектар составляло соответственно 53328-57772 шт. и 59994-64438 шт. Достигнутый эффект можно объяснить более высоким процентом сохранности центральных почек зимующих глазков, дающих начало побегам, на которых преимущественно формируются плодовые образования. Кроме того, в этой связи можно отметить пролонгированный эффект органоминеральных удобрений на основе биологического компонента сложного химического состава (полисахариды, минералы, витамины, масла, жиры, кислоты, антиоксиданты, пигменты, гормоны) – активаторов продукционных процессов. Анализ количества соцветий на один куст также выявил преимущество варианта с системными обработками растений органоминеральными удобрениями различных марок: у винограда сорта Мерло количество соцветий в варианте «контроль» составляло в среднем от 35 до 48 шт., на фоне некорневых подкормок – от 49 до 53 шт. У винограда сорта Шардоне в контрольном варианте наблюдалось значительное варьирование показателя: от 27 до 34 соцветий на один куст. Более стабильным было ежегодное количество соцветий на один куст в варианте с применением органоминеральных удобрений: от 35 до 37 шт. Наблюдая рост соцветий в длину (до образования ягод, формирование пятого листа на побеге и в начале периода образования ягод), выявили более интенсивно протекающий процесс на фоне обработок винограда водными питательными растворами удобрений: на учетных растениях средняя длина соцветий на 3,3-5,8% превышала длину соцветий в контрольном варианте. Расчетный показатель продуктивности винограда сорта Мерло – коэффициент плодоношения (K_1) – в связи с применением агроприема составлял 1,50-1,73 и 1,39-1,60 в контрольном варианте. У винограда сорта Шардоне значение K_1 было несколько ниже – 0,94-1,31 и 0,82-1,03 соответственно.

На черноземной почве ООО «Победа» прием некорневой обработки растений винограда сорта Августин обеспечивал существенное увеличение количества плодоносных побегов на один куст и на гектар насаждений. На единицу площади насаждения количество плодоносных побегов превысило показатель контрольного варианта (без применения удобрений) на 8,3-13,6 %. Процентное отношение количества плодоносных побегов к общему числу развившихся на одном растении винограда побегов составляло в контрольном варианте 83-86 %, в варианте с применением удобрений – 84-96%, что позволяет судить о более полной реализации потенциала продуктивности сорта под действием приема некорневой обработки органоминеральными удобрениями. Суммарное количество соцветий на один куст составляло в среднем 28-32 шт. Статистическая обработка полученных результатов выявила существенность роста данного показателя. В варианте без применения удобрений соцветий на куст было значительно меньше – от 25 до 28 шт. Отношение количества соцветий на кусте к общему количеству развившихся (из зимующих глазков) побегов (K_1) составляло 1,0-1,23, количества соцветий на один плодоносный побег (K_2) – 1,19-1,28; в контрольном варианте – соответственно 0,97-1,0 (K_1) и 1,14-1,17 (K_2).

Измерения длины побегов в динамике позволили установить некоторое затухание ростовой активности у винограда в июле и августе (контрольный вариант). В этот период были выявлены наиболее значительные различия в вариантах. В условиях дерново-карбонатных и черноземных почв применяемые некорневым методом водные питательные растворы со второй декады июля оказывали стимулирующее действие на апикальные меристемы, обуславливающие рост побегов (рисунок 2).



Рисунок 2 – Интенсивность роста побегов винограда в динамике в связи с применением некорневых обработок растений органоминеральными удобрениями (средние данные)

Figure 2 – The intensity of growth of grape shoots in dynamics due to the use of non-root plant treatments with organic-mineral fertilizers (average data)

В лабораторных условиях исследовали содержание воды в листьях побегов винограда всех анализируемых сортов в летний период, характеризующийся дефицитом атмосферных осадков в регионе и значительным сокращением уровня влагообеспеченности растений, одного из основных лимитирующих факторов формирования урожая. Полученные результаты анализов выявили наиболее высокий коэффициент соотношения связанной и свободной форм воды в листьях в августе в варианте с применением некорневых обработок растений: 15,8-17,8. В растительных образцах контрольного варианта коэффициент находился в пределах 10,8-11,2. Установленные различия между вариантами показателя устойчивости растений к обезвоживанию характеризуют прием обработки комплексными органоминеральными удобрениями как фактор повышения устойчивости винограда к водному дефициту. Анализируемые образцы листьев подвергали также анализу анатомо-морфологического строения, выявившему некоторое увеличение высоты палисадной паренхимы на фоне применения удобрений (на 4,5-5,2% в зависимости от сорта), содержащего основную массу хлоропластов листа. Установленный эффект влияния некорневых обработок свидетельствует о более высоком уровне ассимиляционной активности растений винограда в этот период.

Агробиологические учеты хозяйственной продуктивности ($K_{хоз.}$), технологических показателей качества винограда ежегодно, в течение 3-х лет, проводили в период уборки урожая. В результате определения массы грозди винограда сорта Мерло установлено ежегодное увеличение показателя в сравнении с данными контрольного варианта на 5,1 г ($НСР_{0,05} = 3,8$ г), 3,7 г ($НСР_{0,05} = 3,3$ г) и 4,3 г ($НСР_{0,05} = 4,0$ г); сорта Шардоне – соответственно на 19,9 г ($НСР_{0,05} = 1,6$ г), 12,2 г ($НСР_{0,05} = 10,5$ г) и 11,1 г ($НСР_{0,05} = 6,4$ г); сорта Августин – на 66,0 г ($НСР_{0,05} = 18,6$ г), 72,0 г ($НСР_{0,05} = 28,2$ г), 69,0 г ($НСР_{0,05} = 15,6$ г). Существенное увеличение показателя было достигнуто преимущественно за счет более высокой плотности грозди, что подтверждалось визуальными наблюдениями в сезонном цикле формирования урожая. Сахаристость сока ягод возрастала на 2,2-2,4 г/100 см³ (сорт винограда Мерло), на 3,4-3,6 г/100 см³ (сорт винограда Шардоне), на 2,5-2,8 г/100 см³ (сорт винограда Августин). Существенно возросла урожайность винограда (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика хозяйственной продуктивности винограда
Table 2 – Dynamics of economic productivity of grapes

Сорт / Variety	Вариант / Variant	Урожайность по годам, т/га / Yield by years, t/ha	Прибавка, т/га / Increase, t/ha	НСР _{0,05}
Мерло / Merlot	Контроль, без применения удобрений / Control, without the use of fertilizers	7,1-11,6-13,8	1,5-3,5-2,6	0,95-0,63-0,69
	Некорневые обработки растений органоминеральными удобрениями / Foliar treatments of plants with organomineral fertilizers	8,6-15,1-16,4		
Шардоне / Chardonnay	Контроль, без применения удобрений / Control, without the use of fertilizers	6,9-12,9-11,0	1,4-2,9-2,2	0,63-0,94-0,57
	Некорневые обработки растений органоминеральными удобрениями / Foliar treatments of plants with organomineral fertilizers	8,3-15,8-13,2		
Августин / Augustin	Контроль, без применения удобрений / Control, without the use of fertilizers	8,1-11,5-10,3	2,5-4,9-5,1	2,26-2,60-2,77
	Некорневые обработки растений органоминеральными удобрениями / Foliar treatments of plants with organomineral fertilizers	10,6-16,4-15,4		

Экономическая эффективность применения некорневых обработок винных сортов винограда Мерло и Шардоне органоминеральными удобрениями обеспечивала суммарную прибыль от реализации прибавки урожайности от 132 до 209 тыс. руб./га (в ценах 2023 г.) при рентабельности производства 40,2-52,9%. Прибыль от реализации прибавки урожая столового сорта Августин составила 433,5 тыс. руб. при рентабельности производства 50,9%.

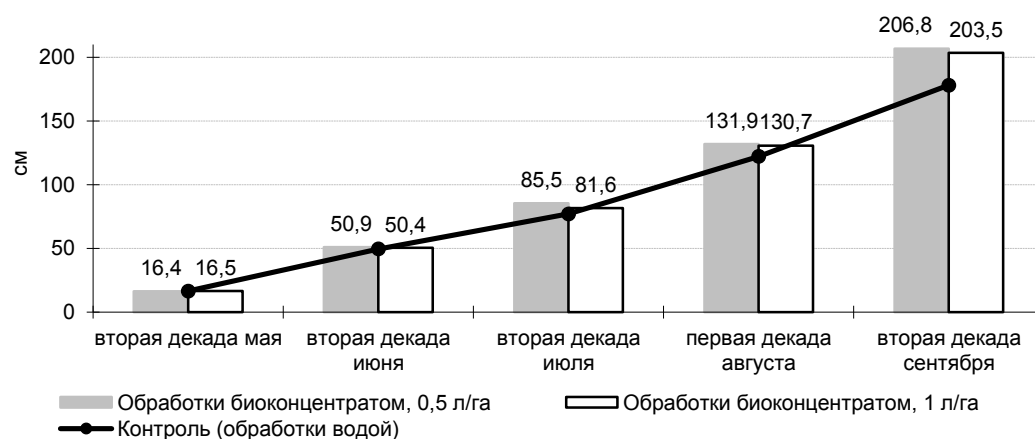
В 2022-2023 гг. в ампелоценозе ООО «Абрау-Дюрсо» растения винограда сортов Мерло и Каберне Совиньон системно обрабатывали водными растворами органического биоудобрения (эффлюента), произведенного в процессе анаэробной переработки органики с помощью БГУ. Эффект действия удобрения основан на комплексе физиологически активных компонентов, входящих в его состав (гуминовые и фульвокислоты, аминокислоты, фитогормоны, витамины, макро- и микроэлементы). Изучение эффективности препарата в ампелоценозах Черноморской зоны виноградарства сопровождалось анализом функционального состояния растений в летний период, уровня реализации продуктивного потенциала сортов винограда и качества урожая. Индикаторные органы растений винограда (листья побегов) исследовали по показателям: водоудерживающая способность, содержание пигментов, катионов, вторичных метаболитов. В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено, что в летний период максимальной напряженности гидротермических факторов у растений, обрабатываемых водным раствором удобрений в дозах 0,5 и 1,0 л/га, содержание общей воды превышает показатель в образцах контрольного варианта, водоудерживающая способность листа возрастает на 50-56%, количество катионов калия увеличивается более чем в два раза, значительно снижается летняя депрессия фотосинтеза, что в дальнейшем способствовало более высокому накоплению сахара в винограде. Содержание в листьях хлорофилла «а» превышало значение показателя в контрольном варианте на 20,6%, а хлорофилла «в» – на 42,3%. Количество каротиноидов, предохраняющих зеленые пигменты от избыточного действия солнечной энергии и окисления, было выше на 25,6%. В период созревания урожая на фоне некорневых обработок винограда в листьях побегов было выявлено более высокое содержание органических кислот, связанных с ферментативной системой растений, превышающее в несколько

раз эти показатели в растительных образцах контрольного варианта. Наблюдалось некоторое увеличение в листьях легкоподвижных аминокислот. Содержание осмопротектора пролина возрастало в два раза.

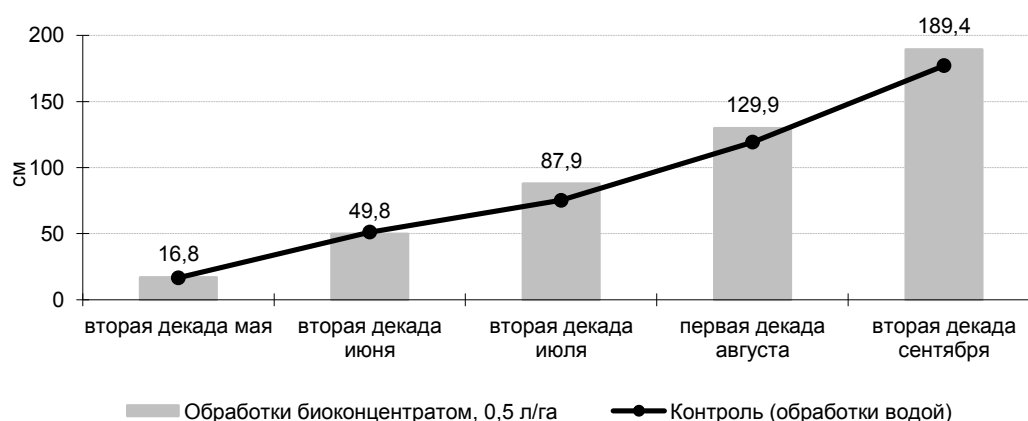
Функциональная активность растений винограда сопровождалась более интенсивным ростом побегов. Тенденция активации ростовых процессов во второй половине лета на фоне обработок растений органоминеральными удобрениями сохранялась также при применении биоконцентрата (рисунок 3).

При одинаковой нагрузке кустов побегами – 36 шт./куст, в варианте с применением органического удобрения количество плодоносных побегов на один куст было больше на 10,4% (сорта Мерло и Каберне Совиньон), количество соцветий на куст увеличилось в сравнении с контрольным вариантом на 3-7% в зависимости от сорта. коэффициент плодородности (K1) в вариантах с применением препарата в дозах 0,5 л/га и 1,0 л/га был выше соответственно на 5,5 и 3,3% в сравнении с контрольным вариантом, а коэффициент плодородности (K2) – соответственно на 1,6 и 0,8%.

Прибавка урожая в 2022 и 2023 гг. была получена преимущественно за счет увеличения количества плодоносных побегов на куст и массы грозди, обусловленной ее более высокой плотностью (таблица 3). Масса грозди винограда в среднем была больше на 8,7 %. Накопление ягодами сухих веществ происходило более интенсивно (рисунок 4).



А



Б

Рисунок 3 – Интенсивность роста побегов винограда в динамике в связи с применением некорневых обработок растений биоконцентратом (средние данные за 2022-2023 гг.):

А – сорт Мерло; Б – сорт Каберне Совиньон

Figure 3 – The intensity of growth of grape shoots in dynamics due to the use of non-root treatments of plants with bioconcentrate (average data for 2022-2023): A – Merlot variety; B – Cabernet Sauvignon variety

По итогам проведения эксперимента было определено, что в среднем за 2022-2023 гг. доход от реализации через винопродукцию, полученную в варианте с применением удобрений, составил 1809,5 тыс. руб./га при рентабельности продукции 62,6% (сорт Мерло) и 1755,8 тыс.руб./га при рентабельности продукции 60,9% (сорт Каберне Совиньон, 2023 г.), что значительно превысило показатели в контрольном варианте.

Таблица 3 – Хозяйственная продуктивность винограда
Table 3 – Economic productivity of grapes

Сорт / Variety	Вариант / Variant	Урожайность / Yield			
		2022	2022	2023	2023
		кг/куст / kg/bush	т/га t/ha	кг/куст kg/bush	т/га t/ha
Мерло / Merlot	Контроль / Control	4,7	10,44	5,3	11,78
	Некорневые обработки, 0,5 л/га / Foliar treatments, 0.5 l/ha	5,2	11,55	6,8	15,11
	Некорневые обработки, 1,0 л/га / Foliar treatments, 1.0 l/ha	5,2	11,55	-	-
	HCP_{05}	0,31	1,12	0,61	1,25
Каберне Совиньон / Cabernet Sauvignon	Контроль / Control	-	-	4,9	10,89
	Некорневые обработки, 0,5 л/га / Foliar treatments, 0.5 l/ha	-	-	5,8	12,91
	HCP_{05}			0,25	1,10

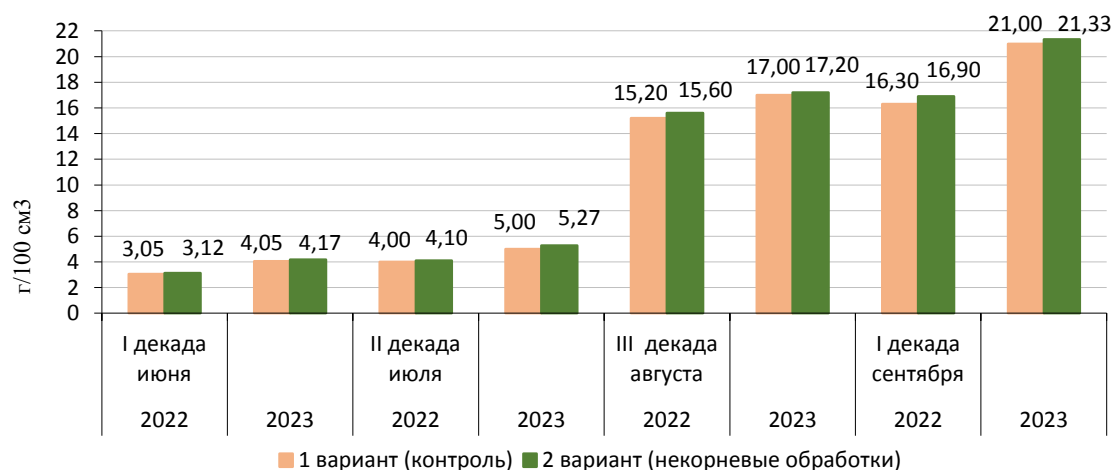


Рисунок 4 – Динамика содержания сухих веществ в соке ягод винограда в связи с применением некорневых подкормок органическим удобрением (сорт винограда Мерло)

Figure 4 – Dynamics of the dry matter content in grape juice due to the use of non-root fertilizing with organic fertilizer (Merlot grape variety)

Заключение. Результаты проведенных исследований позволили выявить эффекты, оказываемые на растения винограда группы сортов органоминеральными и органическими удобрениями в ампелоценозах. В условиях дерново-карбонатных и черноземных почв Черноморской зоны виноградарства Краснодарского края комплексные удобрения на основе экстракта морских водорослей *Ascophyllum nodosum* различных марок при применении их некорневым способом способствовали увеличению количества плодородных побегов на кустах винограда сорта Мерло более чем на 11%, сорта Шардоне – от 11,5 до 16,0%, сорта Августин – от 8,3 до 13,6%. Увеличивалось количество соцветий на кустах. Коэффициент плодородия (K_1) составлял 1,5-1,73 (сорт Мерло) и 1,39-1,60 (сорт Шардоне), что превышало значение показателя в контрольном варианте (без применения удобрений). Определена более полная реализация потенциала продуктивности у винограда сорта Августин на фоне обработок питательными растворами удобрений: отношение количества плодородных побегов к общему числу развившихся на одном растении винограда побегов составляло 84-96%, K_1 установлен в пределах 1,0-1,23, K_2 – в пределах 1,14-1,17. Физиологическое состояние растений на фоне негативного влияния абиотических факторов летнего периода было более стабильным, судя по более высокому коэффициенту соотношения связанной и свободной форм воды (15,8-17,8). Некорневые обработ-

ки органоминеральными удобрениями способствовали стабилизации ассимиляционной деятельности растений, активации метаболической активности. Хозяйственная продуктивность винограда группы изучаемых сортов существенно превышала показатель в контрольном варианте. Масса грозди и сахаристость сока ягод возросли. Суммарную прибыль от реализации прибавки урожайности (в ценах 2023 г.) значительно превысила показатель контрольного варианта. При оценке эффективности органического удобрения (эффлюента) в ампелоценозе ООО «Абрау-Дюрсо» тенденция стабилизации функционального состояния растений, активации продукционных процессов у винограда сортов Мерло и Каберне Совиньон сохранялась.

Conclusions. The results of the conducted research allowed us to identify the effects exerted on grape plants of the grape group by organic-mineral and organic fertilizers in ampelocenoses of various designs. In the conditions of sod-carbonate and chernozem soils of the Black Sea viticulture zone of the Krasnodar Territory, complex fertilizers based on *Ascophyllum nodosum* seaweed extract of various brands, when applied in a non-root way, contributed to an increase in the number of fertile shoots per Merlot grape bush by more than 11%, Chardonnay varieties – from 11.5 to 16.0%, Augustine varieties – from 8.3 to 13.6% per bush. The number of inflorescences per bush increased. The fruiting coefficient (K1) was 1.5-1.73 (Merlot variety) and 1.39-1.60 (Chardonnay variety), which exceeded the value of the indicator in the control version (without the use of fertilizers). A more complete realization of the productivity potential of Augustine grapes was determined against the background of treatments with nutrient solutions of fertilizers: the ratio of the number of fertile shoots to the total number of shoots developed on one grape plant was 84-96%, K1 was set within 1.0-1.23, K2 – within 1.14-1.17. The physiological state of plants against the background of the negative influence of abiotic factors of the summer period was more stable, judging by the higher ratio of bound and free forms of water (15.8-17.8). Non-root treatments with organic-mineral fertilizers contributed to the stabilization of plant assimilation activity and activation of metabolic activity. The economic productivity of the grapes of the group of studied varieties significantly exceeded the indicator in the control variant. The mass of the bunch and the sugar content of the berry juice increased. The total profit from the sale of the yield increase (in prices of 2023) significantly exceeded the indicator of the control variant. When evaluating the effectiveness of organic fertilizer (effluent) in the ampelocenosis of Abrau-Durso LLC, the tendency to stabilize the functional state of plants and activate production processes in Merlot and Cabernet Sauvignon grapes was maintained.

Библиографический список

1. Eichert T., Fernández V. Uptake and release of elements by leaves and other aerial plant parts. *Marschner's Mineral Nutrition of Plants*. Academic Press. 2023. Pp. 105-129.
2. Fernández V., Gil-Pelegrín E., Eichert T. Foliar water and solute absorption: an update. *The Plant Journal*. 2021. V. 105. No. 4. Pp. 870-883.
3. Левченко С. В., Бойко В. А., Белаш Д. Ю. Направленное формирование товарного качества столового винограда на основе применения внекорневых подкормок микроудобрениями. «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2020. № 22 (3). С. 225-229.
4. Кагермазов А. М., Хачидогов А. В. Некорневые подкормки на посевах кукурузы как один из агроприемов повышения урожайности зерна. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса*. 2024. № 1 (73). С. 89-98.
5. Brankov M., Simić M., Dolijanović Ž., Rajković M., et al. The response of maize lines to foliar fertilizing. *Agriculture*. 2020. V. 10. No. 9. 365 p.
6. Полухина Е. В., Власенко М. В. Эффективность некорневых подкормок при возделывании сортов винограда в условиях орошения. Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11. № 1. С. 174-191.
7. Алейникова Н. В., Диденко П. А., Радионовская Я. Э., Белаш С. Ю. Биологическая регламентация применения современного минерального удобрения на винограде в условиях Юго-западного Крыма. «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2022. № 24 (3). С. 248-253.
8. Шibaева Т. Г., Шерудило Е. Г., Титов А. Ф. Экстракты морских водорослей как биостимулятор растений. Труды Карельского научного центра РАН. 2021. № 3. С. 36-37.
9. Hassan A. E., Salem M. A. M. Effect of bio fertilizer, organic manure sources and application method on growth, leaf mineral content, yield and fruit quality of flame-seedless grapes. *Menoufia Journal of Plant Production*. 2020. V. 5. No. 8. Pp. 345-364.
10. Полухина Е. В., Иваненко Е. Н., Морозов Д. Е., Власенко М. В. Влияние удобрений некорневого действия на хозяйственно-ценные показатели столовых сортов винограда. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса*. 2018. № 4 (52). С. 185-191.
11. Tangolar S., Demir S., Ada M., Torun A. A., et al. Effects of organic and organomineral fertilizers on yield, quality and plant nutrition in prima grape variety. *Mediterranean Agricultural Sciences*. 2021. V. 34. No 1. Pp. 9-16.
12. Ozdemir G., Kitir N., Turan M., Ozlu E. Impacts of organic and organo-mineral fertilizers on total phenolic, flavonoid, anthocyanin and antiradical activity of okuzgozu (*Vitis vinifera* L.) grapes. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 2018. V. 17. Pp. 91-100.
13. Странишевская Е. П., Матвейкина Е. А., Володин В. А., Шадура Н. И. и др. Оценка биологической эффективности микробиологического удобрения экорик на техническом винограде в условиях Крыма. Плодоводство и виноградарство юга России. 2021. №. 68. С. 190-203.

14. Диденко П. А., Шапоренко В. М., Цирульников Н. В., Никулина Е. А. Эффективность системного применения отечественных хелатных микроудобрений на винограде в условиях Крыма. "Магарач". Виноградарство и виноделие. 2023. Т. 25. №. 4. С. 349-355.

15. Петров В. С., Алейникова Г. Ю., Морморштейн А. А. Методы исследований в виноградарстве. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ. 2021. С. 1-147.

References

1. Eichert T., Fernández V. Uptake and release of elements by leaves and other aerial plant parts. Marschner's Mineral Nutrition of Plants. Academic Press. 2023. Pp. 105-129.

2. Fernández V., Gil-Pelegrín E., Eichert T. Foliar water and solute absorption: an update. The Plant Journal. 2021. V. 105. No. 4. Pp. 870-883.

3. Levchenko S. V., Boyko V. A., Belash D. Yu. Directed formation of marketable quality of table grapes based on the use of foliar fertilizing with micronutrients. "Magarach". Viticulture and winemaking. 2020. No 22 (3). Pp. 225-229.

4. Kagermazov A. M., Khachidogov A. V. Foliar top dressing on corn crops as one of the agricultural methods for increasing grain yield. News of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex. 2024. No 1 (73). Pp. 89-98.

5. Brankov M., Simić M., Dolijanović Ž., Rajković M. et al. The response of maize lines to foliar fertilizing. Agriculture. 2020. V. 10. No. 9. Pp. 365.

6. Polukhina E. V., Vlasenko M. V. The effectiveness of foliar fertilizing in the cultivation of grape varieties under irrigation conditions. Land reclamation and hydraulic engineering. 2021. V. 11. No. 1. Pp. 174-191.

7. Aleynikova N. V., Didenko P. A., Radionovskaya Ya. E., Bilash S. Yu. Biological regulation of the use of modern mineral fertilizers on grapes in the conditions of Southwestern Crimea. "Magarach". Viticulture and winemaking. 2022. No 24 (3). Pp. 248-253.

8. Shibaeva T. G., Sherudilo E. G., Titov A.F. Seaweed extracts as a plant biostimulator. Proceedings of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2021. No. 3. Pp. 36-37.

9. Hassan A. E., Salem M. A. M. Effect of bio fertilizer, organic manure sources and application method on growth, leaf mineral content, yield and fruit quality of flame-seedless grapes. Menoufia Journal of Plant Production. 2020. V. 5. No. 8. Pp. 345-364.

10. Polukhina E. V., Ivanenko E. N., Morozov D. E., Vlasenko M. V. The effect of non-root fertilizers on economically valuable indicators of table grape varieties. News of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex. 2018. No. 4 (52). Pp. 185-191.

11. Tangolar S., Demir S., Ada M., Torun A. A. et al. Effects of organic and organomineral fertilizers on yield, quality and plant nutrition in prima grape variety. Mediterranean Agricultural Sciences. 2021. V. 34. No 1. Pp. 9-16.

12. Ozdemir G., Kitir N., Turan M., Ozlu E. Impacts of organic and organo-mineral fertilizers on total phenolic, flavonoid, anthocyanin and antiradical activity of okuzgozu (Vitis vinifera L.) grapes. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus. 2018. V. 17 No. Pp. 91-100.

13. Stranishevskaya E. P., Matveikina E. A., Volodin V. A., Shadura N. I. and others. Evaluation of the biological effectiveness of the microbiological fertilizer ecorik on technical grapes in the conditions of the Crimea. Fruit growing and viticulture in the south of Russia. 2021. No. 68. Pp. 190-203.

14. Didenko P. A., Shaporenko V. M., Tsiurulnikova N. V., Nikulina E. A. The effectiveness of the systemic use of domestic chelated micronutrients on grapes in the conditions of the Crimea. "Magarach". Viticulture and winemaking. 2023. V. 25. No. 4. Pp. 349-355.

15. Petrov V. S., Aleynikova G. Yu., Marmorstein A. A. Research methods in viticulture. Krasnodar: FSBSI NCFSCHVW. 2021. Pp. 1-147.

Информация об авторах

Руссо Дмитрий Эдуардович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Российская Федерация, 350901, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, д. 39), e-mail: dmitriyrusso@yandex.ru

Красильников Александр Андреевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Российская Федерация, 350901, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, д. 39), e-mail: akrasilnikov@yandex.ru

Петров Валерий Семенович, доктор сельскохозяйственных наук, руководитель научного направления, ведущий научный сотрудник лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Российская Федерация, 350901, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, д. 39), e-mail: petrov_53@mail.ru

Author's Information

Russo Dmitry Eduardovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Associate of Reproduction Control in the Ampelocenoses and Ecological Systems Laboratory of the Federal State Budget Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making» (Russian Federation, 350901, Krasnodar, 40-Letiya Pobedy str., 39), e-mail: dmitriyrusso@yandex.ru

Krasilnikov Aleksander Andreevich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Associate of Reproduction Control in the Ampelocenoses and Ecological Systems Laboratory of the Federal State Budget Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making» (Russian Federation, 350901, Krasnodar, 40-Letiya Pobedy str., 39), e-mail: akrasilnikov@yandex.ru

Petrov Valery Semyonovich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Research Associate of Reproduction Control in the Ampelocenoses and Ecological Systems Laboratory of the Federal State Budget Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making» (Russian Federation, 350901, Krasnodar, 40-Letiya Pobedy str., 39), e-mail: petrov_53@mail.ru

**ECONOMIC ASSESSMENT OF THE USE OF WATER-SOLUBLE FERTILIZERS
IN THE CULTIVATION OF VARIOUS TYPES OF PUMPKINS**¹Ryabchikova N. B., ¹Kornilova M. S., ²Gorbacheva A. S.¹Bykovskaya Melon Breeding Experimental Station –
branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing"
Zeleny, Bykovsky District, Volgograd Region, Russian Federation²Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: elena-varivoda@mail.ru

Received 14.05.2024

Submitted 22.08.2024

Abstract

Introduction. For the development and improvement of new agrotechnical methods of pumpkin cultivation technologies of various types, new types, methods and doses of water-soluble fertilizers were studied, their aftereffect was determined. The optimal intensive element of the technology of growing pumpkin in rainfed conditions, such as foliar treatment of plants with water-soluble fertilizers, as well as economic efficiency, depends on many regional factors, including soil and climatic conditions, logistics capabilities, the cost of fertilizers, and most importantly – purchase prices. **Materials and methods.** The research was carried out using methodological guidelines, methods and State and industry standards. **Results and conclusions.** The economic efficiency of using foliar treatments with water-soluble fertilizers of pumpkin plants of various species during the growing season is presented. The best result was obtained in the version with the use of one and a half norms of Bio Humate Universal + B (boron) (0.3), the yield was: large-fruited pumpkin – 11 t/ha, nutmeg pumpkin – 10.0 t/ha, with 100% of the yield of marketable products. Economic indicators in this option are also at a fairly high level. Studies have shown that in the conditions of the dry steppe zone of the Trans-Volga region, the use of water-soluble fertilizers for foliar treatment of plants during the growing season in the technology of cultivation of large-fruited pumpkin and muscat pumpkin has a significant impact on economic indicators.

Keywords: large-fruited pumpkin, butternut pumpkin, pumpkin yield, pumpkin species, water-soluble fertilizers.

Citation. Ryabchikova N. B., Kornilova M. S., Gorbacheva A. S. Economic evaluation of the use of water-soluble fertilizers in the cultivation of pumpkins of various types. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 131-141 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-14.

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 338.012.631.547.3

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ УДОБРЕНИЙ
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТЫКВЫ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ**¹Рябчикова Н. Б., научный сотрудник¹Корнилова М. С., научный сотрудник²Горбачева А. С., кандидат экономических наук, доцент¹Быковская бахчевая селекционная опытная станция –
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»
п. Зеленый, Быковский район, Волгоградская область, Российская Федерация²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Для разработки и совершенствовании новых агротехнических приемов технологий возделывания тыквы различных видов были изучены новые виды, способы и дозы применения водорастворимых удобрений, определено их последствие. Оптимальный интенсивный элемент технологии выращивания тыквы в богарных условиях, такой как фоллиарная обработка растений водорастворимыми удобрениями, как и экономическая эффективность зависит от множества региональных факторов, включая почвенно-климатические условия, логистические возможности, стоимость удобрений, и основное – закупочные цены. **Материалы и методы.** Исследования проведены с использованием методических указаний, методик и Государственных и отраслевых стандартов. **Результаты и выводы.** Приведена экономическая эффективность при использовании фоллиар-

ных обработок водорастворимыми удобрениями растений тыквы различных видов в период вегетации. Наилучший результат был получен в варианте с применением полуторной нормы Био Гумат Универсальный +В (бор) (0,3), урожайность составила: тыква крупноплодная – 11 т/га, тыква мускатная – 10,0 т/га, со 100% выхода товарной продукции. Экономические показатели в данном варианте так же находятся на достаточно высоком уровне. Как показали исследования, в условиях сухостепной зоны Заволжья применение в технологии возделывания тыквы крупноплодной и тыквы мускатной водорастворимых удобрений для фолларной обработки растений во время вегетации оказывает существенное влияние на экономические показатели.

Ключевые слова: тыква крупноплодная, тыква мускатная, урожайность тыквы, виды тыквы, водорастворимые удобрения.

Цитирование. Рябчикова Н. Б., Корнилова М. С., Горбачева А. С. Экономическая оценка применения водорастворимых удобрений при выращивании тыквы различных видов. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 131-141. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-14.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы представленной статьи ознакомились и одобрили ее окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Современные условия требуют особого подхода к возделыванию бахчевых культур [6]. Продукция бахчеводства, в силу своих биологических особенностей, обладает высокой отзывчивостью на интенсивные приемы возделывания [10]. Основой решения поставленных вопросов являются научные исследования, направленные на усовершенствование и разработку экологически безопасных элементов агротехники выращивания бахчевых культур с применением новых видов и доз удобрений, регуляторов роста и приемов сохранения почвенного плодородия [1].

Одним из искусственных приемов создания благоприятных условий для роста и развития растений с возможностью нивелирования отрицательных факторов среды является использование в технологии возделывания тыквы водорастворимых удобрений [5, 11]. Новые виды удобрений увеличивают адаптивность сельскохозяйственных культур к водным, температурным и другим стрессовым условиям, что имеет особое значение для условий засушливого климата сухостепного Заволжья [7].

Система применяемых в хозяйствах сухостепной зоны водорастворимых удобрений уже неотделима от общей системы земледелия, систем обработки почв, защита растений [2, 8]. При этом даже высокая культура земледелия и соблюдение условий возделывания бахчевых культур не гарантируют, без фолларных обработок различными водорастворимыми удобрениями, что растения будут обеспечены всем спектром необходимых элементов питания [9].

При определении видов применяемых водорастворимых удобрений, норм и сочетаний необходимо руководствоваться рядом законов [13]. Важнейший из них – закон минимума Юстуса фон Либиха: объем урожая определяется тем элементом питания в почве, который содержится в ней в наименьшем количестве. Поэтому при применении систем питания нужно в первую очередь снабжать растения этим недостающим элементом [14].

Экономическая оценка возделывания любой сельскохозяйственной культуры является одним из более важных показателей [12]. Высокая экономическая эффективность как результат правильного применения новых элементов технологии при возделывании различных культур – это результат действия средств в стоимостных показателях и выражающийся в форме стоимости продукции, которая в свою очередь, определяется ценой реализации, чистого дохода, окупаемости затрат и величины себестоимости [15].

Цель исследований заключалась в научном обосновании совершенствования элементов технологии выращивания тыквы различных видов с помощью применения фолларных обработок водорастворимыми удобрениями, обеспечивающих реализацию потенциальной урожайности данной культуры.

Для достижения данной цели были поставлены следующие **задачи**:

- выявить влияние водорастворимых удобрений на особенности формирования урожая, урожайность и качество плодов тыквы различных видов;

- определить экономическую эффективность использования новых видов водорастворимых удобрений при выращивании тыквы различных видов.

Материалы и методы. Исследования проведены с использованием методических указаний, методик и Государственных и отраслевых стандартов, в т.ч. С. С. Литвинов «Методика полевого опыта в овощеводстве» – М: Россельхозакадемия, 2011; В. Ф. Белик, Г. А. Бондаренко «Методические указания по агротехническим и физиологическим исследованиям с овощными и бахчевыми культурами» – М: ВНИИО, 1979; А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош и др. «Методы биохимического исследования растений», 3-е издание и др., и современных приборов: плазменного фотометра, термостаты, иономер ЭВ-75, КВК-3 и др. Метод – лабораторно-полевой, Методика полевого опыта Доспехов Б. А. [3, 4].

Объектами исследований являлись тыква крупноплодная сорт Элия, тыква мускатная Быковчанка, а так же водорастворимые удобрения.

Культура: Тыква крупноплодная (*Cucurbita maxima* Duchesne)

Группа: Бахчевые

Код сорта: 8057781

Описание: включён в Госреестр по Российской Федерации для выращивания в ЛПХ. Вид крупноплодная. Столового назначения. Сорт среднеранний – среднеспелый. Растение плетистое. Главная плеть средней длины. Листовая пластинка среднего размера, зелёная, слаборассечённая. Плод плоскоокруглый, гладкий, основание и вершина вогнутые, среднего диаметра, серый, без рисунка, с желобками средней глубины. Масса плода – 5,4 кг (максимальная – 9 кг). Мякоть оранжевая, средней толщины, хрустящая, средней плотности и средней сочности. Вкус отличный. Семенное гнездо среднего размера, плаценты средней плотности. Семена эллиптические, среднего размера, белые. Урожайность 20-25 т/га.



Культура: Тыква мускатная Быковчанка (*C. moschata*)

Группа: Бахчевые

Код сорта: находится на экологическом испытании

Culture: Muscat pumpkin Bykovchanka (*C. moschata*) Group: Melons Variety code: under environmental testing

Описание: Вид мускатная. Вегетационный период 118-125 суток. Растение длинно-плетистое, мощное. Плоды массой 4,0-8,0 кг, удлинённой формы, окраска плода желто-коричневая, рисунок – светло-желтые полосы, поверхность гладкая. Мякоть ярко-оранжевая, среднетолстая, сочная, сладкая, толщиной 3,0-4,0 см. Содержание сухих веществ 10,0-13,0%. Семена кремовые с ободком. Урожайность 20-25 т/га.



Характеристика препаратов:

Новалон Фолиар – комплексное водорастворимое удобрение, состав: азот – 9%, фосфор – 12%, калий – 40%, S – 0,4%, Mg – 0,5%, Fe – 0,12%, Mn – 0,06%, Zn – 0,06%, Cu – 0,04%, B – 0,03%, Mo – 0,005%;

Хакафос – комплексное водорастворимое удобрение, состав: азот – 20%, фосфор – 20%, калий – 20%, S – 1,2%, Mg – 0,5%, Fe – 0,10%, Mn – 0,10%, Zn – 0,038%, Cu – 0,04%, B – 0,013%, Mo – 0,003%;

Агровин Универсал – водорастворимое удобрение с микроэлементами и аминокислотами. Состав: B – 6,5%, Mn – 6,2%, S – 7,2%, Mg – 2,2%, F – 0,15%, Zn – 0,15%, Cu – 0,05%, K – 0,02%, аминокислот (в аминокислотной форме) – 1%;

Био Гумат Универсальный + B(бор) – жидкое органоминеральное удобрение на основе гуминовых кислот с повышенным содержанием бора в доступной форме. Состав: сумма солей гуминовых кислот и фульво кислот – не менее 2,5 г/л, аминокислоты – 40 г/л, N – 32 г/л, B – 15 г/л, S – 7 г/л, Mn – 5 г/л, органические вещества – не менее 350 г/л, pH – 6-6,5 г/л.

Варианты опыта:

1. Без обработок
2. 2-х кратная фолиарная обработка растений водой
3. Агровин Универсал (0,4 кг/100 л)
4. Агровин Универсал (0,6 кг/100 л)
5. Новалон Фолиар (0,6 кг/100 л)
6. Новалон Фолиар (0,9 кг/100 л)
7. Хакафос (0,6 кг/100 л)
8. Хакафос (0,9 кг/100 л)
9. Био Гумат Универсальный + B (бор) (0,2 л/100 л)
10. Био Гумат Универсальный + B (бор) (0,3 л/100 л)

Способы применения изучаемых препаратов:

Водорастворимые удобрения применяются для фолиарной обработки растений полной нормой и полуторной, согласно рекомендациям производителей, в периоды: "начало плетения" и перед смыканием плетей (12-14 дней) Норма рабочего раствора 300 л/га.

Результаты и обсуждения. Почвы хозяйства представляют собой светло-каштановые, супесчаные. Агрономически ценные агрегаты от 0,25 до 10 мм составляют 40-45%, в зависимости от слоя почвы. Мелкий песок фракции 0,25 составляет значительную часть почвы – до 20%.

Характерными особенностями климата зоны исследований являются резко выраженная континентальность, с очень жарким и сухим летом. Наблюдается повышенная ветровая деятельность и частые пыльные бури. Сумма суточных активных температур составляет до 3100 °С.

Метеорологические условия за трёхлетний период складывались неординарно. В 2021 году общее количество осадков за вегетационный период было выше среднеемноголетних данных на 32%. В мае и июне осадки превысили среднеемноголетние данные почти в 2 раза и составили 147 мм и 92,6 мм соответственно, что дало возможность получить ранние и дружные всходы. В июле, когда осадки были необходимы, их количество составило всего 13,1 мм. В августе наблюдалось практически полное отсутствие осадков, их всего выпало 4,8 мм. В сентябре, когда осадки были уже практически не нужны, выпало 67,6 мм.

Метеорологические условия 2022 года складывались следующим образом. Общее количество осадков за вегетационный период было выше среднеемноголетних данных незначительно. Общее количество осадков было выше в сентябре на 135%, что привело к задержке созревания плодов.

В 2023 году количество осадков было меньше по сравнению с 2021-2022 годами и ниже на 28% по сравнению со среднеемноголетними данными. В июне и июле выпавшие осадки были обильными, но не продуктивными.

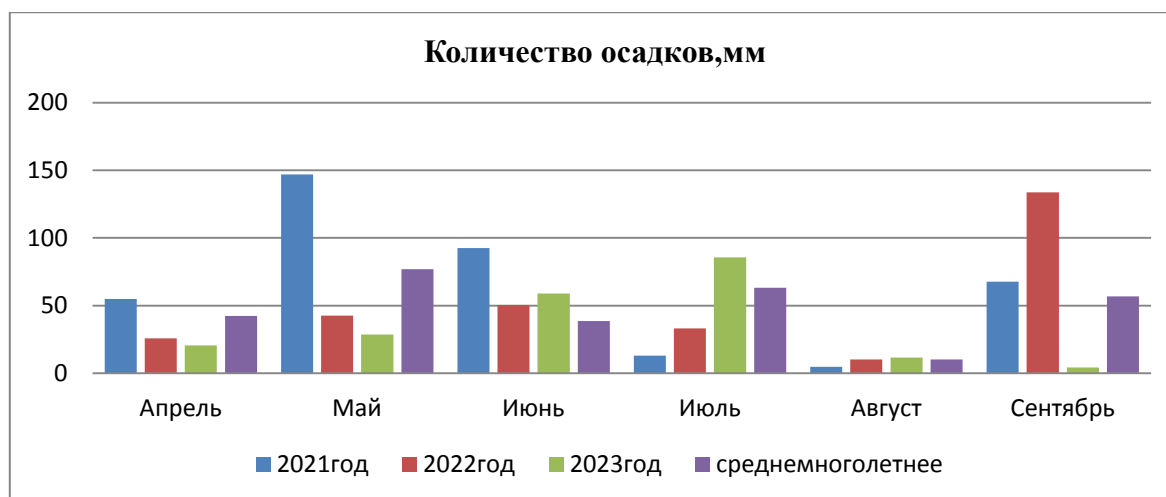


Рисунок 1 – Количество осадков
Figure 1 – Amount of precipitation

По приведенным данным температура по годам исследований разнилась незначительно, что не превышало среднеемноголетних показаний.

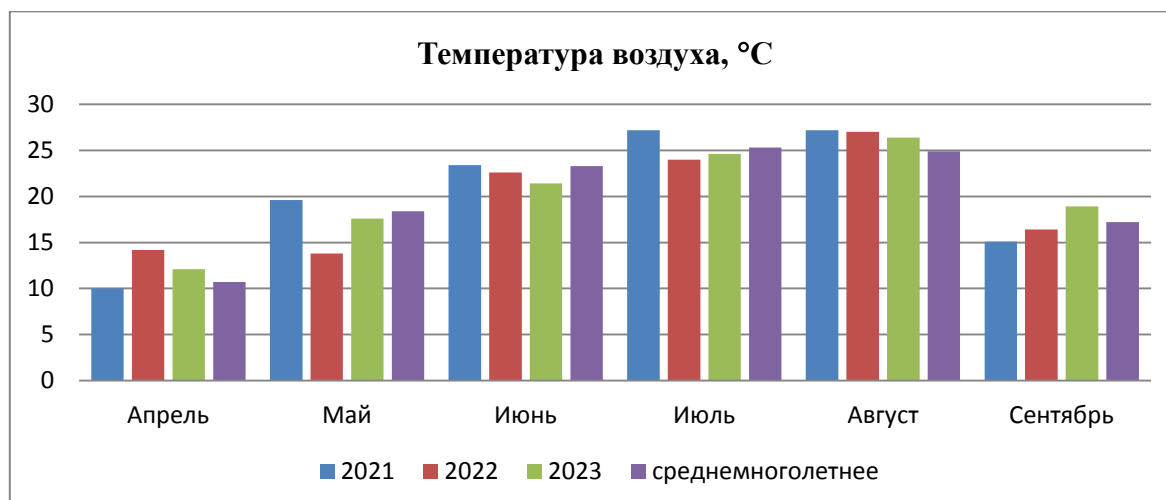


Рисунок 2 – Температура воздуха
Figure 2 – Air temperature

По результатам проведенных исследований использования водорастворимых удобрений для foliarной обработки растений тыквы крупноплодной и мускатной можно сказать о перспективности данного приема в получении стабильной урожайности. Био Гумат Универсальный + В (бор) (0,3) в увеличенной дозе дал возможность получить больший урожай по отношению к контролям и другим изучаемым вариантам 11,0 т/га и 10,0 т/га соответственно, 100% выходом товарной продукции и высокой средней массы плода 4,6 кг и 3,0 кг.

Таблица 1 – Влияние применения водорастворимых удобрений на структуру урожая тыквы крупноплодной и мускатной (2021-2023 гг)

Table 1 – The effect of the use of water-soluble fertilizers on the structure of the harvest of large-fruited and nutmeg pumpkin (2021-2023)

Варианты опыта / Experience options	Урожайность, т/га / Yield, t/ha		Выход стандартной продукции, % / Standard product yield, %		Средняя масса стандартного плода, кг / Average weight of a standard fruit, kg	
	Крупно- плодная / Large-scale	Мускат- ная / Muscat	Крупно- плодная / Large-fruited	Мускатная / Large-fruited	Крупноплод- ная / Large- fruited	Мускат- ная / Muscat
Контроль (без обработок) / In- spection (without processing)	6,3	5,0	78	78	1,8	1,7
2-х кратная обра- ботка растений водой / 2-fold treatment of plants with water	6,4	5,2	80	81	1,9	1,8
Агровин Универ- сал (0,4) / Agrovin Universal (0.4)	7,2	7,0	92	94	3,5	2,5
Агровин Универ- сал (0,6) / Agrovin Universal (0.6)	7,9	7,8	95	96	4,0	2,4
Новалон Фолиар (0,6) / Novalon Folio (0.6)	8,2	7,3	94	96	3,8	2,5
Новалон Фолиар (0,9) / Novalon Folio (0.9)	8,5	8,0	96	97	4,5	2,5
Хакафос (0,6) / Hakafos (0.6)	9,3	7,9	96	98	4,1	2,4
Хакафос (0,9) / Hakafos (0.9)	9,8	8,9	98	99	4,2	2,7
Био Гумат Уни- версальный + В (бор) (0,2) / Bio Humate Universal + B (boron) (0,2)	10,3	8,9	97	97	4,3	2,6
Био Гумат Универсальный + В (бор) (0,3) / Bio Humate Universal + B (boron) (0,3)	11,0	10,0	100	100	4,6	3,0
НСР _{0,5}	0,39	0,41				

Одним из важнейших биохимических показателей является количество сухих веществ в плодах. Наилучший результат у тыквы крупноплодной 7,8% в варианте с применением Био Гумат Универсальный + В (бор) (0,2) и 8,9% в варианте с увеличенной нормой Био Гумат Универсальный + В (бор) (0,3). Витамин С 13,3 мг % наблюдался в варианте с

применением Новалон Фолиар (0,9) у тыквы крупноплодной и 11,4 мг % у тыквы мускатной. Нитраты, как показатель чистоты получаемой продукции, во всех вариантах не превышали ПДК 200 мг/кг и находились на достаточно низком уровне как у тыквы крупноплодной, так и у мускатной.

Таблица 2 – Влияние водорастворимых удобрений на биохимический состав плодов тыквы крупноплодной и мускатной (2021-2023 гг.)

Table 2 – Effect of water-soluble fertilizers on the biochemical composition of large-fruited and nutmeg pumpkin fruits (2021-2023)

Варианты опыта / Experience options	Сухих веществ % / Dry matter %		Витамин С мг % / Vitamin C mg %		Нитраты мг/кг / Nitrates mg/kg	
	Крупноплодная / Large-fruited	Мускатная / Muscat	Крупноплодная / Large-fruited	Мускатная / Muscat	Крупноплодная / Large-fruited	Мускатная / Muscat
Контроль (без обработок) / Inspection (without processing)	7,5	7,2	6,7	7,2	12,5	13,3
2-х кратная обработка растений водой / 2-fold treatment of plants with water	7,0	7,0	9,0	9,1	12,7	12,1
Агровин Универсал (0,4) / Agrovin Universal (0.4)	7,5	7,9	8,9	7,8	16,7	12,0
Агровин Универсал (0,6) / Agrovin Universal (0.6)	7,4	7,6	8,5	10,7	15,9	11,0
Новалон Фолиар (0,6) / Novalon Folio (0.6)	6,8	7,5	11,5	8,8	15,6	12,9
Новалон Фолиар (0,9) / Novalon Folio (0.9)	7,7	8,0	13,3	11,4	15,5	22,7
Хакафос (0,6) / Hakafofos (0.6)	7,5	7,5	9,2	8,4	15,8	11,8
Хакафос (0,9) / Hakafofos (0.9)	7,3	8,2	10,1	7,8	14,8	11,9
Био Гумат Универсальный + В (бор) (0,2) / Bio Humate Universal + B (boron) (0.2)	7,8	7,9	11,9	7,5	14,3	11,5
Био Гумат Универсальный + В (бор) (0,3) / Bio Humate Universal + B (boron) (0.3)	7,1	8,9	7,1	8,9	15,3	10,1
НСР ₀₅	0,23	0,21	0,24	0,27	0,27	0,31

При сравнительной оценке экономических показателей исследуемых вариантов применения водорастворимых удобрений с данными без обработок (контроль) получили следующие результаты. Лучшие показатели проявились при использовании в виде фолиарных обработок увеличенной нормой водорастворимого удобрения Био Гумат + В (бор) (0,3). Урожайность увеличилась на 74%, так же как и стоимость валовой продукции. При

увеличении затрат на 24%, себестоимость 1 т продукции снизилась на 71%. Прибыль и рентабельность возросли на 141% и 86% соответственно. Окупаемость составила 1,46 на каждый затраченный 1 рубль. У оставшихся препаратов экономические показатели также находятся на достаточно высоком уровне.

Таблица 3 – Экономическая эффективность выращивания тыквы крупноплодной с применением водорастворимых удобрений (среднее за три года 2021-2023 гг.) цена 5 руб./кг
Table 3 – Economic efficiency of growing large-fruited pumpkin using water-soluble fertilizers (average for three years 2021-2023) price 5 rub/kg

Показатели / Indicators	Без обработки (контроль) / No processing (control)	Обработка растений водой / Treatment of plants with water	Агровин Универсал 0,4 кг/л / Agrovin Univeersal 0.4 kg/l	Агровин Универсал 0,6 кг / Agrovin Univeersal 0.6 kg /	Новалон Фолиар 0,6 кг / Novalon Folio 0.6 kg	Новалон Фолиар 0,9 кг / Novalon Folio 0.9 kg	Хакафос 0,6 кг / Khakafos 0.6 kg	Хакафос 0,9 кг / Khakafos 0.9 kg	Био Гумат+В 0,2 л / Bio Humate + B 0.2l	Био Гумат+В 0,3 л / Bio Humate + B 0.3l
Урожайность, т/га / Yield, t/ha	6,3	6,4	7,2	7,9	8,2	8,5	9,3	9,8	10,3	11,0
Затраты на 1 га, тыс.руб. / Costs per 1 ha, thousand rubles	18,0	18,4	18,8	19,6	21,5	21,9	22,4	23,0	22,0	22,4
Стоимость валовой продукции, тыс. руб./га. / Cost of gross production, thousand rubles / ha.	31,5	32,0	36,0	39,5	41,0	42,5	46,5	49,0	51,5	55,0
Себестоимость 1 т, руб. / Cost of 1 ton, RUB	2857	2875	2611	2481	2622	2576	2409	2347	2136	2036
Прибыль, тыс. руб./га / Profit, thousand rubles / ha	13,5	13,6	18,0	19,9	19,5	20,6	24,1	26,0	29,5	32,6
Уровень рентабельности, % / Profitability level, %	75	74	96	102	91	94	108	113	134	146
Окупаемость затрат, прибыль на 1 руб. затрат, руб. / Cost recovery, profit per 1 ruble of costs, rubles	0,75	0,74	0,96	1,02	0,91	0,94	1,08	1,13	1,34	1,46

Из приведенных данных мы видим, что при применении foliarных обработок с использованием водорастворимых удобрений при выращивании тыквы мускатной, так же как и у тыквы крупноплодной лидирующее место занимает вариант с применением Био Гумат + В (бор) (0,3 л).

Таблица 4 – Экономическая эффективность выращивания тыквы мускатной с применением водорастворимых удобрений (среднее за три года 2021-2023 гг.) цена 7 руб./кг
Table 4 – Economic efficiency of growing butternut squash using water-soluble fertilizers (average for three years 2021-2023) price 7 rub/kg

Показатели / Indicators	Без обработок (контроль) / No processing (control)	Обработка растений водой / Treatment of plants with water	Агровин Универсал 0,4 кг / Agrovin Universeal 0.4 kg	Агровин Универсал 0,6 кг / Agrovin Universeal 0.6 kg	Новалон Фолиар 0,6 кг / Novalon Folio 0.6 kg	Новалон Фолиар 0,9 кг / Novalon Folio 0.9 kg	Хакафос 0,6 кг / Hakafos 0.6 kg	Хакафос 0,9 кг / Hakafos 0.9 kg	Био Гумат+В 0,2 л / Bio Humate + B 0.2 l	Био Гумат+В 0,3 л / Bio Humate + B 0.3 l
Урожайность, т/га / Yield, t/ha	5,0	5,2	6,9	7,8	7,3	8,0	7,9	8,9	8,9	10,0
Затраты на 1 га, тыс. руб. / Costs per 1 ha, thousand rubles	19,0	19,4	19,8	20,6	22,5	22,9	23,4	24,0	23,0	23,4
Стоимость валовой продукции, тыс. руб./га. / Cost of gross production, thousand rubles / ha	35,0	36,4	48,3	54,6	51,1	56,0	55,3	62,3	62,3	70,0
Себестоимость 1 т, руб. / Cost of 1 ton, RUB	3800	3731	2869	2641	3082	2863	2962	2697	2584	2340
Прибыль, тыс. руб./га / Profit, thousand rubles / ha	16,0	17,0	28,5	34,0	28,6	33,1	31,9	38,3	39,3	46,6
Уровень рентабельности, % / Profitability level, %	84	88	144	165	127	145	136	160	171	199
Окупаемость затрат, прибыль на 1 руб. затрат, руб. / Cost recovery, profit per 1 ruble of costs, rubles	0,84	0,88	1,44	1,65	1,27	1,45	1,36	1,60	1,71	1,99

Заключение. Применение foliarных обработок водорастворимыми удобрениями связано с увеличением трудовых и материальных затрат, вложение которых выгодно тогда, когда прибыль от дополнительно полученной продукции превышает расходы, связанные с производственными затратами. Производственные расчёты экономической эффективности применения водорастворимых удобрений при возделывании тыквы различных видов показали, что прибыль получена при применении всех исследуемых препаратов. Применение foliarных обработок водорастворимыми удобрениями показало увеличение затрат, но при этом прибыль возрастает за счёт более высоких урожаев. Экономические показатели зависят и от спроса полученной продукции, и от товарного вида и качества плодов, а как показали исследования, все приведённые данные находятся на достаточно высоком уровне (урожайность, выход товарной продукции, средняя масса плода, биохимические показатели).

Conclusions. The use of foliar treatments with water-soluble fertilizers is associated with an increase in labor and material costs, the investment of which is beneficial when the profit from the additional products exceeds the costs associated with the costs incurred. Production calculations of the economic efficiency of the use of water-soluble fertilizers in the cultivation of pumpkins of various types showed that profit was obtained with the use of all the studied preparations. The use of foliar treatments with water-soluble fertilizers has shown an increase in costs, but at the same time, profits increase due to higher yields. Economic indicators depend on the demand for the products received, and on the marketable condition and quality of fruits, and as research has shown, all the data given are at a fairly high level (yield, yield of marketable products, average fruit weight, biochemical indicators).

Библиографический список

1. Montelaro J., Taylor J. Grom watermelon more profitably. Louisiana exp. Station, 1977. Pp. 5-8.
2. Рябчикова Н. Б., Колебошина Т. Г., Суслова В. А. Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество плодов арбуза в условиях открытого грунта Волгоградского Заволжья. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (72). С. 315-320.
3. Kaleboshina T. G., et al. Ecological safety and effectiveness of the growth regulator Vigor Forte and Agrovit fertilizers in the technology of growing of watermelon. AGRITECH-VI-2021 IOP: Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2022. V. 981.
4. Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Использование комплексных биопрепаратов при возделывании бахчевых культур на орошаемых землях Северного Прикаспия. Известия Нижневолжского аграрно-университетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 93-102.
5. Сухов А. Н., Имангалиев К. А., Имангалиева А. К. Агроэкономические основы полевых севооборотов обработка почвы в адаптивно – ландшафтном земледелии сухостепной и полупустынной зонах Нижнего Поволжья. Волгоград: Волгогр. ГСХА, 2011. 192 с.
6. Колебошина Т. Г. и др. Сравнительная оценка различных видов удобрений и способов их применения при выращивании бахчевых культур в условиях Волгоградского Заволжья. Известия Нижневолжского аграрно-университетского комплекса: наука и высшее образование. 2020. № 1 (57). С. 107-116.
7. Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Влияние внекорневого питания ростостимулирующими препаратами на урожайность и качество бахчевых культур. Известия Нижневолжского аграрно-университетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С.119-131.
8. Лазыко В. Э., Варивода Е. А., Якимова О. В., Ковалева Е. В., Курунина Д. П. Экологическое испытание тыквы для формирования адресного сортимента для зон выращивания бахчевых культур. Эколого-генетические основы селекции и возделывания сельскохозяйственных культур: материалы Международной научно-практической конференции и школы молодых ученых по эколого-генетическим основам растениеводства. Краснодар: ФГБНУ «ФНЦ риса». С. 141-146.
9. Oberoi D. P. S., Sogi S. Utilization of watermelon pulp for lycopene extraction by response surface methodology. Food Chemistry. 2017. V. 232. Pp. 1-7.
10. Рябчикова Н. Б., Колебошина Т. Г. Эта удивительная тыква. Перспективы лекарственного растениеводства. М., 2018. С. 254-259.
11. Рябчикова Н. Б. и др. Влияние минеральных удобрений на развитие, урожайность и качество плодов дыни. Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий. 2019. Т. 1. С. 172-179.
12. NeSmith D. S. Root distribution and yield of direct seeded and transplanted watermelon. I. Am. Soc. Hortic. Sc. 1999. V. 124. № 5. Pp. 458-461.
13. Рябчикова Н. Б. и др. Эффективность применения новых видов и норм водорастворимых удобрений в технологии выращивания арбуза столового в условиях Волгоградского Заволжья. Труды Кубанского ГАУ. 2019. С. 67-71.
14. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Россельхозакадемия, 2011. 648 с.
15. Литвинов С. С. Энциклопедия овощеводства (термины, понятия, определения). М.: ГНУ ВНИИО, 2014. 812 с.

References

1. Montelaro J., Taylor J. Grom watermelon more profitably. Louisiana exp. Station, 1977. Pp. 5-8.
2. Ryabchikova N. B., Kaleboshina T. G., Suslova V. A. Effect of Growth Stimulators on Watermelon Fruit Yield and Quality in Open Ground Conditions of the Volgograd Trans-Volga Region. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2018. № 3 (72). Pp. 315-320.
3. Kaleboshina T. G., et al. Ecological safety and effectiveness of the growth regulator Vigor Forte and Agrovit fertilizers in the technology of growing of watermelon. AGRITECH-VI-2021 IOP: Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2022. V. 981.
4. Tyutyuma N. V., Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. Use of Complex Biological Preparations in the Cultivation of Melons on Irrigated Lands of the Northern Caspian Region. Proceedings of the Lower Volga Agrarian and University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. № 2 (62). Pp. 93-102.
5. Sukhov A. N., Imangaliyev K. A., Imangaliyeva A. K. Agro-economic bases of field crop rotations of tillage in adaptive-landscape agriculture in the dry steppe and semi-desert zones of the Lower Volga region. Volgograd: Volgogr. State Agricultural Academy, 2011. 192 p.
6. Comparative assessment of various types of fertilizers and methods of their application in the cultivation of melons and gourds in the conditions of the Volgograd Trans-Volga region. Proceedings of the Lower Volga Agrarian and University Complex: Science and Higher Education. 2020. № 1 (57). Pp. 107-116.

7. Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. Effect of foliar nutrition with growth-stimulating preparations on yield and quality of melons. Proceedings of the Lower Volga Agrarian and University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. № 2 (62). Pp. 119-131.
8. Lazko V. E., Varivoda E. A., Yakimova O. V., Kovaleva E. V., Kurunina D. P. Ecological Testing of Pumpkin for the Formation of an Address Assortment for Melon Growing Zones. Ecological and genetic foundations of selection and cultivation of agricultural crops: materials of the International Scientific and Practical Conference and School of Young Scientists on Ecological and Genetic Foundations of Crop Production. Krasnodar: Federal Research Center for Rice. Pp. 141-146.
9. Oberoi D. P. S., Sogi S. Utilization of watermelon pulp for lycopene extraction by response surface methodology. Food Chemistry. 2017. V. 232. Pp. 1-7.
10. Ryabchikova N. B., Koleboshina T. G. This amazing pumpkin. Prospects for medicinal plant science. Moscow, 2018. Pp. 254-259.
11. Ryabchikova N. B. et al. Effect of mineral fertilizers on the development, yield and quality of melon fruits. Development of the agro-industrial complex based on the principles of rational use of natural resources and the use of convergent technologies. 2019. V. 1. Pp. 172-179.
12. NeSmith D. S. Root distribution and yield of direct seeded and transplanted watermelon. I. Am. Soc. Hortic. Sc. 1999. V. 124. № 5. Pp. 458-461.
13. Efficiency of the use of new types and rates of water-soluble fertilizers in the technology of growing table watermelon in the conditions of the Volgograd Trans-Volga region. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2019. Pp. 67-71.
14. Litvinov S. S. Methods of field experiment in vegetable growing. Moscow, Rosselkhozakademiya Publ., 2011. 648 p.
15. Litvinov S. S. Encyclopedia of vegetable growing (terms, concepts, definitions). Moscow: GNU VNIIO, 2014. 812 p.

Информация об авторах

Рябчикова Наталья Борисовна, научный сотрудник отдела агротехники и первичного семеноводства, Быковская бахчевая селекционная опытная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (Российская Федерация, 404067, Волгоградская область, Быковский район, поселок Зеленый, улица Сиреневая, д. 11), ORCID 0000-0002-2428-1391.

Корнилова Мария Сергеевна, научный сотрудник отдела селекции, Быковская бахчевая селекционная опытная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (Российская Федерация, 404067, Волгоградская область, Быковский район, поселок Зеленый, улица Сиреневая, д. 11), ORCID 0000-0003-2030-7838.

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

Author's Information

Ryabchikova Natalia Borisovna, researcher at the Department of agrotechnics and primary seed production of the Bykovskaya Melon Breeding Experimental Station – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing" (Russian Federation, 404067, Volgograd Region, Bykovsky District, Zeleny Village, Sirenevaya Street 11), ORCID 0000-0002-2428-1391.

Kornilova Maria Sergeevna, Researcher at the breeding Department of the Bykovskaya Melon Breeding Experimental Station – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing", Russian Federation, 404067, Volgograd Region, Bykovsky District, Zeleny Village, Sirenevaya Street 11), ORCID 0000-0003-2030-7838.

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

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-15

**THE RESULTS OF THE STUDY OF THE WORLD COLLECTION OF SPRING BARLEY
FOR THE COLLECTION OF PROTEIN AND LYSINE IN THE CONDITIONS
OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE MIDDLE VOLGA REGION**

Nikonorova Yu. Yu., Kosykh L. A., Shipovalova A. V., Ermilina N. N.

*Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
Kinel, Samara Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: yuliya_zinkova12@mail.ru

Received 11.04.2024

Submitted 25.07.2024

Summary

This article describes a comprehensive assessment of new varieties of spring barley in a competitive variety testing. The studied varieties turned out to be more resistant to the extreme conditions of the Middle Volga region zone than they are recommended for cultivation in the 7th region.

Abstract

Introduction. This article describes a comprehensive assessment of new varieties of spring barley in a competitive variety testing. The studied varieties turned out to be more resistant to the extreme conditions of the Middle Volga region zone than they are recommended for cultivation in the 7th region. **The purpose** is to study the varieties of the world collection of spring barley in order to isolate high-protein and high-

lysine forms in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region to create new promising varieties. **Object.** The main objects of the study were high-protein varieties of the collection of spring barley varieties. **Materials and methods.** The experimental part of the work was carried out during 2021-2023 in the experimental fields of the Volga Research Institute of the Russian Academy of Sciences, located in the forest-steppe zone of the Kinel'sky district of the Samara region. **Results and conclusion.** As a result of the study, a group of high-protein barley with improved feed value was identified: four varieties (Ratnik, Kamyshevsky 23, Talovsky 9 and Stimul). In these varieties, the range of variation of the average protein content in grain over the years of the study was 16.2-16.8%, lysine 0.44-0.48, weight of 1000 grains – 42.5-48.3 g. In the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region in dry years, the studied varieties had maximum protein values – 18.1% and the essential amino acid lysine – 0.5%. By collecting the essential amino acid lysine from a unit area, the Ratnik variety stood out among the studied samples – 1.6 c/ha, which is 0.5 c/ha higher than the standard. The maximum protein harvest in the varieties Stimul, Kamyshevsky 23, Talovsky 9 averaged 12.5-14 c/ha per unit area over the years of the study, and the essential amino acid was 0.1-0.2 c/ha. When evaluating the selected varieties in terms of productive bushiness, the values ranged from 1.8-2.6 pcs, when the standard variety Volga 65 – 2.1. According to the data obtained, the high-protein varieties Ratnik, Kamyshevsky 23, Talovsky 9 and Stimul have a short growing season compared with the studied varieties and on average it is less than 5 days. High-protein varieties are distinguished by valuable characteristics for the Middle Volga region by a combination of economic characteristics – high drought resistance (5 points according to the scale of the State Agricultural Testing method), resistance to lodging (5 points) and germination on the root (5 points). **Conclusions.** Selected varieties, selected varieties should be used as parent forms for crossing with the further production of new promising varieties with high-protein and high-lysine properties of grain for feed purposes.

Keywords: selection of spring barley, spring barley varieties, protein, lysine, barley grain quality, spring barley yield.

Citation. Nikonorova Yu. Yu., Kosykh L. A., Shipovalova A. V., Ermilina N. N. The results of the study of the world collection of spring barley for the collection of protein and lysine in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 141-149 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-15.

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 633.162:631.527

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО СБОРУ БЕЛКА И ЛИЗИНА В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Никонорова Ю. Ю., младший научный сотрудник

Косых Л. А., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Шиповалова А. В., младший научный сотрудник

Ермилина Н. Н., младший научный сотрудник

*Самарский федеральный исследовательский центр РАН
г. Кинель, Самарская область, Российская Федерация*

Актуальность. На сегодняшний день перед селекционерами стоит задача создание высокобелковых и высоколизинных сортов, которые должны обладать полезными свойствами, прежде всего высокой урожайностью, устойчивостью к полеганию и болезням. **Цель исследования:** изучение сортов мировой коллекции ярового ячменя с целью выделения высокобелковых и высоколизинных форм в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья для создания новых перспективных сортов. **Основными объектами** исследования выступали высокобелковые сорта коллекции сортов ярового ячменя. **Материалы и методы.** Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2021-2023 гг. на опытных полях Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН, расположенных в лесостепной зоне Кинельского района Самарской области. **Результаты.** В результате исследования была выделена группа высокобелковых ячменей с улучшенной кормовой ценностью: четыре сорта (Ратник, Камышевский 23, Таловский 9 и Стимул). У данных сортов размах варьирования среднее содержания белка в зерне за годы исследования составило 16,2-16,8%, лизина 0,44-0,48%, массы 1000 зерен – 42,5-48,3 г. В условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья в засушливые годы изучаемые сорта имели максимальные показатели белка – 18,1% и незаменимой аминокислоты лизина – 0,5%. По сбору незаменимой аминокислоты лизина с единицы площади среди исследуемых образцов выделился сорт Ратник – 0,16 т/га, что на 0,05 т/га превышает стандарт. Самый максимальный сбор белка у сортов Стимул, Камышевский 23, Таловский 9 в среднем за годы исследования и

составил – 1,3-1,4 т/га с единицы площади, а незаменимой аминокислоты – 0,01-0,02 т/га. При оценке выделившихся сортов по показателю продуктивная кустистость значения варьировали от 1,8-2,6 шт., когда у стандартного сорта Поволжский 65 – 2 шт. Согласно полученным данным у высокобелковых сортов Ратник, Камышенский 23, Таловский 9 и Стимул короткий вегетационный период в сравнении с изучаемыми сортами и в среднем он меньше на 5 дней. Высокобелковые сорта отличаются ценными признаками для Средневолжского региона сочетанием хозяйственных признаков – высокая засухоустойчивость (5 баллов согласно шкале методике Госсортоиспытания), устойчивость к полеганию (5 баллов) и прорастанию на корню (5 баллов). Выводы. Отобранные сорта, выделенные сорта целесообразно применять как родительские формы для скрещивания с дальнейшим получением новых перспективных сортов с высокобелковыми и высоколизиновыми свойствами зерна на кормовые цели.

Ключевые слова: селекция ярового ячменя, сорта ярового ячменя, белок, лизин, качество зерна ячменя, урожайность ярового ячменя.

Цитирование. Никонорова Ю. Ю., Косых Л. А., Шиповалова А. В., Ермилина Н. Н. Результаты изучения мировой коллекции ярового ячменя по сбору белка и лизина в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 141-149. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-15.

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 кормовой базы тесно связано с увеличением производства зерна и создания высокобелковых и высоколизиновых сортов, которые должны обладать полезными свойствами, прежде всего высокой урожайностью, устойчивостью к полеганию и болезням. В настоящее время европейские селекционные фирмы ориентируются в основном на создание сортов ячменя пивоваренного назначения, с содержанием белка не более 12%. Следовательно, отечественные сорта ячменя на кормовые цели более конкурентны и широко востребованы в разных регионах нашей страны [1-2].

С помощью системного подхода в селекции ячменя на экологическую пластичность используются в скрещивание сорта ячменя мировой коллекции с наиболее продуктивными формами и источниками с высоким содержанием белка для создания новых перспективных сортов с высокой биоэнергетической ценностью для кормовых целей [3].

Ячмень как зернофуражная культура имеет важное значение в удовлетворении потребностей животноводства в растительном белке. В нашей стране на кормовые цели, включая производство комбикормов, идет примерно 75% общего количества производимого зерна ячменя. Кормовые достоинства ячменя зависят от содержания белка. Ценность белка определяется аминокислотным составом и, прежде всего, наличием незаменимых аминокислот, в числе которых ведущее значение принадлежит лизину. В этой связи селекция на увеличение количества и улучшение качества растительной продукции становится все более важным направлением [4].

Основной путь решения этой проблемы – выведение сортов с высоким содержанием белка и лизина. Успех селекции на качества зерна зависит от наличия исходного материала, получение которого может идти как по линии выделения перспективных образцов из мировой коллекции, так и путем создания гибридных или мутантных форм с высоким содержанием белка и лизина [5-7].

Цель исследования – изучение сортов мировой коллекции ярового ячменя с целью выделения высокобелковых и высоколизиновых форм в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья для создания новых перспективных сортов.

Условия, материалы и методы. Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2021-2023 гг. на опытных полях Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН, расположенных в лесостепной зоне Кинельского района Самарской области.

В качестве исходного материала для изучения использованы образцы двухрядного ярового ячменя (более 100 образцов) из коллекции сортов ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова».

Агротехнические мероприятия осуществляли по общепринятой технологии для лесостепной зоны Среднего Поволжья.

Фенологические наблюдения, учет урожая и анализы растений проведены по методическим указаниям по изучению сохранению мировой коллекции ячменя и овса (2012). Закладка опыта осуществлялась согласно методике государственного сортоиспытания. Учетная площадь делянки – 1,5 м², норма высева 450 всхожих зерен на 1 м², стандартный сорт Поволжский 65 высевался через 20 номеров, повторность – двукратная. Посев двурядного ярового ячменя проводился сеялкой ССФК – 7 М. Уборку делянок проводили в фазу полной спелости селекционным комбайном Sampo – 130.

Почва опытного участка – чернозем типичный малогумусный (в среднем 5-6%), среднесиловый, легкоглинистый. Содержание питательных элементов в почве: подвижного фосфора – 61,4-77,0 мг/кг (среднее); обменного калия – 374,0-423,0 мг/кг (очень высокое); легкогидролизующего азота – 28,5-49,4 мг/кг (низкое и среднее). По степени кислотности почва опытного участка слабокислая (рН = 5,4).

Биохимические показатели качества зерна ячменя определяли методом ИК – инфракрасной спектроскопии на приборе «ИнфРАЛЮМ ФТ – 12». Изучение физических и химических свойств коллекционного материала проводилось согласно нормативно техническим документам.

Математическая обработка данных проводилась с использованием компьютерной программы «MicrosoftOfficeExcel» согласно методике полевого опыта [8-9].

Погодные условия лет изучения отличались значительным разнообразием (таблица 1), что позволило достаточно полно оценить уровень и стабильность агрономических признаков [10, 11].

Результаты и их обсуждение. В 2021 г. май характеризовался жаркой погодой и дефицитом осадков. Значение средних температур воздуха за месяц составил плюс 20,7 °С (выше нормы на 5,7 градусов). Май отличался дефицитом осадков (20,8 мм) при норме (33,8 мм). В июне средняя температура воздуха составила – 22,0 °С и превысила норму всего лишь на 0,3 градуса, он этот месяц отличился осадками, выпало 72,3 мм, что на 32,4% больше от нормы. Июль отличился высоким температурным режимом (23,4 градуса) и острым дефицитом осадков (17,7) при норме 21,7 °С и 50,2 мм. В целом погодные условия вегетационного периода 2021 г. значительно отличались от среднесуточных значений, характеризуется широким диапазоном варьирования. Величина гидротермического коэффициента за вегетационный период ярового ячменя составил (ГТК – 0,40).

Таблица 1 – Метеоданные за вегетационный период 2020-2022 гг.

(п.г.т. Усть-Кинельский ФГБОУ ВПО «Самарская ГАУ»)

Table 1 – Meteorological data for the growing season 2020-2022
(Ust-Kinelsky Samara State Agricultural University)

Период / Period	2021	2022	2023	Норма / Norm
Среднесуточная температура, °С / Average daily temperature, °C				
Май / May	20,7	11,2	17,5	15,0
Июнь / June	22,0	18,9	18,0	19,7
Июль / July	23,4	22,6	23,5	21,7
Август / August	24,7	24,1	20,0	19,3
Количество осадков, мм / Precipitation, mm				
Май / May	20,8	83,5	26,0	33,8
Июнь / June	72,3	53,9	37,0	54,6
Июль / July	17,7	12,1	33,0	50,2
Август / August	0,6	24,4	13,0	43,2

В 2022 г. вегетационный период ярового ячменя можно охарактеризовать как контрастный и по температурному режиму, и по увлажнению. В мае выпало избыточное количество осадков 83,5 мм, что больше нормы на 50 мм, а средняя температура воздуха на 3,8 градуса меньше среднесуточной. Температурный режим, сложившийся после посева, благоприятно повлиял на дружность всходов. Величина гидротермического коэффициента за вегетационный период налива зерна ярового ячменя составил (ГТК – 0,17).

В 2023 г. вегетационный период ярового ячменя в целом можно охарактеризовать как удовлетворительный по температурному режиму и увлажнению. Первая половина вегетации проходила в температурных условиях на уровне среднесезонных значений, в мае потребность растений в воде удовлетворялась зимне-весенними запасами влаги, осадками, выпавшими в мае (26 мм), а первая половина июня характеризовалась выпадением 37 мм осадков. Благоприятный температурный режим, сложившийся после посева, способствовал получению дружных всходов. В период налива зерна наблюдали повышенную температуру воздуха (на 2,3 °С выше среднесезонных значений), количество выпавших за этот период осадков было незначительным (33,0 мм), ГТК – 0,29. Средняя температура воздуха за май-июль составила 17,7 °С, что на уровне среднесезонного значения, количество выпавших за вегетацию осадков составило 109 мм.

В целом сложившиеся климатические условия позволили достаточно полно оценить коллекционный материал по основным хозяйственно ценным признакам и свойствам.

Главным критерием питательной ценности фуражного зерна ячменя является повышенное содержание в нем белка и незаменимых аминокислот.

Таблица 2 – Характеристика сортов ярового ячменя выделенных
по кормовым качествам, колл. сорт (2021-2023 гг.)

Table 2 – Characteristics of spring barley varieties distinguished by forage qualities, coll. grade (2021-2023)

№ по каталогу ВИР / No according to the VIR catalogue	Сорт / Sort	Происхождение / Origin	Разновидность / Variety	Белок (N*5,7)%		Лизин в зерне, % / Lysine in grain, %	Урожай, т/га / Harvest, t/ha
				Среднее / Average	Амплитуда колебания / Oscillation Amplitude		
30311	Поволжский 65 (st) / Povolzhskii 65	Самарская обл. / Samara Region	Medicum	14,5	13,4-15,3	0,39	2,8
30828	Ратник / Ratnik	Ростовская обл. / Rostov Region	Nutans	16,2	15,5-16,9	0,46	3,5
31146	Водар / Vodar	Беларусь / Belarus	Nutans	16,9	16,6-17,3	0,49	2,1
31149	Магутны / Magutni	Беларусь / Belarus	Deficiens	15,8	15,5-16,2	0,46	2,5
П-00072	KWS Tessa	Германия / Germany	Nutans	15,9	15,1-16,7	0,48	1,9
31124	Асем / Asem	Казахстан / Kazakhstan	Nutans	15,7	14,6-16,7	0,45	2,8
30244	Камышинский 23 / Kamishinskii 23	Волгоградская обл. / Volgograd region	Medicum	16,3	15,7-16,7	0,48	2,8
31041	Таловский 9 / Tavlovskii 9	Воронежская обл. / Voronezh Region	Medicum	16,8	15,2-17,9	0,44	2,9
30882	Стимул / Stimul	Краснодарский край / Krasnodar Territory	Nutans	16,3	14,3-18,3	0,47	3,0
30997	Гармония / Garmonia	Украина / Ukraine	Nutans	16,9	15,5-18,0	0,49	1,8
31250	Pionier	Франция / France	Deficiens	15,2	13,9-16,6	0,44	2,8
НСР ₀₅				1,31	-	0,07	1,0

В результате проведенных исследований в различные по влагообеспеченности годы (2021-2023 гг.) среди номеров коллекции сортов была выделена группа высокобелковых ячменей с улучшенной кормовой ценностью (таблица 2).

Белок играет решающую роль во всех жизненных процессах растительных клеток и всего организма в целом. Белки имеют сложный химический состав. Основными химическими компонентами, составляющими белок, является аминокислоты [12].

Согласно полученным данным, наибольшее значение белка (16,9%) и содержание незаменимой аминокислоты лизин в зерне (0,49%) за годы исследования было отмечено у сортов Водар и Гармония. Но, однако, по средней урожайности эти сорта оказались менее продуктивными и стандартный сорт Поволжский 65 не превысили. У сортов Таловский 9 и Стимул урожайность составила – 2,9-3,0 т/га, что превышали стандарт на 1-2 т/га.

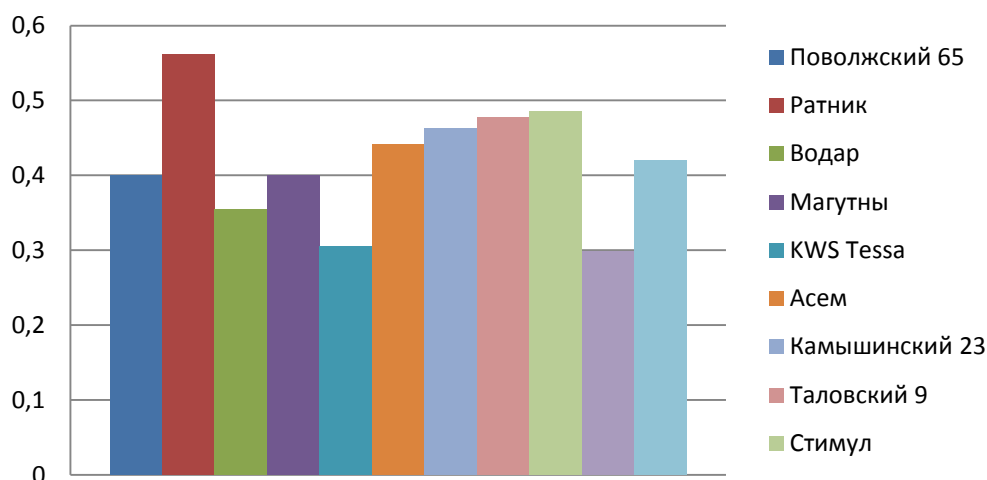


Рисунок 1 – Характеристика сортов ярового ячменя по содержанию белка с 1 га, т/га колл. сорт 2021-2023 гг.

Figure 1 – Characteristics of spring barley varieties by protein content from 1 ha, t/ha coll. variety 2021-2023

В наших опытах содержание белка в зерне разных сортов в питомнике коллекции сортов ярового ячменя за годы исследования в среднем варьировало от 13,4 до 17,3%, а лизина от 0,39 до 0,49%. При средней урожайности 3,5 т/га сорт Ратник обеспечил сбор белка с 1 га – 0,56 т/га. Сорта Таловский 9 и Стимул по этому показателю оказались менее продуктивны, но превышали стандартный сорт Поволжский 65 на 0,1 т/га (см. рисунок 1)

Аминокислота лизин для животных входит в состав белков и влияет на качество производимого продукта. Вещество способствует протеканию окислительно-восстановительных процессов в клетках, катализирует дезаминирование и переаминирование биологических соединений, ацильные реакции. Аминокислота также необходима для нормального усвоения фосфора, кальция. Дефицит лизина угнетает функцию костного мозга и нервной системы [1].

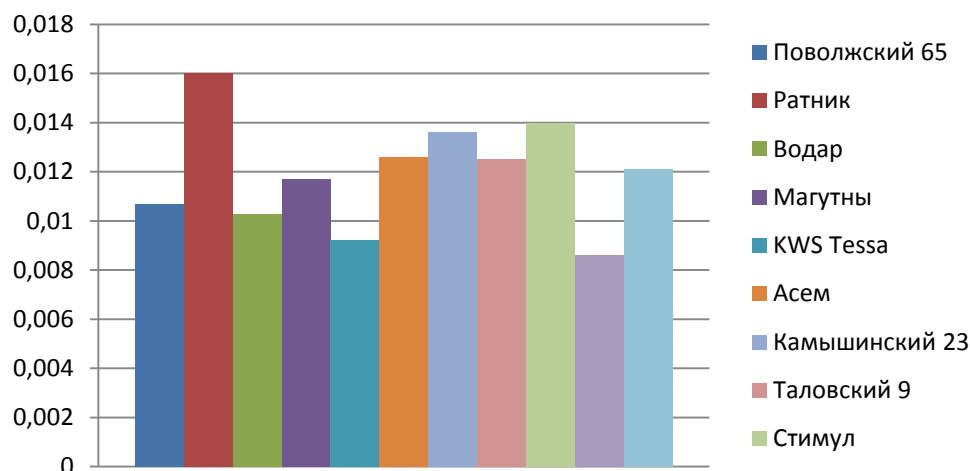


Рисунок 2 – Характеристика сортов ярового ячменя по сбору лизина с 1 га, т/га колл. сорт 2021-2023 гг.

Figure 2 – Characteristics of spring barley varieties for the collection of lysine from 1 ga, t/ga coll.grade 2021-2023

Проведенные расчеты на основе биохимического анализа зерна выявили различия между изучаемыми сортами как по содержанию питательных веществ. По сбору незаменимой аминокислоты лизина с единицы площади среди исследуемых образцов выделился сорт Ратник – 0,16 т/га, что на 0,05 т/га превышает стандарт. У сортов Стимул, Камышенский 23, Таловский 9 среднее содержание лизина за годы исследования составило 0,44-0,48%, а сбор белка с 1 га составил 1,3-1,4 т/га и превышает стандартный сорт Поволжский 65 на 16-30%.

Таблица 2 – Показатели структуры урожая сортов ярового ячменя с повышенным содержанием белка, колл.сорт (2021-2023 гг.)

Table 2 – Indicators of the yield structure of spring barley varieties with a high protein content, coll.grade (2021-2023)

Показатели / Indicators	Поволжский 65 (st) / Povolzhskii 65	Ратник / Ratnik	Водар / Vodar	Магутны / Magutni	KWS Tessa	Асем / Asem	Камышинский 23 / Kamishenskii 23	Таловский 9 / Tavlovskii 9	Стимул / Stimul	Гармония / Garmonia	Pionier	НСП ₀₅
Вегетационный период (от всходов до хоз. спелости), дней / Vegetation period (from germination to household ripeness), days	70,0	68,0	72,3	71,0	71,3	71,0	69,0	68,0	64,3	71,0	71,7	3,7
Период от колошения до хоз.спелости, дней / Period from earing to household ripeness, days	31,6	29,6	32,6	33,0	32,7	32,0	33,7	32,7	34,7	32,7	33,0	6,3
Высота растений, см / Plant height, cm	70,1	54,2	52,8	52,0	63,0	53,2	58,9	61,0	56,1	59,2	51,1	5,1
Продуктивная кустистость, стеблей / Productive bushiness, stems	2,1	2,1	1,6	2,6	2,5	1,4	2,4	2,5	2,1	1,8	2,0	0,7
Длина колоса, см / Ear length, cm	8,0	6,8	6,4	5,8	6,8	7,3	6,8	6,8	6,8	6,4	6,1	0,9
Число зерен в колосе, шт. / Number of grains in the ear, pcs	17,0	14,9	17,4	15,2	17,7	17,2	17,6	15,4	16,3	15,6	15,7	2,6
Масса 1000 зерён, г / Weight 1000 grains, g	41,0	48,3	42,3	42,5	38,2	43,4	42,5	46,1	41,5	42,8	45,0	2,8
Устойчивость к полеганию, балл / Tolerance to lodging, score	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	-

Продуктивность сортов формируется благодаря высоким показателям структуры урожая, в первую очередь это высокая продуктивная кустистость и масса 1000 зерён (таблица 3).

Анализируя данные вегетационного периода, можно отметить, что у высокобелковых сортов Ратник, Камышенский 23, Таловский 9 и Стимул этот показатель протекает быстрее остальных на 2-7 дней, что на 3-9% быстрее стандартного сорта Поволжский 65.

Продуктивная кустистость высокобелковых сортов варьировалась от 1,8-2,6 шт (у стандарта – 2,1). Самое крупное зерно с средней массой 1000 семян среди изучаемых сортов было у сорта Ратник – 48,3 г и у Таловский 9-46,1 г, что на 17-12% больше стандартного сорта. Высокобелковые сорта отличаются ценными признаками для Средневолж-

ского региона сочетанием хозяйственных признаков – высокая засухоустойчивость (5 баллов согласно шкале методике Госсортоиспытания), устойчивость к полеганию (5 баллов) и прорастанию на корню (5 баллов).

Заключение. В результате многолетних селекционных наблюдений и исследований, выделены сорта из мировой коллекции ярового ячменя, которые, независимо от погодных условий, смогли дать высокий урожай с высоким содержанием белка и лизина в условиях лесостепи Средневолжского региона. Такими сортами оказались сорта Ратник с вегетационным периодом 68 дней, с крупным зерном, массой 1000 зерён – 48,3, урожайность. 3,5 т/га и сбором с 1 га белка – 0,56 т/га и лизина – 0,016 т/га. Сорта Камышенский 23, Таловский 9 и Стимул по этим признакам оказались менее продуктивными, но превышали стандартный сорт Поволжский 65: по вегетационному периоду на 3-9%, по массе 1000 зерён – 1-17%, по средней урожайности – 3%, а по сбору белка и лизина с единицы площади на 20% и 31%. Таким образом, выделенные сорта целесообразно применять как родительские формы для скрещивания с дальнейшим получением новых перспективных сортов с высокобелковыми и высоколизиновыми свойствами зерна на кормовые цели.

Conclusions. As a result of long-term breeding observations and research, varieties from the world collection of spring barley have been identified, which, regardless of weather conditions, were able to produce a high yield with a high content of protein and lysine in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region. Such varieties turned out to be Ratnik varieties with a growing period of 68 days, with large grain, weighing 1000 grains – 48.3, yield. 3.5 t/ha and collection from 1 ha of protein – 0.56 t/ha and lysine – 0.016 t/ha. The Kamyshensky 23, Talovsky 9 and Stimul varieties turned out to be less productive according to these characteristics, but exceeded the standard Volga 65 variety: by 3.9% in the growing season, by the weight of 1000 grains – 1-17%, by the average yield – 3%, and by the collection of protein and lysine per unit area by 20% and 31%. Thus, it is advisable to use the selected varieties as parent forms for crossing with the further production of new promising varieties with high-protein and high-lysine properties of grain for fodder purposes.

Библиографический список

1. Левакова О. В., Ерошенко Л. М. Высокобелковые сорта и перспективные линии ярового ячменя. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 6. С. 23-25.
2. Шаболкина Е. Н. и др. Оценка урожайности, содержания белка в зерне и пленчатости ярового ячменя в условиях Среднего Поволжья. Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15. № 4. С. 72-77.
3. Еремина О. Ю., Серегина Н. В., Аверина Е. Ю. Сравнительный анализ аминокислотного состава соловых ростков пшеницы и ячменя. Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2022. № 5 (76). С. 61-66.
4. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/3e5/3e5941f295a77fdcfed2014f82ecf37f.pdf>.
5. Кукушкина Л. А., Вуколов В. В. Оценка исходного материала на крупность, скороспелость и продуктивность для создания сортов ярового ячменя в условиях среднего Поволжья. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2019. Т. 21. № 6 (92). С. 29-37.
6. Губанова В. М., Губанов М. В. Технологические и биохимические характеристики зерна пленчатого и голозерного ячменя в условиях северного Зауралья. Пермский аграрный вестник. 2018. № 4 (24). С. 47-52.
7. Ерошенко Л. М. и др. Оценка качественных показателей зерна сортов и линий ярового ячменя. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20. № 2. С. 126-133.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 2014. 336 с.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 1. Общая часть. М., 2019. 384 с.
10. Косых Л. А., Столпивская Е. В., Никонорова Ю. Ю. Влияние погодных условий на хозяйственно ценные признаки сортов ячменя ярового в лесостепной зоне среднего Поволжья. Вестник КрасГАУ. 2022. № 1 (178). С. 31-38.
11. Hakala K., et al. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future. Field Crops Research. 2020. V. 259.
12. Sanina N. V. The productivity and spring barley grain quality depending on mineral fertilizer systems. BIO OF Conferenes. 2020. V. 27. P. 00049. <https://elibrary.ru/item.asp?id=46551042&pff=1>.
13. Соболева О. М., Кондратенко Е. П., Сухих А. С. Повышение биологической ценности зерна ячменя при диазототрофной бактериализации. Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 12. С. 98-101.

References

1. Levakova O. V., Eroshenko L. M. High-protein varieties and promising lines of spring barley. Bulletin of the Russian Agricultural Science. 2019. No 6. Pp. 23-25.
2. Shabolkina E.N., et al. Assessment of yield, protein content in grain and film content of spring barley in the conditions of the Middle Volga region. Grain farming of Russia. 2023. Vol. 15. No 4. Pp. 72-77.
3. Eremina O. Yu., Seregina N. V., Averina E. Yu. Comparative analysis of the amino acid composition of malt wheat and barley sprouts. Technology and commodity science of innovative food products. 2022. № 5 (76). Pp. 61-66.
4. Official website of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/3e5/3e5941f295a77fdcfed2014f82ecf37f.pdf>.

5. Kukushkina L. A., Vukolov V. V. Evaluation of the source material for size, precocity and productivity for the creation of spring barley varieties in the conditions of the Middle Volga region. *Izvestiya Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2019. Vol. 21. No. 6 (92). Pp. 29-37.
6. Gubanova V. M., Gubanov M. V. Technological and biochemical characteristics of grain of flat and naked barley in the conditions of the northern Urals. *Perm Agrarian Bulletin*. 2018. № 4 (24). Pp. 47-52.
7. Eroshenko L. M., et al. Evaluation of quality indicators of grain varieties and lines of spring barley. *Agricultural science of the Euro-Northeast*. 2019. Vol. 20. No. 2. Pp. 126-133.
8. Dospekhov B. A. *Methodology of field experience*. M.: Kolos, 2014. 336 p.
9. *Methodology of state variety testing of agricultural crops*. Issue 1. General part. M., 2019. 384 p.
10. Kosykh L. A., Stolpivskaya E. V., Nikonova Yu. Yu. The influence of weather conditions on economically valuable characteristics of spring barley varieties in the forest-steppe zone of the Middle Volga region. *Bulletin of KrasGAU*. 2022. No. 1 (178). Pp. 31-38.
11. Hakala K., et al. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future. *Fild Crops Research*. 2020. V. 259.
12. Sanina N. V. The productivity and spring barley grain quality depending on mineral fertilizer systems. *BIO OF Coferences*. 2020. V. 27. P. 00049. <https://elibrary.ru/item.asp?id=46551042&pff=1>.
13. Soboleva O. M., Kondratenko E. P., Sukhikh A. S. Increasing the Biological Value of Barley Grain in Diazotrophic Bacterization. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2019. V. 33. № 12. Pp. 98-101.

Информация об авторах

Никонорова Юлия Юрьевна, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернофуражных культур, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова (Российская Федерация, 446442, Самарская область, г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, д. 76), ORCID ID: 0000-0003-0376-261X, e-mail: yuliya_zinkova12@mail.ru

Косых Лариса Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернофуражных культур, ученый секретарь, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова (Российская Федерация, 446442, Самарская область, г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, д. 76), ORCID ID: 0000-0002-1804-5851, e-mail: laramart163@mail.ru

Шиповалова Анна Валерьевна, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернофуражных культур, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова (Российская Федерация, 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, д. 76), ORCID ID: 000-0002-1325-9412.

Ермилина Наталья Николаевна, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернофуражных культур, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова (Российская Федерация, 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, д. 76), ORCID ID: 0000-0002-3008-671X.

Author's Information

Nikonorova Yulia Yurievna, Junior Researcher of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Forage Crops, Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Volga Research Institute of Breeding and Seed Production named after P. N. Konstantinov (Russian Federation, 446442, Samara Region, Kinel, town. Ust-Kinelsky, Shosseynaya St., 76), ORCID ID: 0000-0003-0376-261X, e-mail: yuliya_zinkova12@mail.ru

Kosykh Larisa Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Forage Crops, Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Volga Research Institute of Breeding and Seed Production named after P. N. Konstantinov (Russian Federation, 446442, Samara Region, Kinel, town. Ust-Kinelsky, Shosseynaya St., 76), ORCID ID: 0000-0002-1804-5851, e-mail: laramart163@mail.ru

Shipovalova Anna Valerievna, Junior Researcher of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Forage Crops, Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Volga Research Institute of Breeding and Seed Production named after P. N. Konstantinov (Russian Federation, 446442, Samara Region, Kinel, town. Ust-Kinelsky, Shosseynaya St., 76), ORCID ID: 000-0002-1325-9412.

Ermilina Natalia Nikolaevna, of the Laboratory of Breeding and Seed Production of Forage Crops, Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Volga Research Institute of Breeding and Seed Production named after P. N. Konstantinov (Russian Federation, 446442, Samara Region, Kinel, town. Ust-Kinelsky, Shosseynaya St., 76), ORCID ID: 0000-0002-3008-671X.

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-16

YIELD AND GRAIN QUALITY OF SPRING BARLEY WITH THE APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS ON LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE VOLGA-DON INTERFLIVE REGION**Borodai D. D., Ivanov V. M.***Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: Kobzeva024@gmail.com

Received 20.06.2024

Submitted 02.09.2024

Abstract

Introduction. The growing need for the use of vegetable protein in feed rations for animals, poultry and other areas emphasizes the importance of research aimed at improving the technology of cultivating spring barley. These studies will help improve barley yields while using resources more efficiently. The purpose of the study was to identify the effectiveness of the use of liquid mineral and complex fertilizers during the growing season on unfertilized and fertilized (N40P40K40) backgrounds on the yield and grain quality of

spring barley variety Volgogradsky 12 in the conditions of the Volga-Don interfluvium. **Object.** The object of the study was the spring barley variety Volgogradsky 12, which is zoned in the eighth (Lower Volga) region. **Materials and methods.** In a three-factor field experiment on light chestnut soils of the Volgograd region, the technology for cultivating spring barley was improved. **Results and conclusions.** The experiment showed that in years of different weather conditions, treating seeds and vegetative plants of spring barley three times, during the tillering, booting and heading phases, provided the maximum increase in yield: in 2021. by 18.6% (Metalocene) and 24.6% (Helios), in 2022. by 25.3 and 22.4%, in 2023 by 21.4 and 22.5%, respectively.

Keywords: spring barley, barley grain quality, barley seed treatment, foliar feeding of barley, barley economic yield.

Citation. Boroday D. D., Ivanov V. M. Yield and grain quality of spring barley with the application of mineral fertilizers on light chestnut soils of the Volga-Don interfluvium region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 149-157 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-16.

Author's contribution. All authors took part in the preparation, conduct of the study and analysis of its results. The presented version of the article was agreed with all authors.

Conflict of interest. All authors declared no conflict of interest.

УДК 633.16:631.82

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ВОЛГО-ДОНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Бородай Д. Д., аспирант

Иванов В. М., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Растущая потребность в использовании растительного белка в кормовых рационах для животных, птицы и других сфер подчеркивает важность исследований, направленных на совершенствование технологии возделывания ярового ячменя. Эти исследования будут способствовать повышению урожайности ячменя при более эффективном использовании ресурсов. **Цель исследования** заключалась в выявлении эффективности применения жидких минеральных и комплексных удобрений в период вегетации на удобренном и удобренном ($N_{40}P_{40}K_{40}$) фонах на урожайность и качество зерна ярового ячменя сорта Волгоградский 12 в условиях Волго-Донского междуречья. **Объект.** Объектом исследования был выбран сорт ярового ячменя Волгоградский 12, являющийся районированным по восьмому (Нижневожскому региону). **Материалы и методы.** В трехфакторном полевом опыте на светло-каштановых почвах Волгоградской области совершенствовали технологию возделывания ярового ячменя. **Результаты и выводы.** Проведенный опыт показал, что в различные по метеословиям годы обработка семян и вегетирующих растений ярового ячменя трехкратно, в фазы кущения, выхода в трубку и колошения, обеспечивала максимальные прибавки урожайности: в 2021 г. на 18,6% (Металлоцен) и 24,6% (Гелиос), в 2022 г. на 25,3 и 22,4%, в 2023 г. на 21,4 и 22,5% соответственно.

Ключевые слова: яровой ячмень, качество зерна ячменя, обработка семян ячменя, некорневые подкормки ячменя, хозяйственная урожайность ячменя.

Цитирование. Бородай Д. Д., Иванов В. М. Урожайность и качество зерна ярового ячменя при применении минеральных удобрений на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 149-157. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-16.

Авторский вклад. Все авторы принимали участие в подготовке, проведении исследования и анализе его результатов. Представленный вариант статьи согласован со всеми авторами.

Конфликт интересов. Все авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из важнейших условий успешного развития отрасли животноводства является обеспечение сельскохозяйственных животных качественной кормовой базой, ценность которой в основном определяется содержанием белков. Концентрированные корма, основная масса которых изготавливается из фуражного зерна, являются основополагающими видами кормов в рационах большинства видов животных [1, 2]. Яровой ячмень содержит в одном килограмме зерна 1,20 кормовых единиц [3].

Регионами-лидерами по производству зерна являются Центральный, Поволжский и Сибирский федеральные округа. Ячмень является одной из главных кормовых культур в Волгоградской области. Объем его производства уступает только пшенице. Россия зани-

мает второе место в мире по производству ячменя. Согласно данным Волгоградстата, в 2023 году площадь посева ячменя составляла 185,4 тысячи гектаров, или 9% от общей площади посева зерновых и зернобобовых культур, уступая только пшенице [4, 5].

Высокий потенциал урожайности ярового ячменя при возделывании в Волгоградской области остается недостаточно раскрытым. Одними из факторов, которые ограничивают получение высоких и стабильных урожаев этой культуры, являются недостаток влаги в почве и несовершенство применяемых агротехнологий [6, 7, 8].

Внедрение и использование новых агрохимикатов в сельскохозяйственном производстве имеет большое значение для реализации потенциала продуктивности ячменя в различных условиях выращивания. Это помогает повысить валовой сбор зерна по годам и обеспечить высокую эффективность его возделывания.

Материалы и методы. Полевой опыт был заложен на опытном поле УНПЦ «Горная Поляна» Волгоградского ГАУ. Исследования проводились на светло-каштановых почвах по методу расщепленной делянки в трехкратной повторности, при систематическом размещении вариантов.

Таблица 1 – Схема предпосевной и некорневых обработок ярового ячменя жидкими минеральными и комплексными удобрениями

Table 1 – Scheme of pre-sowing and foliar treatments of spring barley with liquid mineral and complex fertilizers

Фаза развития / Developmental phase	Препарат / Preparation	Содержание д. в., г/л (не менее) / Maintenance of active power, g/l (not less)	Расход / Consumption
Предпосевная обработка семян / Pre-sowing seed treatment	Металло- цен Уни- версал / Metallocene Universal	Азот общий – 39,23, фосфор – 17,38, калий – 14,8, сера – 5,93, магний – 20,34, молибден – 0,18, цинк – 20,9, бор – 12,5, медь – 21,37, кобальт – 2,86, железо – 24,52, марганец – 13,58 / Total nitrogen – 39.23, phosphorus – 17.38, potassium – 14.8, sulfur – 5.93, magnesium – 20.34, molybdenum – 0.18, zinc – 20.9, boron – 12.5, copper – 21.37, cobalt – 2.86, iron – 24.52, manganese – 13.58	1,5 л/т / l/t
	Гелиос Супер / Helios Super	Азот общий – 70,00, фосфор – 6,00, калий – 40,00, сера – 150,00, магний – 25,00, молибден – 7,00, цинк – 34,00, бор – 6,00, медь – 38,00, кобальт – 2,00, железо – 6,00, марганец – 4,00, селен – 0,20, аминокислоты – 150,00, никель – 0,20, хром – 1,20, литий – 0,60, ванадий – 0,90 / Total nitrogen – 70.00, phosphorus – 6.00, potassium – 40.00, sulfur – 150.00, magnesium – 25.00, molybdenum – 7.00, zinc – 34.00, boron – 6.00, copper – 38.00, cobalt – 2.00, iron – 6.00, manganese – 4.00, selenium – 0.20, amino acids – 150.00, nickel – 0.20, chromium – 1.20, lithium – 0.60, vanadium – 0.90	2,0 л/т / l/t
Кущение; Выход в трубку; Колошение; Кущение, выход в трубку и колошение / Tillering; Outlet into the tube; Earing; Tillering, tube emergence and earing	Металло- цен Сера + NPK / Me- tallocene Sulphur + NPK	Азот общий – 81,90, фосфор – 22,90, калий – 24,20, сера – 127,1 / Total nitrogen – 81.90, phosphorus – 22.90, potassium – 24.20, sulfur – 127.1	2,0 л/га / l/ha
	Гелиос Азот / Helios Azot	Азот общий – 390,00, фосфор – 32,50, калий – 54,6, сера – 32,5, магний – 6,50, молибден – 1,30, цинк – 3,90, бор – 0,65, медь – 2,60, кобальт – 0,65, железо – 1,30, марганец – 0,65, селен – 0,65 / Total nitrogen – 390.00, phosphorus – 32.50, potassium – 54.6, sulfur – 32.5, magnesium – 6.50, molybdenum – 1.30, zinc – 3.90, boron – 0.65, copper – 2.60, cobalt – 0.65, iron – 1.30, manganese – 0.65, selenium – 0.65	3,0 л/га / l/ha

Фактор А – агрофон: А₀ – без внесения основного удобрения; А₁ – N₄₀P₄₀K₄₀. Фактор В – применение жидких комплексных (ЖКУ) и жидких минеральных удобрений (ЖМУ): В₁ – предпосевная обработка семян ЖКУ Металлоцен Универсал 1,5 л/т + некорневая подкормка ЖКУ Металлоцен Сера + NPK 2 л/га; В₂ – предпосевная обработка семян ЖМУ Гелиос Супер 2 л/т + некорневая подкормка ЖМУ Гелиос Азот 3 л/га. Фактор С – фаза развития ячменя при применении препаратов: С₀ – контроль (без обработки семян); С₁ – обра-

ботка семян; C_2 – обработка семян + в фазу кущения; C_3 – обработка семян+ в фазу выхода в трубку; C_4 – обработка семян+ в фазу колошения; C_5 – обработка семян + в фазы: кущения, выхода в трубку и колошения (таблица 1).

Опыт заложен в севообороте чёрный пар – озимая пшеница – яровой ячмень. Сортов ярового ячменя – Волгоградский 12, норма высева 3,0-3,5 млн всхожих семян на 1 га. Обработка почвы отвальная на 0,23-0,25 м. Обработка семян, а также растений препаратами в период вегетации производилась ранцевым опрыскивателем. Площадь делянки первого порядка – 960 м²; второго – 480 м²; третьего – 80 м². Учет хозяйственной урожайности зерна осуществлялся поделяночно, однофазным способом в фазу твердой спелости зерна.

Результаты и их обсуждение. Яровой ячмень хорошо приспособлен к различным почвенно-климатическим условиям. Согласно агроклиматическому районированию Волгоградской области, территория УНПЦ «Горная поляна» входит в теплый район резко засушливой области [9].

Зимы исследуемых периодов были умеренно-холодными со средней месячной температурой в январе минус 3,4, 3,5 и 7,2 °С, минимальные температуры – минус 21, 17 и 22 °С по годам исследований соответственно. Температурный режим первого весеннего месяца складывался благоприятно, среднемесячная температура воздуха в марте составила минус 0,2 (2021 г.), 0,7 (2022 г.), и плюс 6,9 °С (2023 г.), что выше среднееголетнего показателя (-2 °С) для начального весеннего периода.

В различные периоды вегетации метеосостояния в годы исследований значительно различались по температурному показателю (рисунок 1) и количеству выпавших осадков (рисунок 2).

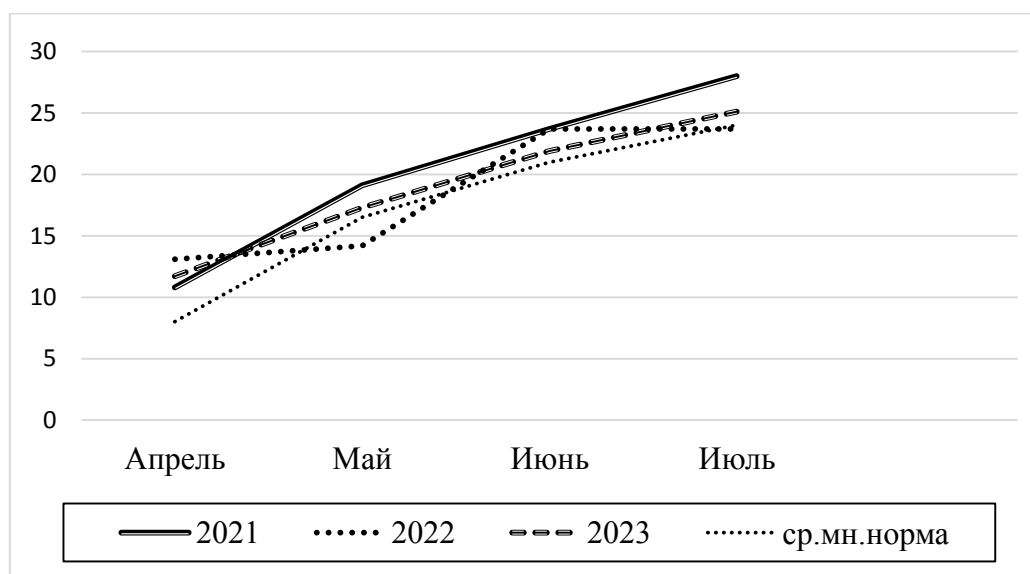


Рисунок 1 – Температура воздуха в период вегетации ярового ячменя, °С
Figure 1 – Air temperature during the growing season of spring barley, °С

Сумма активных температур в 2021 году за вегетационный период составила 1897,5 °С при климатической норме равной 2090 °С, сумма осадков 93 мм. ГТК равен 0,49 ед., то есть рассматриваемая зона характеризуется как очень засушливая [9]. Следующий по результатам метеорологических наблюдений 2022 год можно характеризовать следующим образом: сумма активных температур воздуха за тот же период составляла 2146,5 °С, сумма осадков – 67 мм, гидротермический коэффициент – 0,47 ед.

Сумма активных температур в 2023 году за период вегетации равнялась 2067,7 °С, сумма осадков всего 37 мм. Летняя засуха негативно влияет на рост и развитие ярового ячменя [10]. На рисунке видно, что погодные условия за вегетационный период 2023 года сложились еще более жестко, чем в 2021 и 2022 годах. ГТК составил 0,18 ед., следовательно, 2023 г. по оценке увлажнения территории, относится к сухой зоне.

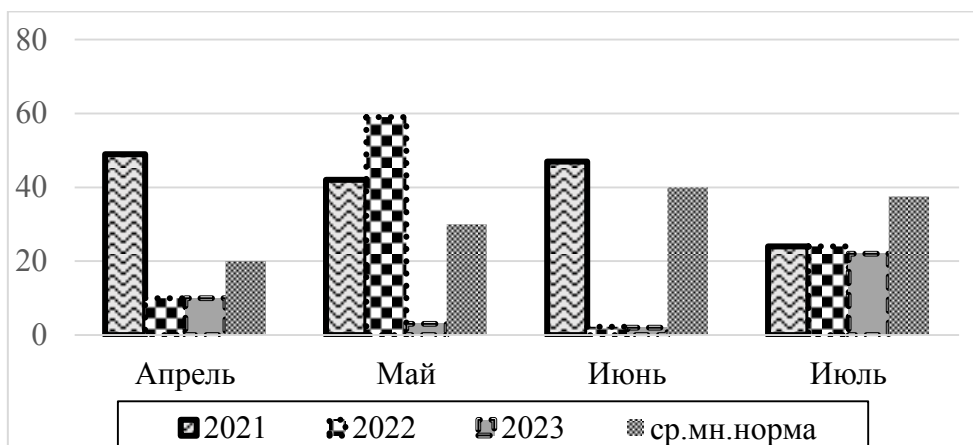


Рисунок 2 – Количество выпавших осадков в период вегетации ярового ячменя, мм
Figure 2 – Amount of precipitation during the growing season of spring barley, mm

Одним из главных факторов, которые обуславливают формирование высококачественного урожая, является повышение степени обеспеченности минеральным питанием культуры за счет обработки семян жидкими удобрениями и внесения минерального питания, в виде основного удобрения и некорневой подкормки.

Яровой ячмень чувствителен к нехватке элементов питания. Недостаток их обуславливает дисбаланс азотного и углеводного обмена, синтезированию белковых веществ, снижению устойчивости растений к засухе и заболеваниям. Результаты проведенных опытов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость урожайности ярового ячменя от изучаемых факторов, т/га
Table 2 – Dependence of spring barley yield on the studied factors, t/ha

Варианты опыта / Experience options			Годы / Years				
1	2	3	4	5	6	7	
A	B	C	2021	2022	2023	Средняя / Average	
A ₀	B ₁	C ₀	1,428	2,284	1,274	A ₀ 1,846	B ₁ 1,921
		C ₁	1,527	2,441	1,346		
		C ₂	1,628	2,525	1,416		
		C ₃	1,647	2,503	1,435		
		C ₄	1,682	2,532	1,470		
		C ₅	1,752	2,713	1,556		
	B ₂	C ₀	1,444	2,270	1,282		
		C ₁	1,583	2,353	1,377		
		C ₂	1,690	2,518	1,417		
		C ₃	1,703	2,468	1,459		
		C ₄	1,720	2,542	1,483		
		C ₅	1,773	2,641	1,575		
A ₁	B ₁	C ₀	1,606	2,361	1,390	A ₁ 1,998	B ₂ 1,923
		C ₁	1,713	2,581	1,493		
		C ₂	1,798	2,699	1,550		
		C ₃	1,823	2,684	1,583		
		C ₄	1,831	2,777	1,590		
		C ₅	1,905	2,959	1,644		
	B ₂	C ₀	1,627	2,358	1,388		
		C ₁	1,765	2,483	1,518		
		C ₂	1,877	2,567	1,561		
		C ₃	1,890	2,553	1,574		
		C ₄	1,917	2,680	1,606		
		C ₅	2,028	2,887	1,666		

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
2021						
НСП ₀₅ ОБЩ – 0,05; НСП ₀₅ (А) – 0,01; НСП ₀₅ (В) – 0,01; НСП ₀₅ (С) – 0,02; НСП ₀₅ (АВС) – 0,01; НСП ₀₅ (АС) – 0,03; НСП ₀₅ (ВС) – 0,01; НСП ₀₅ (АВ) – 0,03.				A ₀ – 1,631 A ₁ – 1,815	B ₁ – 1,695 B ₂ – 1,751	C ₀ – 1,526 C ₁ – 1,647 C ₂ – 1,748 C ₃ – 1,766 C ₄ – 1,788 C ₅ – 1,865
2022						
НСП ₀₅ ОБЩ – 0,10; НСП ₀₅ (А) – 0,02; НСП ₀₅ (В) – 0,02; НСП ₀₅ (С) – 0,03; НСП ₀₅ (АВС) – 0,03; НСП ₀₅ (АС) – 0,07; НСП ₀₅ (ВС) – 0,07; НСП ₀₅ (АВ) – 0,07.				A ₀ – 2,483 A ₁ – 2,632	B ₁ – 2,588 B ₂ – 2,527	C ₀ – 2,318 C ₁ – 2,465 C ₂ – 2,577 C ₃ – 2,552 C ₄ – 2,633 C ₅ – 2,800
2023						
НСП ₀₅ ОБЩ – 0,40; НСП ₀₅ (А) – 0,01; НСП ₀₅ (В) – 0,01; НСП ₀₅ (С) – 0,02; НСП ₀₅ (АВС) – 0,01; НСП ₀₅ (АС) – 0,03; НСП ₀₅ (ВС) – 0,01; НСП ₀₅ (АВ) – 0,03.				A ₀ – 1,424 A ₁ – 1,547	B ₁ – 1,479 B ₂ – 1,492	C ₀ – 1,334 C ₁ – 1,434 C ₂ – 1,486 C ₃ – 1,513 C ₄ – 1,537 C ₅ – 1,610

Некорневые подкормки ЖМУ Металлоценом и Гелиосом, как на фоне без основного внесения, так и на фоне N₄₀P₄₀K₄₀, положительно повлияли на урожайность зерна. В среднем за годы исследований среди изучаемых вариантов без внесения и с применением основного удобрения N₄₀P₄₀K₄₀ лидировал вариант с одновременным применением предпосевной и трехкратной обработки препаратами Гелиос, средняя урожайность составила 2,095 т/га, что больше на 9% средней урожайности опыта. Самая высокая урожайность была достигнута в 2022 году по варианту с внесением основного удобрения и применением Металлоцена (вариант С₅) – 2,713 т/га, а самая низкая 1,274 т/га в 2022 году на абсолютном контроле С₀ без внесения основного удобрения.

Варианты с обработками семян Металлоценом и Гелиосом в сочетании с последующими обработками растений в различные фенофазы существенно превосходят по урожайности контроль, что подтверждается данными статистической обработки.

Натура характеризует в основном выполненность и плотность зерна. Хорошо выполненное зерно отличается более высоким относительным содержанием ценной его части – эндосперма [11;12]. В соответствии с межгосударственным стандартом 28672-2019 требование к натуре для зерна первого класса – не менее 630 г/л, 2 класса – не менее 580 г/л и третьего – не ограничивается [13].

Данные о влиянии минеральных удобрений на натуру зерна ярового ячменя представлены в таблице 3.

Высокий потенциал в формировании натуре зерна ячмень проявил в условиях 2023 года: показатели образцов по неудобренному фону варьировали от 616 до 627 г/л, по фону с внесением основного удобрения – в пределах 619-636 г/л. Преимущество удобренного фона в сравнении с неудобренным было небольшое – в среднем 7 г/л.

Таблица 3 – Зависимость природы ярового ячменя от изучаемых факторов, г/л
Table 3 – Dependence of the nature of spring barley on the studied factors, g/l

Варианты опыта / Experience options			Годы / Years					
A	B	C	2021	Класс / Class	2022	Класс / Class	2023	Класс / Class
A ₀	B ₁	C ₀	446	3	589	2	616	2
		C ₁	457	3	620	2	621	2
		C ₂	460	3	593	2	624	2
		C ₃	464	3	580	2	624	2
		C ₄	472	3	580	2	626	2
		C ₅	487	3	590	2	627	2
	B ₂	C ₀	445	3	551	3	618	2
		C ₁	466	3	570	3	619	2
		C ₂	470	3	578	3	619	2
		C ₃	467	3	574	3	619	2
		C ₄	486	3	580	2	620	2
		C ₅	503	3	582	2	621	2
A ₁	B ₁	C ₀	458	3	575	3	620	2
		C ₁	472	3	593	2	626	2
		C ₂	480	3	577	3	629	2
		3	483	3	570	3	634	1
		4	488	3	581	2	631	1
		5	506	3	596	2	636	1
		0	458	3	581	2	619	2
		1	479	3	595	2	622	2
		2	485	3	588	2	630	1
		3	492	3	582	2	628	2
		4	504	3	586	2	626	2
		5	520	3	608	2	632	1

Метеорологические условия 2021 г. обеспечили формирование зерна только 3 класса, 2022 г. – преимущественно второго и 2023 г. – второго и частично первого.

Одним из ключевых показателей качества ярового ячменя является уровень растительного белка в его зерне. Этот показатель в значительной степени зависит от почвенно-климатических условий, сложившихся метеорологических условий года, а также от обеспеченности растений минеральным питанием (таблица 4).

Результаты химического анализа, проведенного в течение трех лет исследований, показали, что в периоды засушливой погоды увеличение дозы минеральных удобрений приводило к заметному увеличению содержания белка в зерне ярового ячменя. Это наблюдалось как на вариантах без внесения основного удобрения, так и с внесением.

В условиях 2021 года зерно урожая отличалось повышенным содержанием белка, наибольшее содержание белка формировал вариант по фону минерального удобрения с применением Металлоцена – 20,37 %, что соответствует требованиям на кормовой ячмень первого класса ГОСТ Р 53900-2010. Из неудобренного фона выделился вариант с трехкратной обработкой препаратом Гелиос– 20,12 %.

В условиях 2022 года по содержанию белка выделился также вариант A1B1C5 – 19,42% (+ 1,16% к контролю), а в 2023 г. – A1B2C5 – 19,61% (+ 1,33% к контролю).

Таблица 4 – Содержание белка в зерне ячменя в зависимости от изучаемых факторов, %

Table 4 – Protein content in barley grain depending on the factors studied, %

Варианты опыта / Experience options			Годы / Years				
A	B	C	2021	2022	2023	Средняя / Average	
A ₀	B ₁	C ₀	18,88	17,91	18,13	A ₀ 18,90	B ₁ 19,02
		C ₁	19,19	18,30	18,86		
		C ₂	19,43	18,47	18,62		
		C ₃	19,36	18,71	18,97		
		C ₄	19,79	18,90	18,67		
		C ₅	19,99	19,20	18,91		
	B ₂	C ₀	18,91	18,05	18,17		
		C ₁	19,10	18,36	18,86		
		C ₂	19,50	18,45	18,92		
		C ₃	19,41	18,71	18,49		
		C ₄	19,80	18,55	18,71		
		C ₅	20,12	19,09	19,02		
A ₁	B ₁	C ₀	19,37	18,26	18,22	A ₁ 19,60	B ₂ 19,04
		C ₁	19,59	18,59	18,72		
		C ₂	19,70	18,81	19,12		
		C ₃	19,64	18,72	18,70		
		C ₄	19,79	18,98	19,08		
		C ₅	20,37	19,42	19,47		
	B ₂	C ₀	19,29	18,18	18,28		
		C ₁	19,38	18,57	18,83		
		C ₂	19,44	18,95	19,51		
		C ₃	19,36	18,69	19,43		
		C ₄	19,78	18,94	19,50		
		C ₅	20,29	19,20	19,61		

Сравнивая средние показатели по годам исследований, следует отметить, что наиболее ценными по содержанию белка являются варианты с применением основного удобрения (18,78-19,67%).

Выводы. На фоне применения основного минерального удобрения изучаемые препараты усиливали эффект и положительно влияли как на величину, так и качество урожая. Так, в различные по метеоусловиям годы обработка семян и вегетирующих растений ярового ячменя трехкратно, в фазы кущения, выхода в трубку и колошения, способствовала максимальному увеличению урожайности: в 2021 г. на 18,6% (Металлоцен) и 24,6% (Гелиос), в 2022 г. на 25,3 и 22,4%, в 2023 г. на 21,4 и 22,5% соответственно.

В связи с этим целесообразно применение ЖКУ Металлоцен или ЖМУ Гелиос на фоне N₄₀P₄₀K₄₀ и обработки семян с последующим трехкратным опрыскиванием посевов в фазы кущения, выхода в трубку и колошения.

Conclusions. Against the background of the use of the main mineral fertilizer, the studied preparations enhanced the effect, and positively influenced both the size and quality of the crop. Thus, in different weather conditions, the treatment of seeds and vegetating plants of spring barley three times, in the phases of tillering, entering the tube and earing, contributed to a maximum increase in yield: in 2021 by 18.6% (Metallocene) and 24.6% (Helios), in 2022 by 25.3 and 22.4%, in By 2023 by 21.4 and 22.5%, respectively. In this regard, it is advisable to use Metallocene housing and communal services or Helios presses against the background of N40P40K40 and seed treatment followed by three-fold spraying of crops in the phases of tillering, exit into the tube and earing.

Библиографический список

1. Шило Е. В., Дериглазова Г. М. Народнохозяйственное значение ярового ячменя. Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса: материалы II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И. И. Иванова, 2021. Т. 1. С. 243-248.
2. Хохлаков Г. А., Кислякова Е. М., Юдин В. М. Зоотехнический анализ эффективности кормовой продукции собственного производства. Известия Горского государственного аграрного университета. 2019. Т. 56. № 1. С. 106-113.
3. Об утверждении статистического инструментария для организации Министерством сельского хозяйства Российской Федерации федерального статистического наблюдения за заготовкой кормов: приказ Росстата от 23.08.2013 N 339.
4. Аналитический материал за 2023 год: Федеральная служба государственной статистики. <https://34.rosstat.gov.ru/agriculture>.
5. Щербачев Н. В., Максимова Е. С., Нко'О Ж. Д. Современное состояние производства зерна в России. Траектории социально-экономического развития региона в условиях внешнеполитического санкционного давления: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Мичуринский государственный аграрный университет, 2023. С. 305-308.
6. Белкина Р. И. и др. Качество зерна сортообразцов пленчатого и голозерного ячменя в условиях Северного Зауралья. Агропродовольственная политика России. 2015. № 10 (46). С. 22-25.
7. Филин В. И., Петров Н. Ю., Егорова Г. С., Беляев И. А., Ефремова Е. Н. Технологические аспекты формирования урожайности ярового ячменя в зоне каштановых почв Волгоградского региона. Известия НВ АУК. 2023. № 4 (72). С. 65-72.
8. Иванов В. М., Тихонов Н. И. Производство продукции растениеводства. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2017. 277 с.
9. Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И. Погода и климат Волгоградской области. Волгоград: ВНИ-АЛМИ, 2010. 306 с.
10. Ионова Е. В., Лиховидова В. А., Лобунская И. А. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени её интенсивности. Зерновое хозяйство России. 2019. № 6 (66). С. 18-22.
11. Белкина Р. И., Губанов М. В., Грязнов А. А., Губанова В. М. Качество зерна сортообразцов пленчатого и голозерного ячменя в условиях Северного Зауралья. Агропродовольственная политика России. 2015. № 10. С. 22-25.
12. Шулепова О. В., Белкина Р. И. Качество зерна сортов ячменя в условиях Северного Зауралья. Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 10. С. 9-14.
13. Ячмень. Технические условия: ГОСТ 28672-2019. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2019. 8 с.

References

1. Shilo E. V., Deriglazova G. M. National Economic Significance of Spring Barley. Youth Science for the Development of the Agro-Industrial Complex: Materials of the II All-Russian (National) Scientific and Practical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists. Kursk: Kursk State Agricultural Academy named after I. I. Ivanov, 2021. V. 1. Pp. 243-248.
2. Khokhryakov G. A., Kislyakova E. M., Yudin V. M. Zootechnical Analysis of the Efficiency of Feed Products of Own Production. Proceedings of the Gorsky State Agrarian University. 2019. V. 56. № 1. Pp. 106-113.
3. On approval of statistical tools for the organization by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of the federal statistical observation of fodder procurement: order of Rosstat dated 23.08.2013 N 339.
4. Analytical material for 2023: Federal State Statistics Service. <https://34.rosstat.gov.ru/agriculture>.
5. Shcherbakov N. V., Maksimova E. S., Nko'O ZH. D. Current State of Grain Production in Russia. Trajectories of socio-economic development of the region in the context of foreign policy sanctions pressure: materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference. Michurinsk State Agrarian University, 2023. Pp. 305-308.
6. Belkina R. I., et al. Grain quality of variety samples of membranous and naked barley under the conditions of the Northern Trans-Urals. Agro-food policy of Russia. 2015. № 10 (46). Pp. 22-25.
7. Filin V. I., Petrov N. Yu., Egorova G. S., Belyaev I. A., Efremova E. N. Technological Aspects of Spring Barley Yield Formation in the Chestnut Soil Zone of the Volgograd Region. Izvestiya NV AUK. 2023. № 4 (72). Pp. 65-72.
8. Ivanov V. M., Tikhonov N. I. Production of plant products. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2017. 277 p.
9. Sazhin A. N., Kulik K. N., Vasilyev Y. I. Weather and climate of the Volgograd region. Volgograd: VNI ALMI, 2010. 306 p.
10. Ionova E. V., Likhovidova V. A., Lobunskaya I. A. Drought and hydrothermal moisture coefficient as one of the criteria for assessing the degree of its intensity. Grain farming in Russia. 2019. № 6 (66). Pp. 18-22.
11. Belkina R. I., Gubanov M. V., Gryaznov A. A., Gubanova V. M. Grain Quality of Variety Samples of Filmy and Naked Barley in the Northern Trans-Urals. Agro-food policy of Russia. 2015. № 10. Pp. 22-25.
12. Shulepova O. V., Belkina R. I. Grain Quality of Barley Varieties in the Northern Trans-Urals. Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2017. № 10. Pp. 9-14.
13. Barley. Specifications: GOST 28672-2019. Moscow: FGUP "Standartinform", 2019. 8 p.

Информация об авторах

Бородай Дарья Дмитриевна, аспирант кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kobzeva024@gmail.com

Иванов Владимир Михайлович научный руководитель, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Растениеводства, селекции и семеноводства», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0977-8321>, e-mail: ivanov-vgsxa@mail.ru

Author's Information

Borodai Daria Dmitrievna, postgraduate student of the Department of Plant Growing, Selection and Seed Production, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: kobzeva024@gmail.com

Ivanov Vladimir Mikhailovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Plant Growing, Breeding and Seed Production, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: ivanov-vgsxa@mail.ru

**ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ /
ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE**

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-17

**THE INFLUENCE OF DRIP IRRIGATION ON DAIRY PRODUCTIVITY OF LACTATING COWS
AND QUALITY OF MILK UNDER THE HEAT STRESS****Gorlov I. F., Antipova T. A., Mosolova N. I., Anisimova E. Yu., Vorontsova E. S.,
Puzankova V. A., Kudryashova O. V., Slozhenkina A. 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 16.08.2024

Submitted 18.09.2024

**The work was performed in accordance to the plan of research works for 2023-2024 NIIMMP
(№ 1021051101432-7)****Abstract**

Introduction. Heat stress is one of the main problems affecting the production potential of dairy cattle in regions with high temperature during the hot periods of the year. Increasing the temperature of animal to reduce the metabolic processes, as a result the dairy productivity and quality of raw milk are decreasing. The insufficient quantity of studies aimed at evaluating the effectiveness of using sprinkler systems for animals under heat stress, its influence on dairy productivity of lactating cows and milk quality, determines the priority of this scientific field, which was the purpose of the presented work. **Materials and methods.** This study was carried out at the agricultural enterprise LLC "Donskoye" in the Kalachevsky district of the Volgograd region. Two experimental groups (control and treated) were formed from two sections, including 180 heads in each. Animals were selected for the experiment according to the principle of analogues. 20 lactating cows of the control group were selected from the section in which the animals were kept under standard conditions. A treated group (20 heads) was formed from the section in which a large-drop technology of animal's sprinkling was used. The experiment was performed due May-August 2024. The dairy productivity, quality indicators of raw milk, its macro minerals content were determined using the relevant regulatory documents. Data analysis was based on modern software and statistical methods. **Results and conclusion.** The average daily milk yield in TG was higher by 29.5% than in CG; milk fat content – by 0.21% higher and milk protein content – by 0.12% higher, respectively. During the study period, more milk fat yield was obtained from cows of TG (by 36.1%) as well as milk protein yield (by 34.3%); furthermore, the losses of macro minerals with sweat were less than in CG. The applied technology of sprinkler systems for lactating cows had a positive effect on dairy productivity and raw milk quality, which associated with more comfortable conditions for keeping animals and avoiding a heat stress in a hot climate.

Keywords: heat stress of cows, irrigation of animals, lactating cows, milk productivity of cows, quality of milk of cows.

Citation. Gorlov I. F., Antipova T. A., Mosolova N. I., Anisimova E. Yu., Vorontsova E. S., Puzankova V. A., Kudryashova O. V., Slozhenkina A. A. The influence of drip irrigation on dairy productivity of lactating cows and quality of milk under the heat stress. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 159-166 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-17.

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 636.083.31/636.034

**ВЛИЯНИЕ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ
И КАЧЕСТВО МОЛОКА КОРОВ В УСЛОВИЯХ ТЕПЛОВОГО СТРЕССА****Горлов И. Ф., академик РАН, профессор, доктор сельскохозяйственных наук****Антипова Т. А., доктор биологических наук****Мосолова Н. И., доктор биологических наук****Анисимова Е. Ю., кандидат биологических наук****Воронцова Е. С., кандидат биологических наук****Пузанкова В. А., соискатель****Кудряшова О. В., кандидат биологических наук****Сложеникина А. А., аспирант***Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции
г. Волгоград, Российская Федерация***Работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2023-2024 гг. ГНУ НИИММП
(№ 1021051101432-7)**

Актуальность. Тепловой стресс является одной из основных проблем, оказывающих влияние на производственный потенциал молочного скота в регионах, отличающихся повышенной температурой воздуха в жаркие периоды года. При этом наблюдаемое повышение температуры тела животных приводит к нарушению метаболических процессов в их организме, в результате чего стра-

дает продуктивность и качество производимой продукции. Недостаточное количество исследований, направленных на оценку эффективности внедрения систем орошения животных в условиях теплового стресса, изучение степени влияния на молочную продуктивность и качество молока лактирующих коров, обуславливает приоритетность данного научного направления, что явилось целью представленной работы. **Материалы и методы.** Исследования проводились в ООО СП «Донское» Калачевского района Волгоградской области на крупном комплексе по производству молока. Формирование экспериментальных групп проводилось по принципу аналогов из двух секций, включающих 180 голов в каждой. Из секции, в которой животные содержались в стандартных условиях, были отобраны 20 лактирующих коров контрольной группы. Из секции, в которой при содержании животных использовалась система орошения крупной каплей, была сформирована опытная группа (20 голов). Время проведения исследований – май-август 2024 г. Уровень молочной продуктивности животных, качественные показатели сырого молока, его макроэлементный состав определяли в соответствии с нормативными документами, обработку полученных данных – с использованием современных программных средств и статистических методов. **Результаты и заключение.** В сравнении с контрольной группой в опытной группе установлено повышение среднесуточного удоя молока в среднем на 29,5%; массовой доли жира в молоке – в среднем на 0,21%; белка – на 0,12%. За исследуемый период времени от коров опытной группы с молоком было получено больше жира – на 36,1% и белка – на 34,3%; выявлена менее интенсивная потеря с потом минеральных веществ. Применяемая технология орошения лактирующих коров крупной каплей положительно повлияла на молочную продуктивность и качественные показатели молока. Данный факт связан с более комфортными условиями содержания животных при орошении их водой, что позволяет минимизировать тепловой стресс в жарком климате.

Ключевые слова: тепловой стресс коров, орошение животных, лактирующие коровы, молочная продуктивность коров, качество молока коров.

Цитирование. Горлов И. Ф., Антипова Т. А., Мосолова Н. И., Анисимова Е. Ю., Воронцова Е. С., Пузанкова В. А., Кудряшова О. В., Сложенкина А. А. Влияние капельного орошения на продуктивность и качество молока коров в условиях теплового стресса. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 159-166. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-17.

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. Одним из условий наращивания объемов производства молока в РФ является повышение продуктивных качеств животных в правильно организованных условиях их содержания.

В летний период, когда температура окружающего воздуха достаточно высока, серьезную проблему в молочном скотоводстве создает тепловой стресс, что наносит значительный экономический ущерб предприятиям. Длительное высокотемпературное воздействие ослабляет адаптивные способности организма животных, приводит к снижению молочной продуктивности в среднем на 35% и негативно влияет на их воспроизводительные показатели [1].

Тепловой стресс является причиной метаболической и гормональной перестройки в организме животного, при этом следует учитывать, что высокопродуктивные животные в большей степени страдают от теплового стресса, т.к. все обменные процессы у них протекают более интенсивно [2].

Кроме снижения продуктивности, тепловой стресс приводит к ухудшению качества вырабатываемого животными молока и всех его составных частей, а также к повышению содержания в нем соматических клеток. На изменение уровня вырабатываемого животным молока и его качественные характеристики особое влияние оказывают возникающие гормональные изменения, физиологические нарушения организма, а также уменьшение потребления лактирующими коровами сухого вещества. Снижение показателей качества молока может достигать 15% [3].

Достижение высоких показателей молочной продуктивности и качества молока дойных коров невозможно без комплексного решения проблемы теплового стресса, включающего поддержание баланса температуры и влажности окружающего воздуха в помещениях, где содержатся животные, оптимизацию рационов кормления с использованием специальных кормовых добавок, свободного доступа к воде и др. Все это в совокупности способствует достижению хороших показателей здоровья животных, качества получаемого молока и высокой продуктивности. К наиболее эффективным средствам, используемым для со-

здания микроклимата в помещениях, относятся системы орошения коров, позволяющие быстро достичь требуемой температуры в помещениях, где содержатся животные, увлажнить воздух, уменьшить содержание пыли. Применение таких систем позволяет обеспечить высокую эффективность при производстве молочного сырья [2, 4, 5, 6, 7].

При правильном подходе применения средств, снижающих тепловой стресс, возможно достичь минимальных стрессовых значений повышения температуры тела животных и обеспечить стабильно высокую продуктивность.

Недостаточное количество исследований, направленных на оценку эффективности внедрения систем орошения животных в условиях теплового стресса, изучение степени влияния на молочную продуктивность и качество молока лактирующих коров, обуславливает целесообразность данного направления работы.

В связи с вышеизложенным, целью представленной работы являлось исследование продуктивности и показателей качества молока лактирующих коров при использовании капельной системы орошения животных в условиях промышленного комплекса.

Материалы и методы. Исследования проводились в ООО СП «Донское» Калачевского района Волгоградской области. В данном предприятии внедрена технология охлаждения коров при подходе к кормовому столу. При этом для орошения использовались форсунки, обеспечивающие расход воды из расчета 4,8 л на животное в минуту. Предусмотрено, что при температуре окружающей воздушной среды свыше 32 °С форсунки функционируют 1 мин. с перерывом – 4 мин. При снижении температуры перерыв увеличивается. Орошение водой (крупной каплей) не только позволяет охладить животных и минимизировать тепловой стресс, но и стимулирует потребление корма, а также положительно влияет на метаболические процессы в организме, что в результате приводит к повышению их продуктивности и качественных показателей молока. Формирование экспериментальных групп проводилось по принципу аналогов из двух секций, включающих 180 голов в каждой. Из секции, в которой животные содержались в стандартных условиях, были отобраны 20 лактирующих коров контрольной группы. Из секции, в которой при содержании животных использовалась система орошения крупной каплей, была сформирована опытная группа (20 голов). Время проведения исследований – май-август 2024 г.

Молочную продуктивность подопытных животных регистрировали индивидуально от каждой коровы ежедекадно на основании контрольных доек. Изучение качественных показателей молока проводили в комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП: определение массовой доли жира проводили по ГОСТ 5867-9, массовой доли белка – по ГОСТ 25179-2014, титруемую кислотность – по ГОСТ Р 54669-2011, плотность – по ГОСТ Р 52054-2003, содержание сухих веществ – по ГОСТ 3626-73, минеральный состав – методом спектрометрии.

Обработку полученных данных проводили с использованием программных средств и статистических методов.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показателей качества молочного сырья приведены в таблице 1.

Из полученных результатов следует, что молоко, полученное от животных обеих групп, имело высокие показатели пищевой ценности. Так, массовая доля жира в молоке контрольной группы составила 3,76-3,98%. Наибольшее содержание жира было отмечено в августе. Содержание белка находилось в пределах 3,21-3,35%, с максимальным значением в июле.

Физико-химические показатели молока, полученного от животных опытной группы за исследуемый период времени, были выше. Так, массовая доля жира составила от 3,99% до 4,24%, что в среднем выше на 0,21%, чем в контрольной группе. Массовая доля белка находилась в пределах 3,22-3,56%, что превышает данный показатель в контрольной группе в среднем на 0,12%.

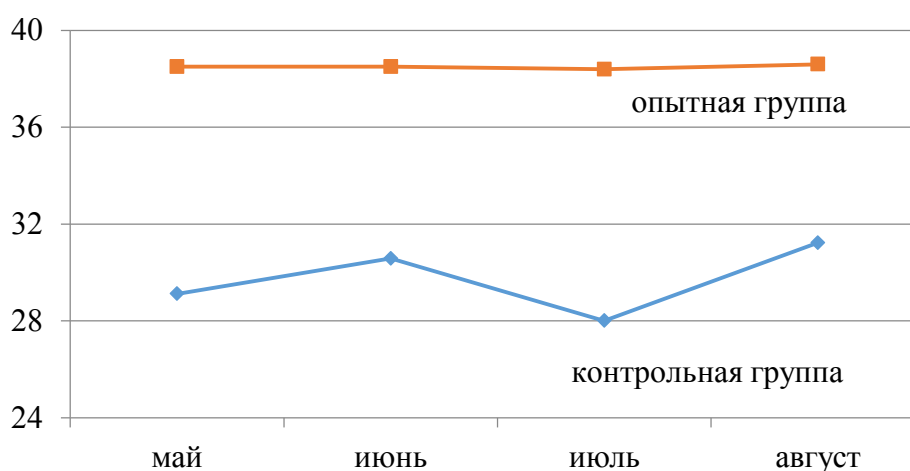
Значения титруемой кислотности и плотности в обеих группах соответствовали требованиям, предъявляемым к молоку, и свидетельствовали о высоком качестве производимого сырья.

Таблица 1 – Физико-химические показатели молока подопытных коров
Table 1 – Physical and chemical parameters of milk of experimental cows

Наименование показателя / Name of the indicator	Группы / Group							
	Контрольная / Control				Опытная / Experienced			
	Май / May	Июнь / June	Июль / July	Август / August	Май / May	Июнь / June	Июль / July	Август / August
Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %	3,96	3,95	3,76	3,98	3,99	4,22	4,02	4,24
Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %	3,29	3,21	3,35	3,30	3,22	3,32	3,53	3,56
Массовая доля углеводов, % / Mass fraction of carbohydrates, %	4,70	4,75	4,60	4,70	4,60	4,75	4,70	4,70
Массовая доля сухих веществ, % / Mass fraction of dry substances, %	12,75	12,71	12,51	12,78	12,61	13,09	13,05	13,3
Титруемая кислотность, °Т / Titratable acidity, °Т	17,5	17,0	18,3	18,0	17,5	18,0	18,5	18,0
Плотность, кг/м³ / Density, kg/m³	1027,0	1028,0	1027,0	1029,0	1027,0	1029,0	1028,0	1028,0

Анализ полученных данных по среднесуточному удою в контрольной группе показал, что за период май-август количество молока составило 118,9 кг. Прирост за этот период был 7,2% и составил 31,23 кг.

В сравнении с контрольной группой превышение среднесуточного удоя молока в опытной группе в мае составило 32,21%, в июне – 25,90%, в июле – 37,10%, в августе – 23,60%. Следует также отметить, что данный показатель в опытной группе имел более стабильные значения (максимальное отклонение составило 0,2 кг), чем в контрольной группе (3,22 кг). Динамика среднесуточных удоев подопытных животных представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Показатели среднесуточного удоя, кг
Figure 1 – Indicators of average daily milk yield, kg

При расчете количества полученного с молоком жира и белка за время проведения исследований отмечено, что в контрольной группе оно составило соответственно 4,66 кг и 3,91 кг; в опытной – 6,34 кг и 5,25 кг, что на 36,1% и 34,3% больше, чем в контрольной группе. Количество молока, полученного в опытной группе, составило 154,0 кг, что на 29,5% больше, чем в контрольной (рисунки 2, 3).

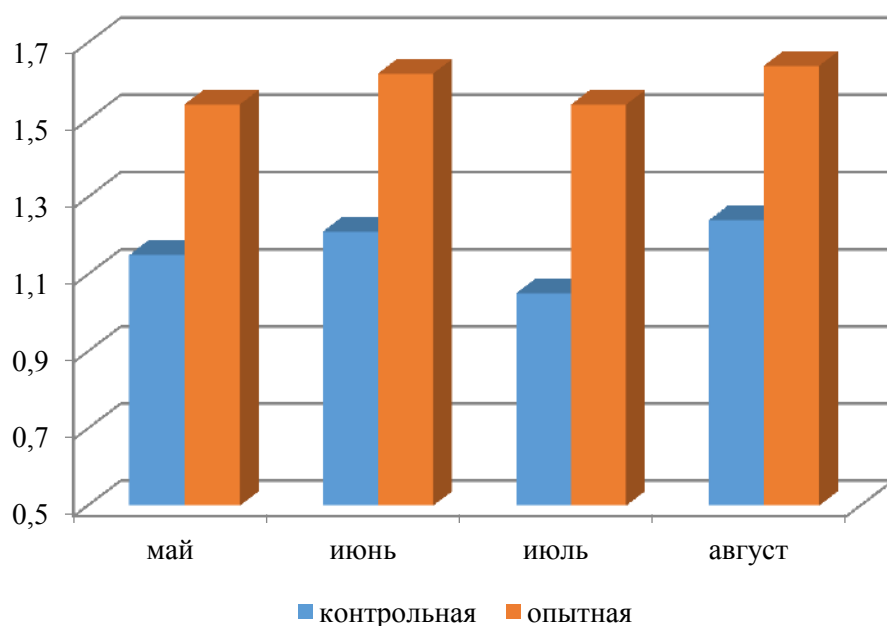


Рисунок 2 – Количество молочного жира, полученного за исследуемый период в опытных группах, кг
Figure 2 – Amount of milk fat obtained during the study period in the experimental groups, kg

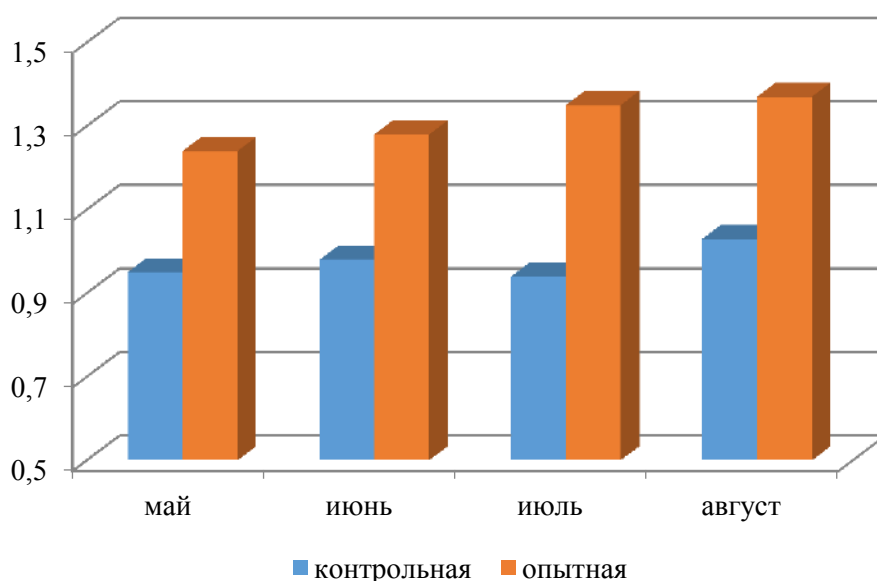
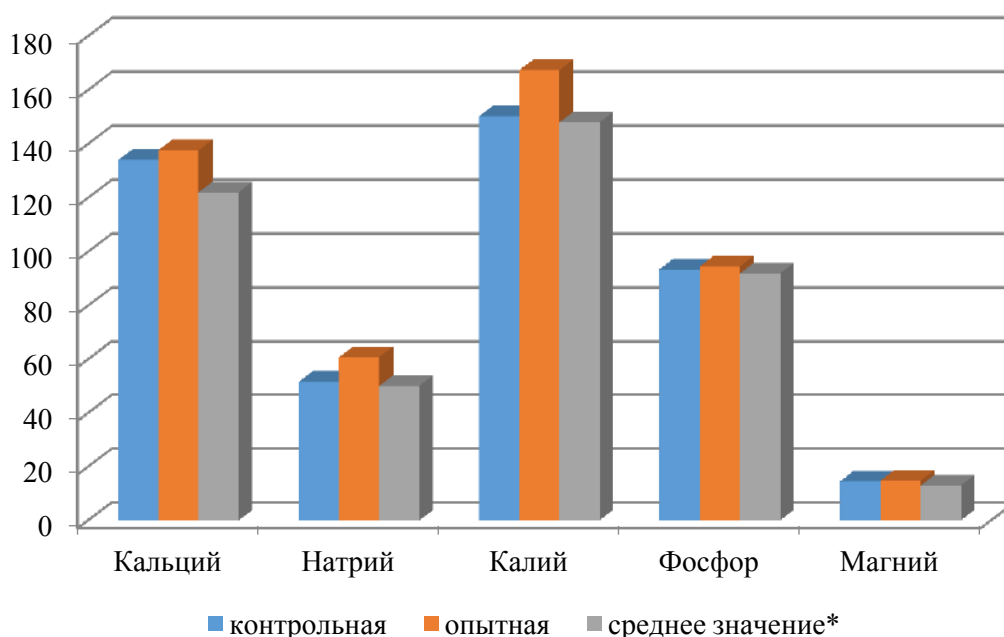


Рисунок 3 – Количество молочного белка, полученного за исследуемый период в опытных группах, кг
Figure 3 – Amount of milk protein obtained during the study period in the experimental groups, kg

К негативным проявлениям теплового стресса следует отнести также нарушение в организме животных минерального обмена. Это обусловлено значительной потерей важных макро- и микроэлементов в результате обильного потоотделения. Наиболее подвержены этому щелочные металлы, такие как натрий и калий. Для установления уровня потерь важных макроэлементов проведены исследования по их содержанию в молоке обеих групп животных. Результаты исследований приведены на рисунке 4.



* Химический состав пищевых продуктов. Справочник – Скурихин И. М. 2007.

* Chemical composition of food products. Handbook – Skurikhin I. M. 2007.

Рисунок 4 – Содержание макроэлементов в молоке подопытных животных, мг/100 г

Figure 4 – Macronutrient content in the milk of experimental animals, mg/100 g

При сравнении полученных данных с принятыми в литературе и используемыми для технологических расчетов следует отметить, что количество всех проанализированных макроэлементов оказалось выше средних значений с преобладанием в опытной группе. Так, в частности, содержание натрия в опытной группе было выше на 17,7%, калия – на 11,4%, что, очевидно, объясняется меньшей потерей данных макроэлементов животными, получавшими орошение водой, что снижало степень их выведения с потом. В отношении остальных макроэлементов значения показателей были близки и потери при тепловом стрессе были минимальны (1,2-2,7%).

Заключение. Таким образом, применяемая технология орошения лактирующих коров крупной каплей положительно повлияла на молочную продуктивность и качественные показатели молока, полученного за время проведения исследований. Данный факт связан с более комфортными условиями содержания животных при орошении их водой, что позволяет минимизировать тепловой стресс в жарком климате.

Conclusions. Thus, the applied technology of irrigation of lactating cows with a large drop had a positive effect on milk productivity and quality indicators of milk obtained during the research. This fact is associated with more comfortable conditions for keeping animals when they are irrigated with water, which minimizes thermal stress in a hot climate.

Библиографический список

1. Буряков Н. П., Бурякова М. П., Алешин Д. Е. Тепловой стресс и особенности кормления молочного скота. РВЖ. СХЖ. 2016. № 3. С. 5-13.
2. <https://vetandlife.ru/sobytiya/kak-sohranit-produktivnost-dojnyh-korov-zashhitiv-ih-ot-teplovogo-stressa>
3. Иванюк К. А. Влияние теплового стресса на удои и качество молока. Сборник статей II Международного учебно-исследовательского конкурса. Петрозаводск, 2023. С. 270-274.
4. Комлач Д. И., Паркалов И. В., Жилич Е. Л., Цалко С. А. Особенности поддержания микроклимата в помещении для коров дойного стада в условиях изменения климата в Республике Беларусь. Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 95-летию со дня рождения академика С. И. Назарова. Минск, 2023. С. 22-26.
5. <https://agrovent.ru/blog/poleznaya-informatsiya/sistemy-tumanoobrazovaniya-i-nizkogo-davleniya-v-korovnikakh/?ysclid=m00so3e1dg311272515>.

6. Епимахова и др. Научно-обоснованные рекомендации по оптимизации микроклимата в помещениях для содержания сельскохозяйственных животных и птицы при интенсивном содержании их в условиях сезонной гипо- и гипертермии с целью реализации их генетического потенциала продуктивности на высоком уровне: методические рекомендации. Ставрополь: «АГРУС», 2016. 112 с.

7. Иванов Ю. Г., Понизовкин Д. А., Борулько В. Г. Методы и технические средства снижения тепловых стрессов коров в теплый период года. British Journal of innovation in science and technology. 2017. Т. 2. № 2. С. 41-52.

References

1. Buryakov N. P., Buryakova M. P., Aleshin D. E. Thermal stress and features of feeding dairy cattle. RVZh. Agricultural Journal. 2016. № 3. Pp. 5-13.

2. <https://vetandlife.ru/sobytiya/kak-sohranit-produktivnost-dojnyh-korov-zashhitiv-ih-ot-teplovogo-stressa>.

3. Ivanyuk K. A. Influence of Heat Stress on Milk Yield and Milk Quality. Collection of Articles of the II International Educational and Research Competition. Petrozavodsk, 2023. Pp. 270-274.

4. Komlach D. I., Parkalov I. V., Zhilich E. L., Tsalko S. A. Features of Maintaining the Microclimate in the Premises for Dairy Herd Cows in the Context of Climate Change in the Republic of Belarus. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference Dedicated to the 95th Anniversary of the Birth of Academician S. I. Nazarov. Minsk, 2023. Pp. 22-26.

5. <https://agrovent.ru/blog/poleznaya-informatsiya/sistemy-tumanoobrazovaniya-i-nizkogo-davleniya-v-korovnikakh/?ysclid=m00so3e1dg311272515>.

6. Scientifically Based Recommendations for Optimizing the Microclimate in Premises for Keeping Farm Animals and Poultry with Intensive Housing in Conditions of Seasonal Hypothermia and Hyperthermia in Order to Realize Their Genetic Potential of Productivity at a High Level: Methodological Recommendations. Stavropol: AGRUS, 2016. 112 p.

7. Ivanov Y. G., Ponizovkin D. A., Borulko V. G. Metody i tekhnicheskie sredstva nizheniya teplovykh stressov korov v tepley period goda [Methods and technical means of reducing thermal stress of cows in the warm period of the year]. British Journal of innovation in science and technology. 2017. V. 2. № 2. Pp. 41-52.

Информация об авторах

Горлов Иван Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Антипова Татьяна Алексеевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0002-0365-4806, e-mail: niimmp@mail.ru

Мосолова Наталья Ивановна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0001-6559-6595, e-mail: niimmp@mail.ru

Анисимова Елена Юрьевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0002-7508-3897, e-mail: elanis1009@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26) и ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0002-0730-853X, e-mail: esvoronts@mail.ru

Пузанкова Вера Александровна, соискатель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Кудряшова Ольга Владимировна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0002-6634-3685, e-mail: niimmp@mail.ru

Сложенкина Александра Алексеевна, аспирант ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0001-5913-5303, e-mail: niimmp@mail.ru

Author's Information

Gorlov Ivan Fiodorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Scientific Director of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Antipova Tatyana Alekseevna, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Officer of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0002-0365-4806, e-mail: niimmp@mail.ru

Mosolova Natalia Ivanovna, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Officer of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0001-6559-6595, e-mail: niimmp@mail.ru

Anisimova Elena Yurievna, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0002-7508-3897, e-mail: elanis1009@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Av., 26) and the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0002-0730-853X, e-mail: esvoronts@mail.ru

Puzankova Vera Aleksandrovna, Applicant of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, Marshal Rokossovsky Street, 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Kudryashova Olga Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0002-6634-3685, e-mail: niimmp@mail.ru

Slozhenkina Aleksandra Alekseevna, Postgraduate Student of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, Marshal Rokossovsky Street, 6), ORCID: 0000-0001-5913-5303, e-mail: niimmp@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-18

DAIRY PRODUCTIVITY AND QUALITY OF MILK FROM DIFFERENT BREEDS OF CATTLE GROWN IN VOLGOGRAD REGION

¹Antipova T. A., ¹Kudryashova O. V., ^{1,2,3}Gorlov I. F., ^{1,2}Slozhenkina M. I., ¹Mosolova N. I.,
¹Anisimova E. Yu., ^{1,3}Vorontsova E. S., ¹Tkachenkova N. A., ¹Brekhova S. A.

¹Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production

²Volgograd State Technical University

³Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 08.08.2024

Submitted 18.09.2024

The work was supported by the Russian Science Foundation under Grant #22-16-00041, NIIMMP

Abstract

Introduction. Increasing the productivity of animals, as well as obtaining milk with high nutritional and biological values, are tasks of paramount importance for the dairy industry, the solution of which guarantees the production of stable content products with high consumer properties. The quality of milk depends on a lot of factors; one important among of them is breed, which also affects the formation of technological properties of raw milk. The distinctive features of each of the breeds often determine whether the raw materials belong to the production of a particular type of dairy product. The purpose of this work is to study the dairy productivity and quality of raw milk from different breeds of cattle grown in Volgograd region. **Materials and methods.** The object of the research was the milk from cows of different breeds (Holstein-Friesian, Ayrshire, Black-Mottled, Red-Mottled, Red Steppe and Simmental), grown in the Volgograd region. The dairy productivity, the total milk fat and the total milk protein were determined using the relevant regulatory documents. Data analysis was based on modern software and statistical methods. **Results and conclusion.** The highest content of milk fat was found in the raw milk of Black-Mottled and Ayrshire cows; milk protein – in the raw milk of Black-Mottled and Red Steppe cows; the dairy productivity – in Ayrshire and Holstein cows. The butyric acid level was highest in the raw milk of Simmental cows; capric acid – in Ayrshire raw milk; lauric and myristic acid – in Red Steppe raw milk; stearic acid – in Red-Mottled raw milk; the unsaturated and monounsaturated fatty acids levels were highest in the raw milk of Simmental cows, polyunsaturated – in the raw milk of Red Steppe cows. At the same time, the fatty acid composition in raw milk of Simmental cows is the closest to the reference value of “Saturated Fatty Acid Index”. It was found that the consumption of raw milk for the production of 100 kg of product (cottage cheese, sour cream, butter and milk powder) from Black-And-White and Ayrshire cows was lower than from other studied breeds.

Keywords: breeds of cows, productivity of cows, amount of milk protein, amount of milk fat, fatty acid composition of cows' milk.

Citation. Antipova T. A., Kudryashova O. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mosolova N. I., Anisimova E. Yu., Vorontsova E. S., Tkachenkova N. A., Brekhova S. A. Dairy productivity and quality of milk from different breeds of cattle grown in Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 166-177 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-18.

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 authors declare no conflict of interest.

УДК 636.2.034 / 637.04

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО МОЛОКА КОРОВ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ¹Антипова Т. А., доктор биологических наук¹Кудряшова О. В., кандидат биологических наук^{1,2,3}Горлов И. Ф., академик РАН, профессор, доктор сельскохозяйственных наук^{1,2}Сложенкина М. И., член-корреспондент РАН, профессор, доктор биологических наук¹Мосолова Н. И., доктор биологических наук¹Анисимова Е. Ю., кандидат биологических наук^{1,3}Воронцова Е. С., кандидат биологических наук¹Ткаченко Н. А., аспирант¹Брехова С. А., аспирант¹Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции²Волгоградский государственный технический университет³ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Работа выполнена в рамках гранта РНФ 22-16-00041, ГНУ НИИММП

Актуальность. Повышение продуктивности животных, а также получение молока с высокими показателями пищевой и биологической ценности – задачи, имеющие первостепенное значение для отрасли животноводства, решение которых гарантирует получение продукции стабильного состава с высокими потребительскими свойствами. Качество молока зависит от целого ряда факторов, среди которых важное место занимает породная принадлежность животного, что влияет и на формирование технологических свойств молока-сырья. Отличительные признаки каждой из пород зачастую определяют рациональность использования сырья в производстве того или иного вида молочного продукта. Целью работы является исследование продуктивности и качества молока коров различных пород в хозяйствах Волгоградской области. **Материалы и методы.** Объектом исследований служило молоко коров голштино-фризской, айрширской, черно-пестрой, красно-пестрой, красной степной, симментальской пород, разводимых в регионе. Уровень продуктивности животных, содержание в молоке жира и белка определяли в соответствии с нормативными документами, обработку полученных данных – с использованием современных программных средств и статистических методов. **Результаты и заключение.** Наиболее высокое содержание молочного жира выявлено в молоке коров черно-пестрой и айрширской пород; молочного белка – в молоке коров черно-пестрой и красной степной пород; уровень молочной продуктивности – у коров айрширской и голштинской пород. Содержание масляной кислоты выше всего в молоке коров симментальской породы; каприновой – в молоке айрширской; лауриновой и миристиновой – в молоке красной степной; стеариновой – в молоке красно-пестрой; больше всего ненасыщенных и мононенасыщенных жирных кислот установлено в молоке коров симментальской породы, полиненасыщенных – в молоке коров красной степной. При этом следует отметить, что наиболее приближенным к эталонному значению показателя «индекс насыщенности» является жирнокислотный состав молока коров симментальской породы. Установлено, что расход перерабатываемого сырья для производства 100 кг продукта (творога, сметаны, масла и сухого молока) из молока коров черно-пестрой и айрширской пород ниже, чем из молока пород других исследуемых групп.

Ключевые слова: породы коров, продуктивность коров, количество молочного белка, количество молочного жира, жирнокислотный состав молока коров.

Цитирование. Антипова Т. А., Кудряшова О. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Мосолова Н. И., Анисимова Е. Ю., Воронцова Е. С., Ткаченко Н. А., Брехова С. А. Продуктивность и качество молока коров различных пород в условиях Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 166-177. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-18.

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. Современные научные исследования по состоянию отрасли молочного скотоводства позволяют констатировать, что высокая продуктивность животных и продолжительность их хозяйственного использования находятся в непосредственной взаимосвязи [1, 2, 3].

Увеличение продуктивности животных со стабильно высокими показателями молочного сырья – одна из приоритетных задач развития молочного скотоводства в РФ, выполнение которой во многом определяет эффективность работы отраслевых хозяйств [4]. Переработка продукции животноводства, в том числе молока, с целью обеспечения населения высококачественными продуктами питания – важнейшая задача специалистов АПК [5, 6, 7, 8].

Отрасль животноводства с развитым скотоводством является важным стратегическим объектом в обеспечении населения страны пищевыми продуктами, что определяется присутствием КРС в различных регионах страны и, как следствие, высоким процентом молока-сырья, получаемого от животных в его общем объеме [9].

На сегодняшний день в Волгоградской области функционирует 10 племенных предприятий, занимающихся разведением крупного рогатого скота молочного направления продуктивности: АО «Агрофирма Восток» (маточное поголовье: 367 коров айрширской породы), ООО СП «Донское» (маточное поголовье: 3363 коровы голштино-фризской породы), ОС «Орошаемая» ФГБНУ (маточное поголовье: 210 коров черно-пестрой породы), к-з им. Калинина (маточное поголовье: 140 коров красно-пестрой породы), ООО «Лидер» (маточное поголовье: 249 коров черно-пестрой породы), ПЗ к-з им. Ленина (маточное поголовье: 720 коров красной степной породы), ПР к-з им. Калинина (маточное поголовье: 160 коров голштинской породы), ПЗ к-з Путь Ленина (маточное поголовье: 323 коровы симментальской породы), СПК им. Кирова (маточное поголовье: 607 коров черно-пестрой породы), ООО Мясо (маточное поголовье: 963 коровы голштинской породы). Перечисленные породы различаются не только продуктивностью, но и качественным составом получаемого молока. По количеству поголовья лидирующее место занимает голштино-фризская порода, которая на протяжении десятилетий широко используется для повышения продуктивности отечественного молочного скота, на втором – черно-пестрая порода. Отличительные признаки каждой из пород зачастую определяют принадлежность сырья к производству того или иного вида пищевого продукта [10, 11, 12, 13, 14]. На показатели молока, а также на количество производимого животными жира и белка существенным образом влияют обменные и ферментативные процессы, происходящие в организме животного. Качество молока зависит от целого ряда факторов, среди которых важное место занимают рационы кормления коров, стадия их лактации, порода, условия содержания и многие др. Это в свою очередь, взаимосвязано с формированием технологических свойств молока-сырья [15, 16].

Повышение продуктивности животных, а также получение молока с высокими показателями пищевой и биологической ценности – задачи, имеющие первостепенное значение для отрасли животноводства, решение которых гарантирует получение продукции стабильного состава и высоких потребительских свойств.

Целью работы является исследование продуктивности и качества молока коров различных пород в хозяйствах Волгоградской области.

Материалы и методы. Объектом исследований служило молоко различных пород коров, полученное от животных, содержащихся в различных хозяйствах Волгоградской области. Изучение молока проводили в комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП по показателям: массовая доля жира, массовая доля белка, титруемая кислотность, плотность, а также жирнокислотный состав. Определение массовой доли жира проводили по ГОСТ 5867-9, массовую долю белка – по ГОСТ 25179-2014, титруемую кислотность – по ГОСТ Р 54669-2011, плотность – по ГОСТ 31449-2013, жирнокислотный состав молочного жира определяли методом газовой хроматографии на газовом хроматографе в соответствии с ГОСТ 32915-2014 и ГОСТ 31665.

Обработку полученных данных проводили с использованием программных средств и статистических методов.

Результаты и обсуждение. Для проведения исследований использовали молоко различных пород коров: голштинской, айрширской, черно-пестрой, симментальской, красной степной, красно-пестрой. Подопытные животные содержались в различных хозяйствах Волгоградской области, получали стандартные рационы кормления. Время проведения исследований май-июль. Молоко-сырье отбиралось каждый месяц и исследовалось на по-

казатели пищевой ценности, плотности и кислотности. За исследуемый период времени оценивалась продуктивность животных. Результаты исследований представлены на рисунках 1-5 в виде усредненных данных за 3 месяца.

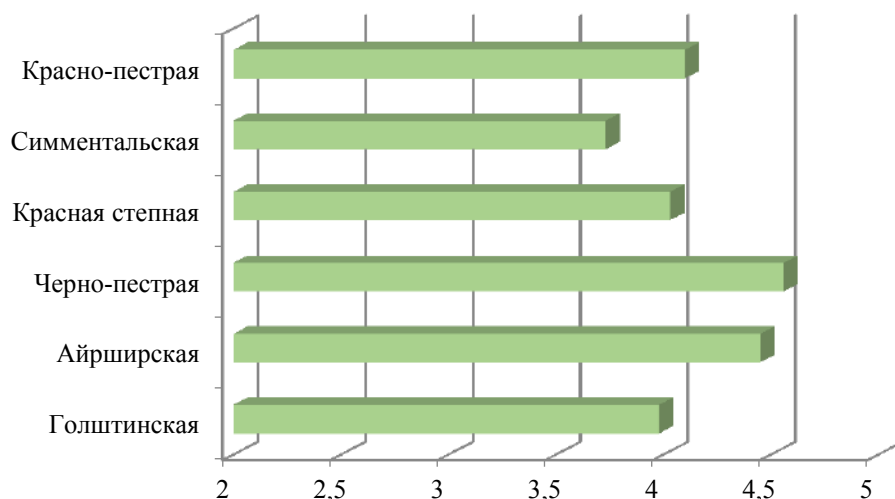


Рисунок 1 – Среднее содержание жира в молоке за период май-июль, %
Figure 1 – Average fat content in milk for the period May-July, %

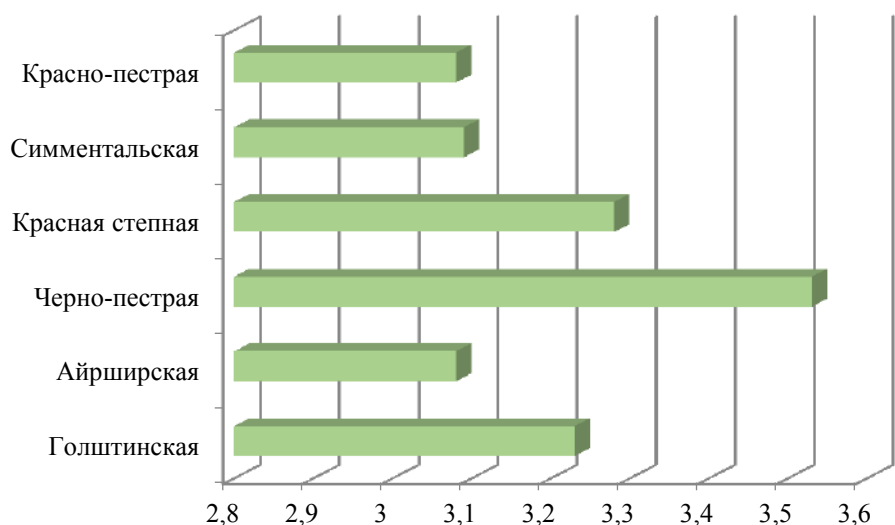


Рисунок 2 – Среднее содержание белка в молоке за период май-июль, %
Figure 2 – Average protein content in milk for the period May-July, %

Оценивая полученные результаты, следует отметить, что молоко, полученное от коров различных пород, имеет высокие показатели пищевой ценности и соответствует требованиям ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия».

Массовая доля жира является одним из главных качественных показателей в молоке. При приемке молока на перерабатывающее предприятие установленная жирность молока должна быть не менее 2,8%, а базисной жирностью для РФ является показатель 3,4%.

Во всех исследуемых группах животных показатель массовой доли жира выше, чем 3,4%. Наиболее высокие его значения отмечены в молоке коров черно-пестрой и айрширской пород. Данный показатель превосходит показатель по ГОСТ на 62,8% (у коров черно-пестрой породы) и 58,9% (у айрширской породы), а базисное значение – соответственно на 34,1% и 30,9%.

Массовая доля белка в молоке, поступающем для переработки должна быть не менее 2,8%, а базисное значение – 3,0% (ГОСТ 31449-2013). Массовая доля белка в молоке коров разных пород за исследуемый период составила от 3,07% до 3,55%. Наибольшее содержание белка установлено в молоке черно-пестрой и красной степной пород. Данные результаты превышают установленные в ГОСТ на 26,1% (у черно-пестрой породы) и на 17,1% (у красной степной), а базисное значение соответственно – на 17,7% и 9,3%.

Содержание сухих веществ в молоке всех групп животных находилось в пределах 12,3-13,49%. Наиболее высокие показатели отмечены в молоке коров черно-пестрой и айрширской пород, что коррелируется с массовой долей жира и белка.

За исследуемый период времени показатели плотности и титруемой кислотности молока коров различных пород соответствовали требованиям ГОСТ 31449-2013. Плотность всех образцов молока находилась в пределах от 1029 до 1033 кг/м³ (по ГОСТ не менее 1027,0 кг/м³); кислотность – 17,0-19,0 °Т (по ГОСТ – 16-21 °Т). Содержание СОМО составляло 8,51-8,93%, что говорит о натуральности молока, поскольку если данный показатель ниже 8,0%, то молоко, вероятно, фальсифицировано.

Результаты исследований показателей молочной продуктивности коров дойного стада, с учетом их породной принадлежности, количество полученного жира и белка представлены на рисунках 3-5.

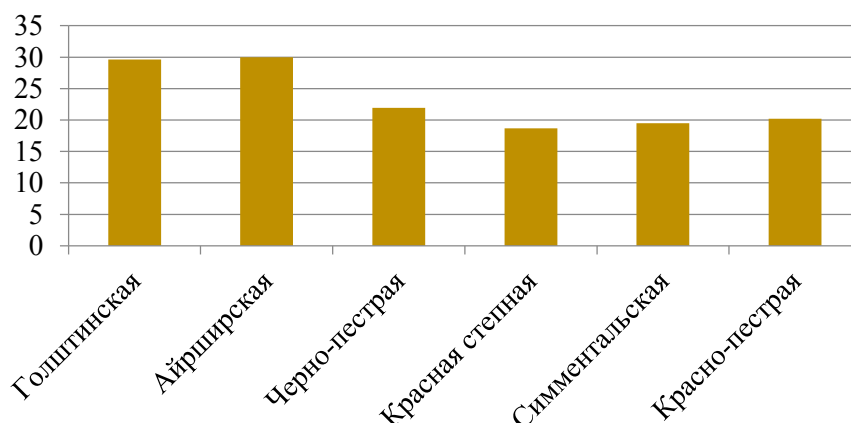


Рисунок 3 – Продуктивность различных пород коров за период май-июль, кг
Figure 3 – Productivity of various breeds of cows for the period May-July, kg

Оценивая продуктивные качества животных разных пород, было установлено, что наиболее высокие показатели достигнуты у коров айрширской и голштинской пород, которые в среднем составляют 30,0 кг (у айрширской породы) и 29,6 кг (у голштинской породы).

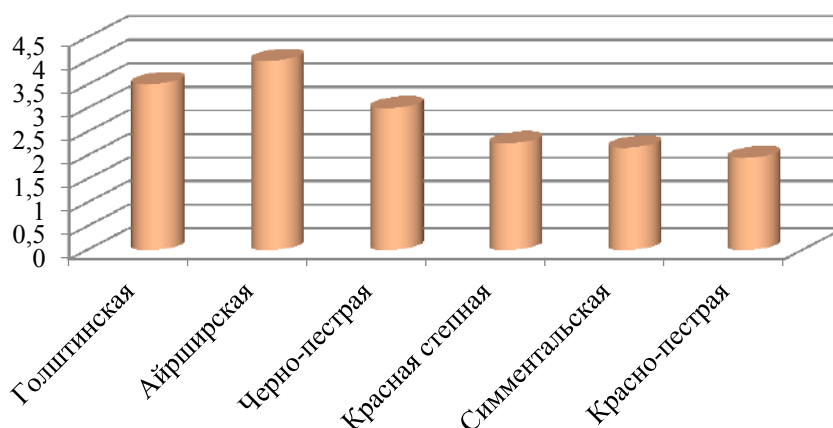


Рисунок 4 – Количество молочного жира за период май-июль, кг
Figure 4 – Amount of milk fat for the period May-July, kg

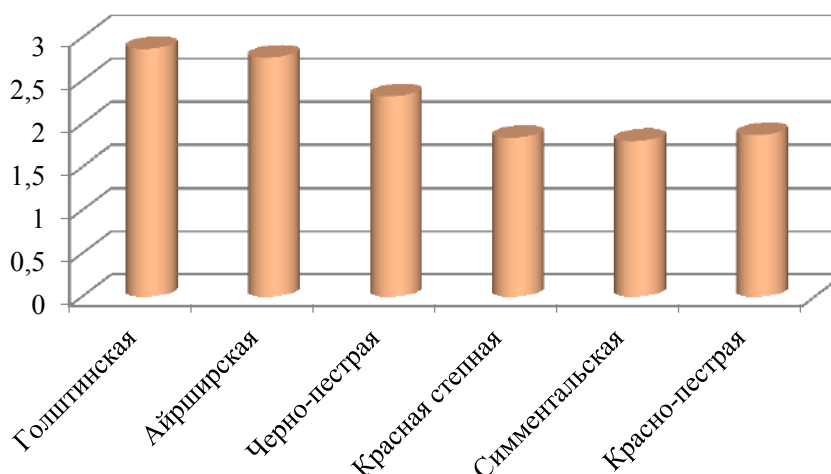


Рисунок 5 – Количество молочного белка за период май-июль, кг
Figure 5 – Amount of milk protein for the period May-July, kg

Следует также отметить, что за исследуемый период времени от коров айрширской и голштинской пород было получено наибольшее количество жира и белка, соответственно 4,01 кг и 2,77 кг (айрширская порода); 3,52 кг и 2,87 кг (голштинская порода). Это объясняется тем, что животные данных пород обладают большим потенциалом в производстве молока высокого качества.

Высокое содержание жира и белка в молоке всех пород животных определяют целесообразность его применения для производства продуктов с высокой массовой долей жирового и белкового компонента. Органолептические свойства молочных продуктов определяются качеством и количеством молочного жира. Жир также оказывает положительное влияние на формирование структуры молочных продуктов, предотвращая крупитчатость и водянистость. Количество жирных кислот, присутствующих в молочном жире, составляет более 400. Концентрация большинства из них не превышает 0,01%, а количество тех жирных кислот, которые составляют 1,0% и более, насчитывает всего 15 [17, 18]. Отдельные жирные кислоты, такие как масляная, капроновая и каприловая, относящиеся к насыщенным, являются характерными только для молочного жира. Они же обеспечивают формирование вкуса и запаха молока и впоследствии молочного продукта. Масляная кислота, являясь ингибитором колоректального рака (рака толстого кишечника), в определенной степени считается «регулятором здоровья». Пальмитиновая кислота является идентификатором фальсифицированного молока. Оптимальным при этом считается ее содержание 21,0-33,0% (ГОСТ 32261-2013) [19]. Стеариновая, пальмитиновая, миристиновая и лауриновая жирные кислоты являются своего рода показателем энергетического обмена в организме животного, а при производстве отдельных видов продуктов, например сливочного масла, стеариновая кислота оказывает влияние на формирование его структуры и ее избыточное количество способствует появлению крошливости, что является пороком для данного вида продукта.

Мононенасыщенные жирные кислоты, составляющие в молоке не менее 25%, участвуют в переносе холестерина от стенок кровеносных сосудов к печени, где происходит его расщепление и вывод из организма.

Полиненасыщенные жирные кислоты, к числу которых относятся линолевая и линоленовая, не способны синтезироваться в организме в достаточном количестве, поэтому поступают в организм животного с кормом.

На содержание отдельных жирных кислот оказывают влияние различные факторы, к числу которых относятся: породы животных, рационы кормления, сезонность, географическая принадлежность и др. В рамках выполнения исследований и достижения поставленной цели целесообразно рассмотреть жирнокислотный состав образцов молока, полученных от разных пород животных.

Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Жирнокислотный состав молока коров различных пород в период май-июль,
% от суммы жирных кислот

Table 1 – Fatty acid composition of milk of cows of different breeds in the period May-July,
% of the total fatty acids

Наименование жирной кислоты / Fatty acid name	Массовая доля жирной кислот в молоке коров разных пород, % / Mass fraction of fatty acids in milk of cows of different breeds, %					
	Голштин- ская / Holstein	Айршир- ская / Ayrshire	Черно- пестрая / Black- and-white	Красная степная / Red Steppe	Симмен- тальская / Simmental	Красно- пестрая / Red-and- white
Насыщенные, всего / Saturated, total	64,57	66,04	63,12	64,83	60,02	63,45
в том числе: / including:						
Масляная / Oil	3,12	3,31	3,34	2,42	3,43	3,33
Капроновая / Nylon	1,36	2,38	2,15	1,52	1,79	2,07
Каприловая / Caprylic	1,16	1,40	1,32	1,01	1,15	1,33
Каприновая / Caprinova	2,49	3,06	2,67	2,62	2,26	2,72
Лауриновая / Lauric	3,26	3,43	3,07	3,50	2,55	3,12
Миристиновая / Myristic	11,04	11,27	10,11	11,14	9,73	9,58
Пальмитиновая / Palmitic	31,21	30,48	29,15	32,60	28,92	29,24
Стеариновая / Stearic	9,31	9,02	10,10	9,20	9,42	10,51
Арахидовая / Arachinic	0,12	0,13	0,13	0,14	0,13	0,14
Бегеновая / Begenova	0,05	0,06	0,07	0,04	0,065	0,07
Ненасыщенные, всего / Unsaturated, total	32,68	29,88	32,68	31,97	35,58	32,98
Мононенасыщенные, всего / Monounsaturated, total	29,42	26,75	29,34	28,17	32,08	29,68
в том числе: / including:						
Миристолеиновая / Myristoleic	1,11	1,29	1,28	1,10	1,13	1,30
Пальмитолеиновая / Palmitoleic	2,32	2,37	2,13	2,09	1,76	2,28
Олеиновая / Oleic	25,62	22,70	25,58	24,65	28,87	25,7
Деценовая / Decenova	0,27	0,30	0,29	0,27	0,25	0,32
Полиненасыщенные, всего / Polyunsaturated, total	3,26	3,13	3,34	3,80	3,50	3,30
в том числе: / including:						
Линолевая / Linoleic	2,51	2,48	2,47	3,08	2,76	2,44
Линоленовая / Linolenic	0,61	0,65	0,87	0,72	0,74	0,86
Прочие / Other	2,75	4,08	4,2	3,2	4,4	3,57

Согласно полученным результатам, следует отметить, что жирнокислотный состав молока разных пород животных весьма вариабелен. В составе молочного жира преобладают насыщенные жирные кислоты, их количество составляет от 60,02 до 66,04%.

Наибольшее их количество отмечено в молоке коров айрширской породы. Во всех исследуемых образцах среди этой группы жирных кислот наибольшую концентрацию имеет пальмитиновая кислота (28,92-32,60%), максимальное содержание которой отмечено в молоке животных красно-степной породы. Содержание наиболее значимых насыщенных жирных кислот в молоке распределилось следующим образом: масляной кислоты больше всего в молоке коров симментальской породы (3,43%); каприновой – в айрширской (3,06%); лауриновой и миристиновой – в красной степной (3,5% и 11,14% соответственно); стеариновой – в красно-пестрой (10,51%).

Содержание ненасыщенных жирных кислот во всех образцах молока находилось в пределах 29,88-35,58%, в том числе мононенасыщенные составляли 26,75-32,08% и полиненасыщенные – 3,13-3,80%. Больше всего ненасыщенных и мононенасыщенных жирных кислот установлено в молоке коров симментальской породы, полиненасыщенных – в молоке коров красной степной. Установленные различия в жирнокислотном составе молока, очевидно, объясняются породной принадлежностью коров и условиями кормления животных.

Учитывая различия по содержанию жирных кислот в составе липидного компонента молока, представляет профессиональный научный интерес расчет сбалансированности жирнокислотного состава с применением принятых в отрасли эталонов.

Результаты исследований жирнокислотной сбалансированности приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сбалансированность жирнокислотного состава липидов молока различных пород коров
Table 2 – Balance of fatty acid composition of milk lipids of different breeds of cows

Показатель / Index	Эталонные значения ЖК состава липидов молока / Reference values of the LC composition of milk lipids	Значение показателя для пород / Value of the indicator for breeds					
		Голштинская / Holstein	Айрширская / Ayrshire	Черно-пестрая / Black-and-white	Красная степная / Red Steppe	Симментальская / Simmental	Красно-пестрая / Red-and-white
1	2	3	4	5	6	7	8
Насыщенные ЖК*, % от суммы жирных кислот / Saturated FAs*, % of total fatty acids	30,00	64,57	66,04	63,12	64,83	60,02	63,45
Скор / Skor		215,23	220,13	210,40	216,10	200,07	211,50
Мононенасыщенные ЖК*, % от суммы жирных кислот / Monounsaturated FAs*, % of total fatty acids	60,00	29,42	26,75	29,34	28,17	32,08	29,68
Скор / Skor		49,03	45,58	48,90	46,95	53,47	49,47
Полиненасыщенные ЖК*, % от суммы жирных кислот / Polyunsaturated FAs*, % of total fatty acids	10,00	3,26	3,13	3,34	3,80	3,50	3,30
Скор / Skor		32,60	31,30	33,40	38,00	35,00	33,00
Массовая доля линолевой кислоты*, % от суммы жирных кислот / Mass fraction of linoleic acid*, % of the total fatty acids	7,5	2,51	2,48	2,47	3,08	2,76	2,44
Скор / Skor		33,47	33,07	32,93	41,07	36,80	32,53

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Массовая доля линоленовой кислоты*, % от суммы жирных кислот / Mass fraction of linolenic acid*, % of the total fatty acids	1,0	0,61	0,65	0,87	0,72	0,74	0,86
Скор / Skor		0,61	0,65	0,87	0,72	0,74	0,86
Массовая доля олеиновой кислоты**, % от суммы жирных кислот / Mass fraction of oleic acid**, % of total fatty acids	30,0-32,0	25,62	22,70	25,58	24,65	28,87	25,70
Скор / Skor		82,64	73,22	82,52	79,52	93,13	82,90
Отношение концентрации жирных кислот – линолевая: линоленовая / Fatty acid concentration ratio – linoleic: linolenic acid	7-40	4,11	3,81	2,84	4,28	3,73	2,84
Отношение концентрации жирных кислот – линолевая: олеиновая / Fatty acid concentration ratio – linoleic: oleic acid	0,2-0,4	0,10	0,11	0,10	0,12	0,10	0,10
Отношение концентрации жирных кислот – ненасыщенные: насыщенные (индекс насыщенности) / Fatty acid concentration ratio – unsaturated: saturated (saturation index)	0,6-0,9	0,51	0,45	0,52	0,49	0,59	0,52

* Эталон ЖК состава липидов коровьего молока для взрослых людей по Н. Н. Липатову.

** Эталон ЖК состава липидов коровьего молока для взрослых людей согласно институту питания РАМН.

* Standard of the LC composition of cow's milk lipids for adults according to N. N. Lipatov.

** Standard of the LC composition of cow's milk lipids for adults according to the Institute of Nutrition of the Russian Academy of Medical Sciences.

Анализ полученных результатов свидетельствует о различиях показателей сбалансированности жирнокислотного состава липидного компонента, имеющих невысокие значения, о чем свидетельствует «индекс насыщенности». При этом следует отметить, что наиболее приближенным по данному показателю является молоко симментальской породы коров, в котором «индекс насыщенности» составил 0,59. Полученные результаты жирнокислотной сбалансированности, возможно, объясняются рационами кормления животных, применяемыми в конкретных хозяйствах.

Однако следует учитывать, что в ГОСТ 32261-2013 «Масло сливочное. Технические условия» установлены границы соотношения массовых долей эфиров жирных кислот в молочном жире, согласно которым все исследуемые образцы молока соответствуют данным значениям. Так, соотношение пальмитиновой кислоты к лауриновой составляет от 8,9 до 11,34 (по ГОСТ 5,8-14,5); соотношение олеиновой к миристиновой – от 2,01 до 2,96 (по

ГОСТ 1,6-3,6); соотношение линолевой с миристиновой – от 0,22 до 0,28 (по ГОСТ 0,1-0,5); соотношение суммы олеиновой и линолевой к сумме лауриновой, миристиновой, пальмитиновой и стеариновой – от 0,46 до 0,62 (по ГОСТ 0,4-0,7).

Несмотря на теоретические выкладки расчета сбалансированности липидного компонента, молоко-сырье всех групп животных характеризуется в целом высокими показателями пищевой и биологической ценности, что определяет его соответствие требованиям при производстве того или иного вида пищевого продукта. В этой связи, учитывая различия в показателях жировой и белковой составляющей в зависимости от породного фактора, нами проведен расчет расхода сырья на единицу готового продукта (творога, сметаны, масла и сухого молока) с целью его приоритетной переработки. Результаты исследований приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Расход сырья для производства 100 кг продукта, кг
Table 3 – Consumption of raw materials for the production of 100 kg of product, kg

Порода / Breed	Расход сырья, затраченного на 100 кг продукта, кг / Consumption of raw materials consumed per 100 kg of product, kg			
	Сметана 30% жирности / Sour cream 30% fat	Масло сливочное 72,5% жирности / Butter 72.5% fat	Молоко сухое 25% жирности / Milk powder 25% fat	Творог 18% жирности / Cottage cheese 18% fat
Голштинская / Holstein	758,8	1821,61	801,2	519,2
Айрширская / Ayrshire	674,16	1629,21	746,3	465,0
Черно-пестрая / Black-and-white	657,89	1589,91	719,2	453,2
Красная степная / Red Steppe	744,97	1800,34	757,8	513,0
Симментальская / Simmental	804,29	1943,70	788,3	554,0
Красно-пестрая / Red-and-white	733,49	1772,62	764,8	503,7

Заключение. Полученные расчетные данные свидетельствуют о том, что количество перерабатываемого молока коров черно-пестрой и айрширской пород имеет достаточно близкие значения. Для производства 100 кг продукта из молока данных пород животных требуется меньше сырья, чем из молока пород других исследуемых групп.

В настоящее время промышленные предприятия, обладающие высокотехнологичным оборудованием, способны выпускать продукцию гарантированного состава с высокими показателями качества и потребительских свойств при использовании молочного сырья с достаточно широким диапазоном показателей пищевой и биологической ценности.

Conclusions. The calculated data obtained indicate that the amount of processed milk from black-and-White and Ayrshire cows has fairly close values. To produce 100 kg of product from the milk of these animal breeds, less raw materials are required than from the milk of breeds of other studied groups. Currently, industrial enterprises with high-tech equipment are able to produce products of guaranteed composition with high quality and consumer properties when using dairy raw materials with a fairly wide range of indicators of nutritional and biological value.

Библиографический список

1. Дунин И. М. и др. Состояние и перспективы развития молочного скотоводства в Российской Федерации. Зоотехния. 2020. № 2. С. 2-5.
2. Фирсова Э. В., Карташова А. П. Основные породы молочного скота в хозяйствах Российской Федерации. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 55. С. 69-75.
3. Крашенкова М. А., Вахрамова О. Г. Молочная продуктивность коров в зависимости от породы в условиях промышленного комплекса. Калуга, 2023. Т. 1. С. 280-285.
4. Варакин А. Т., Саломатин В. В., Харламова Е. А., Шперов А. С., Степурина М. А. Ресурсосберегающие инновационные технологии производства молока и говядины: монография. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. 204 с.
5. Горелик В. С. и др. Молочная продуктивность коров в зависимости от происхождения. Молодой ученый. 2014. № 9 (68). С. 88-91.

6. Горелик О. В., Харлап С. Ю., Неверова О. П. Продуктивные качества коров в зависимости от возраста. БИО. 2019. № 1 (220). С. 4-7.
7. Скопичев В. Г., Максимюк Н. Н. Молоко. СПб.: Проспект Науки, 2017. 368 с.
8. Мищенко Е. В., Харлап С. Ю., Павлова Я. С. Молочная продуктивность коров в зависимости от породы. Молодежь и наука. 2020. № 9.
9. Алексеева Ю. А., Хорошайло Т. А. К вопросу совершенствования продуктивных и технологических качеств черно-пестрого скота. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (64). С. 127-130.
10. Абрамова Н. И., Иванова Д. А. Влияние породной принадлежности коров на качественные показатели молока. Молочнохозяйственный вестник. 2020. № 3. С. 12-21.
11. Третьяков Е. А. Качество молока коров айрширской породы прилуцкого типа в зависимости от сезона года и способа содержания. Молочнохозяйственный вестник. 2018. № 2. С. 89-97.
12. Истранин Ю. В., Истранина Ж. А. Продуктивность новых видов кормовых культур. Исследования молодых ученых: материалы XII Международной конференции молодых ученых «Наука и природа». Витебск: ВГАВМ, 2013. С. 72-73.
13. Кулешова Е. А., Бондаренко М. В. Продуктивность и качественные показатели молока коров айрширской породы. Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2020. № 1. С. 40-44.
14. Иванова Д. А. Сезонные изменения качественных показателей молока у коров айрширской породы в условиях Вологодской области. Молочнохозяйственный вестник. 2022. № 2 (46). С. 83-95.
15. Остроумова Т. А., Иванов И. В. Влияние пород скота на состав молока и производство сыра. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-porod-skota-na-sostav-moloka-i-proizvodstvo-syra/viewer>.
16. Овсянникова Г. В., Копырина Л. Ю. Влияние породы коров на технологические свойства молока. Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5 (часть 1). С. 190-191.
17. Хромова Л. Г., Байлова Н. В., Петрин А. Н. Жирнокислотный состав и биологическая ценность молока коров голштинской породы различной селекции в период адаптации. Вестник Мичуринского государственного университета. 2018. № 3. С. 81-87.
18. Хастаева А. Ж. и др. Физико-химический и жирнокислотный состав молока коров голштинской породы осеннего периода лактации. Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие». Конференция: «Наука. Исследования. Практика». 2019. Часть 1. С. 92-95.
19. Хромова Л. Г., Мирошина С. Е., Морозова Н. И. Жирнокислотный состав липидов молока коров голштинской породы различного экотипа. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2023. Т. 15. № 1. С. 108-114.

References

1. Dunin I. M. et al. State and prospects for the development of dairy cattle breeding in the Russian Federation. Animal Science. 2020. № 2. Pp. 2-5.
2. Firsova E. V., Kartashova A. P. Main breeds of dairy cattle in the farms of the Russian Federation. Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. 2019. № 55. Pp. 69-75.
3. Krashenkova M. A., Vakhramova O. G. Milk productivity of cows depending on the breed in the conditions of the industrial complex. Materials of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference with International Participation. Kaluga, 2023. V. 1. Pp. 280-285.
4. Varakin A. T., Salomatin V. V., Kharlamova E. A., Shperov A. S., Stepurina M. A. Resource-saving innovative technologies for the production of milk and beef: monograph. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2015. 204 p.
5. Gorelik V. S. et al. Milk Productivity of Cows Depending on Origin. Young scientist. 2014. № 9 (68). Pp. 88-91.
6. Gorelik O. V., Kharlap S. Yu., Neverova O. P. Productive qualities of cows depending on age. BIO. 2019. № 1 (220). Pp. 4-7.
7. Skopichev V. G., Maksimyuk N. N. Moloko. St. Petersburg, Prospekt Nauki Publ., 2017. 368 p.
8. Mishchenko E. V., Kharlap S. Yu., Pavlova Y. S. Milk productivity of cows depending on the breed. Youth and Science. 2020. № 9.
9. Alekseeva Y. A., Khoroshaylo T. A. On the Issue of Improving the Productive and Technological Qualities of Black-and-White Cattle. Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University. 2021. № 1 (64). Pp. 127-130.
10. Abramova N. I., Ivanova D. A. Influence of breed affiliation of cows on the quality indicators of milk. Dairy Bulletin. 2020. № 3. Pp. 12-21.
11. Tretyakov E. A. Quality of milk of cows of the Ayrshire breed of Prilutsky type depending on the season of the year and the method of keeping. Dairy Bulletin. 2018. № 2. Pp. 89-97.
12. Istranin Y. V., Istranina Zh. A. Productivity of New Types of Fodder Crops. Research of young scientists: materials of the XII International Conference of Young Scientists "Science and Nature". Vitebsk, VGAVM Publ., 2013. Pp. 72-73.
13. Kuleshova E. A., Bondarenko M. V. Productivity and quality indicators of milk of Ayrshire cows. Collection of scientific works of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine. 2020. № 1. Pp. 40-44.
14. Ivanova D. A. Seasonal Changes in Milk Quality Indicators in Ayrshire Cows in the Vologda Region. Dairy Bulletin. 2022. № 2 (46). Pp. 83-95.
15. Ostroumova T. A., Ivanov I. V. Influence of Cattle Breeds on the Composition of Milk and Cheese Production. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-porod-skota-na-sostav-moloka-i-proizvodstvo-syra/viewer>.
16. Ovsyannikova G. V., Kopyrina L. Y. Influence of the cow breed on the technological properties of milk. Modern high-tech technologies. 2014. No 5 (Part 1). Pp. 190-191.

17. Khromova L. G., Bailova N. V., Petrin A. N. Fatty acid composition and biological value of milk of Holstein cows of various selection during the adaptation period. Bulletin of Michurinsk State University. 2018. № 3. Pp. 81-87.

18. Physicochemical and fatty acid composition of milk of Holstein cows of the autumn lactation period. Collection of selected articles based on the materials of scientific conferences of the State Research Institute "National Development". Conference: "Science. Investigations. Practice". 2019. Part 1. Pp. 92-95.

19. Khromova L. G., Miroshina S. E., Morozova N. I. Fatty acid composition of milk lipids of Holstein cows of various ecogenesis. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2023. V. 15. № 1. Pp. 108-114.

Информация об авторах

Антипова Татьяна Алексеевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0002-0365-4806, e-mail: niimmp@mail.ru

Кудряшова Ольга Владимировна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0002-6634-3685, e-mail: niimmp@mail.ru

Горлов Иван Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Сложенкина Марина Ивановна, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0001-9542-5893, e-mail: niimmp@mail.ru

Мосолова Наталья Ивановна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0001-6559-6595, e-mail: niimmp@mail.ru

Анисимова Елена Юрьевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0002-7508-3897, e-mail: elanis1009@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26) и ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0002-0730-853X, e-mail: esvoronts@mail.ru

Ткаченко Наталья Андреевна, аспирант, научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, 6), ORCID: 0000-0002-2324-4222, e-mail: natashka34rus@mail.ru

Брехова Светлана Андреевна, аспирант, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, 6), ORCID: 0000-0003-0763-4447, e-mail: sveta511518@mail.ru

Author's Information

Antipova Tatyana Alekseevna, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Officer of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0002-0365-4806, e-mail: niimmp@mail.ru

Kudryashova Olga Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0002-6634-3685, e-mail: niimmp@mail.ru

Gorlov Ivan Fiodorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Scientific Director of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Slozenkina Marina Ivanovna, Corr.-Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Scientific Officer of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0001-9542-5893, e-mail: niimmp@mail.ru

Mosolova Natalia Ivanovna, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Officer of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0001-6559-6595, e-mail: niimmp@mail.ru

Anisimova Elena Yurievna, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0002-7508-3897, e-mail: elanis1009@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Av., 26) and the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0002-0730-853X, e-mail: esvoronts@mail.ru

Tkachenkova Natalia Andreevna, Postgraduate Student, Scientific Officer of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0002-2324-4222, e-mail: natashka34rus@mail.ru

Brekhova Svetlana Andreevna, Postgraduate Student, Junior Researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0003-0763-4447, e-mail: sveta511518@mail.ru

**EGG PRODUCTIVITY AND MORPHOMETRIC PARAMETERS OF LAYING HENS
OF THE CROSS "H&N BROWN NICK"**¹Batanov S. D., ²Shkarupa E. I., ¹Baranova I. A., ¹Starostina O. S.,
³Vorontsova E. S.¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Udmurt State Agrarian University"
Izhevsk, Russian Federation²LLC "Plempicesovkhoz "Uvinsky""

Uva, Uvinsky District, Udmurt Republic, Russian Federation

³Volgograd State Agrarian University

Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: esvoronts@mail.ru

Received 10.08.2024

Submitted 01.10.2024

The research was conducted within the framework of the project №23-26-00184 "New approaches to the development and substantiation of methods and algorithms for increasing the level of efficiency of reproduction of agricultural poultry" with the financial support of the Russian Science Foundation

Abstract

Introduction. Currently, in egg poultry farming, selection is carried out to extend the productive use of layers with a relatively high level of egg laying and good adaptation to the conditions of industrial technology. The biological basis for increasing the efficiency of the poultry industry is the use of genotypes assessed by a set of traits at all stages of ontogenesis in the selection process. **Object.** The material for the research was hatching eggs obtained from laying hens of the same-age parent flock of the H&N Brown Nick cross, as well as replacement young animals and laying hens of the final hybrid. **Materials and methods.** The sample size of the bird was 230 laying hens. At the first stage of the research, eggs were selected for incubation by external inspection, egg fertilization was tested using an ovoscope, and their weight was determined. Two batches of eggs were selected for incubation: 1 – weighing 45-54 g; 2 – 55-70 g. At the second stage of the research, the incubation results were analyzed, the sex and quality of day-old chicks were determined. The weight of eggs and young animals was determined by weighing on electronic scales with an accuracy of 0.1 g. At the third stage of the research, a comparative analysis of the egg productivity of laying hens of different groups was carried out, the morphometric parameters of eggs were assessed, and selection and genetic parameters of the exterior indicators of hens were determined. **Results and conclusions.** The obtained results show that the shape index of eggs weighing up to 55 g varied from 0.587 to 0.812, and eggs weighing from 55 g to 70 g from 0.695 to 0.800 units, respectively. As a result of incubation, 422 heads were obtained, the hatchability was 86.4%. The percentage of chicks hatching on average was 78.1%, including: 1 group – 71.4% (96 heads); 2 group – 80.2% (109 heads); 3 group – 79.1% (108 heads); 4 group – 80.3% (109 heads). When separating the chickens by sex, a total of 209 hens were obtained, including: 1 group – 46 heads; 2 group – 61 heads; 3 group – 48 heads; 4 group – 54 heads. At the age of 17 weeks (119 days), the difference in the live weight of the replacement young animals between the second, third and fourth groups was not significant and varied from 0.17% to 0.84%, and in average daily gains from 1.79% to 2.37%. The replacement young animals of the first group were significantly ($P < 0.001$) inferior to their peers in live weight by 301.68–315.37 g, and in average daily gains by 17.6–20.4% ($P < 0.05$), respectively. The obtained results show that the hens of the 1st experimental group have a lower (by 7.0–8.1%, $P < 0.01$) value of the complex exterior index compared to their peers in groups 2, 3, 4. High egg-laying intensity (96%) was revealed in the laying hens of group 1, which is higher than in groups 2, 3 and 4 by 2 p. p., 3 p. p., and 5 p. p., respectively. The laying hens of group 1 produced smaller eggs, egg weight (by 4.0–4.4%) and the value of morphometric parameters was significantly ($p < 0.05$; $p < 0.01$; $p < 0.001$) lower by an average of 7.0–20.6%. The egg shape index was significantly ($p < 0.001$) lower by 2.4–3.1%. The studies have shown that the quality of hatching eggs affects the incubation results and the quality of day-old chicks. This subsequently affected the egg productivity of laying hens, egg weight and their morphometric parameters.

Keywords: egg weight, egg morphology, egg shape index, body index of chickens, replacement chickens.

Citation. Batanov S. D., Shkarupa E. I., Baranova I. A., Starostina O. S., Vorontsova E. S. Egg productivity and morphometric parameters of laying hens of the cross "H&N Brown Nick". *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 178-189 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-19.

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

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

УДК 636.52/.58:636.061.4

**ЯИЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЯИЦ
КУР-НЕСУШЕК КРОССА «ЭЙЧ ЭНД ЭН БРАУН НИК»**¹Батанов С. Д., доктор сельскохозяйственных наук, профессор²Шкарупа Е. И., директор¹Баранова И. А., кандидат физико-математических наук, доцент¹Старостина О. С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент³Воронцова Е. С., кандидат биологических наук¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Удмуртский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ)

г. Ижевск, Российская Федерация

²ООО «Племптицесовхоз «Увинский»»

п. Ува, Увинский район, Удмуртская Республика, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках проекта №23-26-00184 «Новые подходы в разработке и обоснование методов и алгоритмов повышения уровня эффективности воспроизводства сельскохозяйственной птицы» при финансовой поддержке Российского научного фонда

Актуальность. В настоящее время в яичном птицеводстве селекция ведется на продление продуктивного использования несушек с относительно высоким уровнем яйцекладки и хорошей адаптацией к условиям промышленной технологии. Биологической основой повышения эффективности отрасли птицеводства является использование в селекционном процессе генотипов, оценённых по комплексу признаков на всех этапах онтогенеза. **Объект.** Материалом для исследований служили инкубационные яйца, полученные от кур-несушек одновозрастного родительского стада кросса «Эйч энд Эн Браун Ник» а также ремонтный молодняк и куры-несушки финального гибрида. **Материалы и методы.** Объем выборочной совокупности птицы составил 230 кур-несушек. На первом этапе исследований был произведен отбор яиц для инкубации путем внешнего осмотра, исследования на оплодотворенность яиц с использованием овоскопа, а также определяли массу. Для инкубации были отобраны 2 партии яиц: 1 – массой 45-54 г; 2 – 55-70 г. На втором этапе исследования провели анализ результатов инкубации, определили пол и качество суточных цыплят. Массу яиц и молодняка определяли путем взвешивания на электронных весах с точностью до 0,1 г. На третьем этапе исследований провели сравнительный анализ яичной продуктивности кур-несушек разных групп, оценку морфометрических параметров яиц и определены селекционно-генетические параметров показателей экстерьера кур. **Результаты и выводы.** Полученные результаты показывают, что индекс формы яиц массой до 55 г варьировал от 0,587 до 0,812, а яиц массой от 55 г до 70 г от 0,695 до 0,800 единиц, соответственно. В результате инкубации получено 422 голов, выводимость составила 86,4%. Процент вывода цыплят в среднем составил 78,1%, в том числе: 1 группа – 71,4% (96 гол.); 2 группа – 80,2% (109 гол.); 3 группа – 79,1% (108 гол.); 4 группа – 80,3% (109 гол.). При разделении цыплят по полу получено всего курочек 209 гол, в том числе: 1 группа – 46 гол.; 2 группа – 61 гол.; 3 группа – 48 гол.; 4 группа – 54 гол. В возрасте 17 недель (119 дней) разница в живой массе ремонтного молодняка между второй, третьей и четвертой группой была незначительной и варьировала от 0,17% до 0,84%, а по среднесуточным приростам от 1,79% до 2,37%. Ремонтный молодняк первой группы достоверно ($P < 0,001$) уступал сверстницам по живой массе на 301,68 – 315,37 г, а по среднесуточным приростам на 17,6-20,4% ($P < 0,05$), соответственно. Полученные результаты показывают, что куры 1 опытной группы по сравнению со сверстницами 2, 3, 4 групп обладают более низким (на 7,0-8,1%, $P < 0,01$) значением комплексного экстерьерного индекса. Высокая интенсивность яйцекладки (96%) выявлена у кур-несушек 1 группы, что выше, чем во 2, 3 и 4 группах на 2 п. п., 3п. п., и 5п. п., соответственно. От кур-несушек 1 группы получено более мелкое яйцо, масса яиц (на 4,0-4,4%) и величина морфометрических параметров была достоверно ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$) ниже в среднем на 7,0-20,6%. При этом индекс формы яйца был достоверно ($p < 0,001$) ниже на 2,4-3,1%. Исследованиями установлено, что от качества инкубационных яиц зависят результаты инкубации и качество суточных цыплят. В последующем это оказало влияние на яичную продуктивность кур-несушек, массу яиц и их морфометрические параметры.

Ключевые слова: масса яиц, морфология яиц, индекс формы яйца, индекс телосложения кур, ремонтный молодняк кур.

Цитирование. Батанов С. Д., Шкарупа Е. И., Баранова И. А., Старостина О. С., Воронцова Е. С. Яичная продуктивность и морфометрические параметры яиц кур-несушек кросса «Эйч Энд Эн Браун Ник». *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 178-189. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-19.

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. Современные яичные кроссы кур обладают высокой яйценоскостью и снесение ими большого числа яиц и многолетнее применение стабилизирующего отбора по количеству яиц и яичной массе привели к изменению параметров содержимого яиц [1]. На основании проведенных научных исследований Л. Ф. Дядичкина и др. (2009), Л. Ф. Дядичкина (2010) установили: «Размер яиц зависит от множества факторов: возраста кур-несушек, их живой массы, генетических факторов, систем кормления и содержания, здоровья птицы и внешних факторов. Оптимальная масса инкубационных яиц равна 50-70 г. При этом опережающий рост белка существенно повлиял на отношение белок/желток. Масса яйца и соотношение белка, желтка, скорлупы одинаково важны как для инкубации, так и для производства товарной продукции» [5, 6].

Отечественные и зарубежные ученые установили, что «высокая результативность инкубации возможна только при объективной оценке, отборе и использовании качественных яиц. От качества инкубационных яиц зависит уровень вывода молодняка, жизнеспособность и продуктивность птицы. Оценка качества яиц является первым необходимым шагом для успешного проведения инкубации» [2, 3, 4, 5].

Основной задачей при инкубации яиц является задача повышения выводимости, которая тесно связана с эмбриональной жизнеспособностью птицы. Ряд авторов отмечают, что «при нормальном физиологическом состоянии продуктивной птицы, хорошем уходе выводимость достигает высокого уровня. Выводимость куриных яиц зависит от ряда эпигенетических факторов. При этом очень важно прогнозирование максимальной эффективности процесса воспроизводства до закладки яиц в инкубатор, что дает возможность инкубационные некачественные яйца использовать для других целей и повышать эффективность птицеводства» [6, 7].

В своих исследованиях Л. Ф. Дядичкина (2009), Д. В. Шешенин и др. (2005) установили, что: «наиболее важными морфофизическими качествами инкубационных яиц являются их масса, индекс формы, плотность, свежесть, качество скорлупы и ряд других показателей. Качество инкубационных яиц является одним из основных факторов, которые, наряду с режимами инкубирования их, определяют результаты инкубации, жизнеспособность выведенного молодняка, его дальнейшую продуктивность и в конечном итоге определяет рентабельность работы всей птицефабрики» [8].

Исследования морфометрических и биофизических показателей куриных яиц, связь их с выводимостью и качеством полученного молодняка являются актуальной задачей и имеют большое практическое значение.

Целью исследований являлось изучение влияния морфометрических показателей куриных яиц на результаты инкубации, развитие молодняка и последующую яичную продуктивность кур-несушек.

Материалы и методы. Научные исследования были проведены на базе ООО "Племптицесовхоз "Увинский" Увинского района Удмуртской Республики и в учебно-научной лаборатории биотехнологии ФГБОУ ВО «Удмуртский ГАУ». Материалом для исследований служили инкубационные яйца, полученные от кур-несушек одновозрастного родительского стада кросса «Браун Ник» а также ремонтный молодняк и куры-несушки финального гибрида. Объем выборочной совокупности птицы составил 230 кур-несушек. Содержание кур родительского стада в производственных корпусах, оборудованных 3-х ярусными клеточными батареями по 7-8 голов в клетке при половом соотношении 1:8-9. Параметры микроклимата помещений поддерживались согласно рекомендациям по работе с соответствующим кроссом. Для оценки качества яиц равномерно отбирали с различных ярусов клеток и участков птичника по 30 штук непосредственно из клеток на 7-8 месяце репродуктивного периода.

На первом этапе научного опыта был произведен отбор яиц для инкубации путем внешнего осмотра, исследования на оплодотворенность яиц с использованием овоскопа, а также определение массы. Для инкубации были отобраны 2 партии яиц: 1 – массой 45-54 г; 2 – 55-70 г.

Массу яиц определяли путем взвешивания на электронных весах с точностью до 0,1 г.

Внешние параметры яиц (морфологические признаки) оценивали по следующим признакам: большой диаметр, малый диаметр, длина большой и малой окружности, длина большой и малой полуоси продольного сечения, площадь продольного сечения, площадь поперечного сечения, площадь поверхности, объем яйца, угол острого конца.

Внешние признаки яиц определяли по их изображениям (рисунок 1), полученным путем фотографирования. Полученные изображения были обработаны в графическом редакторе.

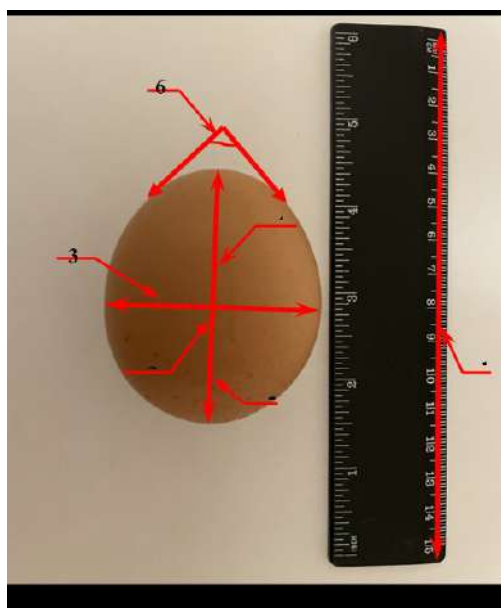


Рисунок 1 – Определение внешних параметров яйца:

- 1 – перспектометр; 2 – большой диаметр яйца; 3 – малый диаметр яйца;
4 – большая полуось продольного сечения; 5 – малая полуось продольного сечения;
6 – угол острого конца яйца

Figure 1 – Determination of external parameters of an egg:

- 1 – perspectometer; 2 – large egg diameter; 3 – small egg diameter; 4 – large semi-axis of the longitudinal section;
5 – small semi-axis of the longitudinal section; 6 – angle of the sharp end of the egg

Для более полной оценки параметров был рассчитан индекс формы яйца по формуле, разработанной С. Д. Батановым и И. А. Барановой:

$$I = \frac{S_2}{S_1} \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

где площадь поперечного сечения яйца, определяется как

$$S_2 = \pi \cdot \left(\frac{d}{2} \right)^2 \quad (2)$$

площадь продольного сечения яйца, определяется аналогично площади эллипса:

$$S_1 = \left(D_1 \cdot \left(\frac{d}{2} \right) \cdot \pi + D_2 \cdot \left(\frac{d}{2} \right) \cdot \pi \right) / 2, \quad (3)$$

где D_1 – большая полуось продольного сечения, D_2 – малая полуось продольного сечения.

По результатам проведённых расчетов все исследуемое яйцо, имеющее оптимальную массу (55-70 г) по пригодности к инкубации, было распределено на 3 группы в зависимости от величины индекса формы: 1 группа – 0,695-0,730; 2 группа – 0,731-0,765; 3 группа – 0,766-0,800. Далее яйца закладывали в инкубационные шкафы.

На втором этапе исследования провели анализ результатов инкубации, определили пол и качество суточных цыплят. Массу молодняка определяли путем взвешивания на электронных весах с точностью до 0,1 г. Взвешивание проводили еженедельно. По результатам взвешивания определяли среднесуточный прирост.

Для более полной и объективной оценки типа телосложения животных был рассчитан экстерьерный индекс (индекс туловища – ИТ) по формуле, разработанной С. Д. Батановым и И. А. Барановой:

$$\text{ИТ} = \frac{\text{ДК}}{(\text{ДК} \cdot \text{ПГТ} \cdot \text{ШМ} + (\text{ДТ} - \text{ДК}) \cdot \text{ШМ} \cdot \text{ПГТ})^{\frac{1}{3}}}, \quad (4)$$

где ДК – длина килля, ПГТ – передняя глубина туловища, ШМ – ширина таза в маклоках, ДТ – длина туловища (рисунки 2, 3).

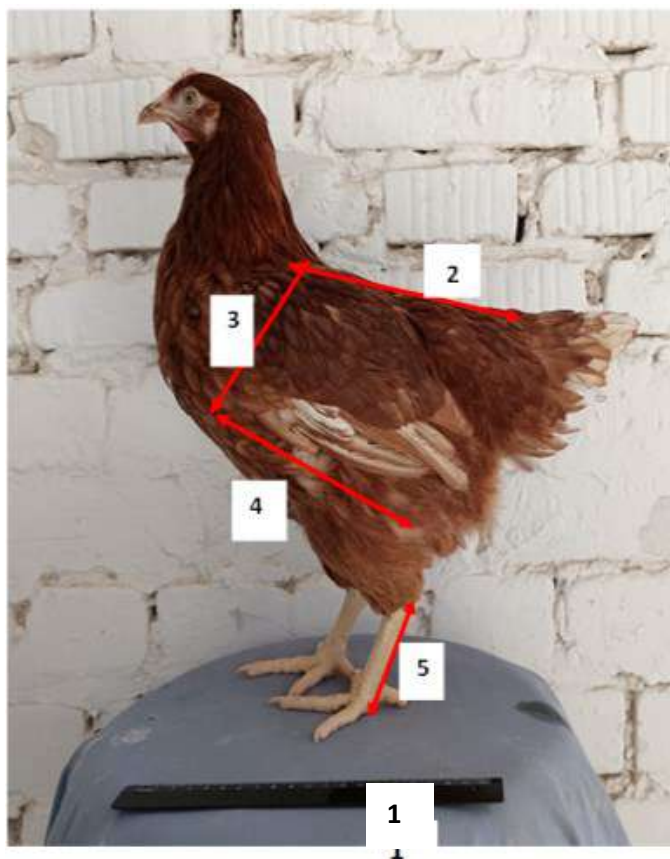


Рисунок 2 – Определение экстерьерных параметров курицы
вид сбоку: 1 – перс펙тометр; 2 – длина туловища; 3 – передняя глубина туловища;
4 – длина килля; 5 – длина плюсны

Figure 2 – Determination of exterior parameters of a chicken
side view: 1 – perspectometer; 2 – body length; 3 – front body depth; 4 – keel length; 5 – metatarsus length

На третьем этапе исследований провели сравнительный анализ яичной продуктивности кур-несушек разных групп и оценку морфометрических параметров яиц.

На основе исходных данных проведен расчет селекционно-генетических параметров показателей экстерьера кур, яичной продуктивности и морфометрических параметров яиц в исследуемых группах. Между всеми показателями оценки экстерьера, типа телосложения и яичной продуктивности кур была определена взаимосвязь путем расчета коэффициента корреляции по Спирмену.

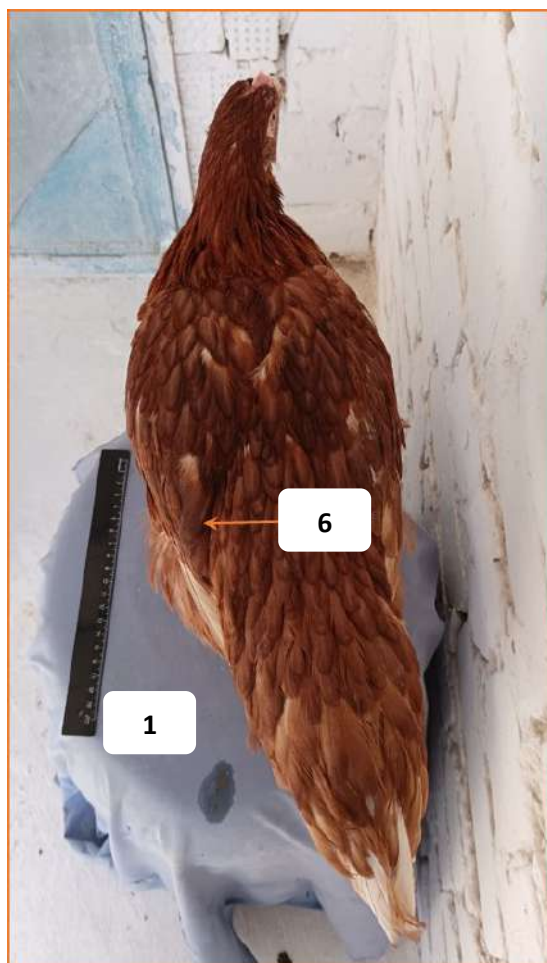


Рисунок 3 – Определение экстерьерных параметров курицы
вид сверху: 1 – перспектометр; 6 – ширина таза в маклоках
Figure 3 – Determination of exterior parameters of a chicken
top view: 1 – perspectometer; 6 – pelvic width in hipbones

Обработка экспериментальных данных проводилась по методике вариационной статистики с помощью программы математического моделирования MATLAB.

Результаты исследований и их обсуждение. Научными исследованиями ученых установлено: «Морфометрические параметры яиц в определенной степени оказывают влияние на вывод и выводимость цыплят, их качество, жизнеспособность и последующую продуктивность кур-несушек. Появление новых кроссов и линий, селекция птицы по продуктивности приводит к появлению яиц с несколько измененными морфо-физическими параметрами, что требует изучения, анализа и оценки их пищевых и инкубационных качеств» [9, 10, 11].

Форма яиц в значительной степени влияет на положение эмбриона в процессе его развития. По мнению П. П. Царенко (2016) «Форма яиц меньше определяется породной принадлежностью и больше возрастом и индивидуальными особенностями. К форме яиц предъявляют высокие требования» [6].

В наших исследованиях индекс формы яйца определяется по разработанной формуле (1) и анализируемый показатель характеризуется величиной площади поперечного, продольного сечения и угла острого конца яиц. Чем выше показатель индекса формы яиц, тем более заостренную форму острого конца имеют яйца. Полученные результаты показывают, что индекс формы яиц, массой до 55 г варьировал от 0,587 до 0,812, а яиц массой от 55 г до 70 г от 0,695 до 0,800 единиц, соответственно.

Отечественные и зарубежные ученые и специалисты птицеводческих предприятий, анализируя качества инкубационных яиц, установили криволинейную зависимость между массой яиц и результатами инкубации. При этом установили, что «...из мелких (45–47 г) и слишком крупных (более 70 г) яиц вывод и выводимость была значительно ниже, чем из средних яиц. Масса яиц в условиях современных технологий инкубирования яиц имеет достаточно высокую связь с жизнеспособностью молодняка ($r=+0,54$) и его массой при выводе» [12, 13, 14].

Результатами наших исследований установлена максимально высокая величина массы яйца с наименьшей величиной индекса формы (2 группа) (62,97 г), что достоверно ($P<0,01$) выше на 5,4%, чем в 3 группе (59,75 г), которое характеризуется максимально вытянутой формой, при недостоверной разнице (1,8%) с 4 группой (61,84 г).

Яйца в количестве 540 шт., полученные от кур после предварительной подготовки, были заложены в инкубатор и проинкубированы по общепринятым режимам.

Основной задачей при инкубировании яиц является получение высоких показателей вывода, выводимости и большого числа кондиционного молодняка. Именно эти показатели определяют эффективность работы птицеводческого предприятия. В отличие от других животных эмбриогенез птичьего зародыша происходит вне тела матери, а потому качество яиц оказывает огромное влияние на жизнеспособность эмбриона и интенсивность его развития. [11, 14, 15, 16].

Для выявления основных факторов, влияющих на инкубацию и качество цыплят, был проведен анализ результатов инкубации.

Анализ полученных результатов свидетельствует о достаточно высоком уровне оплодотворенности (88,5%) и выводимости (86,4%) яиц. В результате инкубации получено 422 голов, выводимость составила 86,4%. При этом процент вывод цыплят в среднем составил 78,1%, в том числе: 1 группа – 71,4% (96 гол.); 2 группа – 80,2% (109 гол.); 3 группа – 79,1% (108 гол.); 4 группа – 80,3% (109 гол.). При разделении цыплят по полу получено всего курочек 209 гол., в том числе: 1 группа – 46 гол.; 2 группа – 61 гол.; 3 группа – 48 гол.; 4 группа – 54 гол.

Основными характеристиками роста и развития молодняка являются величина его живой массы и среднесуточный прирост в контрольные возрастные периоды. Параметры, характеризующие интенсивность роста и развития анализируемого поголовья птицы, представлены в таблице 1.

Живая масса суточных цыплят в группах имела определенную вариабельность. В первой группе живая масса варьировала от 31,78 г до 35,59 г, при коэффициенте вариации 3,9%, а во второй, третьей и четвертой группе от 37,52 г до 42,93 г с величиной коэффициента вариации 4,1%, 4,3% и 6,4%, соответственно. Учитывая высокую корреляционную связь между массой яиц и массой суточных цыплят выявили закономерно достоверно низкая живая масса суточных цыплят, полученных от яиц массой до 55 г. Масса суточных цыплят второй группы была достоверно выше ($P < 0,05$) чем в третьей и четвертой группе на 1,14% и 1,27%, соответственно.

В возрасте семь дней достоверно низкие среднесуточные приросты на 14,6–16,1% выявлены в первой группе цыплят. По живой массе и среднесуточным приростам живой массы цыплят между второй, третьей и четвертой группой достоверных различий не выявлено. Такая же тенденция по живой массе и среднесуточным приростам ремонтного молодняка отмечается во все возрастные периоды от рождения до возраста 17 недель.

В возрасте 17 недель (119 дней) разница в живой массе ремонтного молодняка между второй, третьей и четвертой группой была незначительной и варьировала от 0,17% до 0,84%, а по среднесуточным приростам от 1,79% до 2,37%. Ремонтный молодняк первой группы достоверно ($P < 0,001$) уступал сверстникам по живой массе на 301,68–315,37 г, а по среднесуточным приростам на 17,6–20,4% ($P < 0,05$), соответственно.

Однородность птицы по живой массе при переводе (в возрасте 110–119 дней) в группах составила 80,9–85,5%. При этом самой низкой (80,9%) однородностью по живой массе характеризовался молодняк первой группы. Величина однородности анализируемого поголовья превышает рекомендуемые требования, который составляет не менее 80%.

Таблица 1 – Динамика живой массы и среднесуточных приростов ремонтных молодок кур
Table 1 – Dynamics of live weight and average daily gains of replacement pullets

Показатель / Index	Масса яиц / Weight of eggs											
	Масса до 55 г / Weight up to 55 g						Масса от 55 г до 70 г / Weight from 55 g to 70 g					
	Индекс формы / Shape Index (0,587-0,812) Shape Index			Индекс формы / Shape Index (0,695-0,730)			Индекс формы / Shape Index (0,731-0,765)			Индекс формы / Shape Index (0,766-0,800)		
	1 группа / Group 1 (n=46)		lim	2 группа / Group 2 (n=61)		lim	3 группа / Group 3 (n=48)		lim	4 группа / Group 4 (n=54)		lim
	x±Δx	Cv %		x±Δx	Cv %		x±Δx	Cv %		x±Δx	Cv %	
Индекс формы / Shape Index	0,699±0,003	6,5	0,587-0,812	0,713±0,002	6,3	(0,695-0,730)	0,748±0,001	7,2	(0,731-0,765)	0,783±0,003	6,4	(0,766-0,800)
Масса яйца, г / Egg weight, g	51,35±0,29	3,5	(47,84-53,89)	62,97±0,44*	4,5	(55,79-68,85)	59,75±0,53	3,7	(55,42-69,15)	61,84±0,65	6,9	(55,82-68,76)
Живая масса суточных цыплят, г / Live weight of day-old chicks, g	33,56±0,29	3,9	31,78-35,59	40,75±0,17*	4,1	37,91-42,51	40,13±0,12	4,3	37,52-42,17	40,32±0,15	6,4	37,72-42,93
Живая масса на конец учетного периода, г Среднесуточный прирост, г / Live weight at the end of the accounting period, g Average daily increase, g	Возраст молодняка 0-7 день / Age of young chickens 0-7 days											
	14-42 день / 14-42 days						98-119 день / 98-119 days					
	57,42±0,46	11,4	(53,89-71,75)	68,21±0,34	11,4	(57,95-76,16)	67,58±0,23	10,1	(56,47-75,91)	68,08±0,55	13,4	(59,85-77,27)
	3,42±0,15	9,2	(2,43-4,52)	3,92±0,21	10,1	(2,92-5,11)	3,93±0,18	9,1	(3,05-5,13)	3,97±0,14	8,7	(3,09-5,24)
Живая масса на конец учетного периода, г Среднесуточный прирост, г / Live weight at the end of the accounting period, g Average daily increase, g	14-42 день / 14-42 days											
	434,65±1,12	10,1	(346-589)	481,34±1,69	12,0	(361-597)	489,47±2,01	12,6	(379-612)	487,98±2,19	12,8	(376-586)
	12,21±0,25	12,0	(8,91-14,15)	13,25±0,29	13,5	(8,31-16,13)	13,58±0,31	14,7	(9,81-17,12)	13,44±0,23	10,9	(8,13-16,22)
Живая масса на конец учетного периода, г Среднесуточный прирост, г / Live weight at the end of the accounting period, g Average daily increase, g	98-119 день / 98-119 days											
	1318,75±11,14***	9,6	(1310-1713)	1634,12±10,12	7,8	(1445-1791)	1631,36±10,53	7,9	(1412-1789)	1620,43±11,07	8,5	(1391-1794)
	13,27±0,95*	11,2	(13,49-18,07)	15,83±0,62	5,4	(13,13-18,05)	15,98±0,85	6,5	(13,01-17,59)	15,61±0,94	7,4	(12,78-18,01)

Примечание: разность по сравнению с группой 1 достоверна при $p < 0,05^*$; $p < 0,01^{**}$; $p < 0,001^{***}$.
 Note: the difference compared to group 1 is significant at $p < 0,05^*$; $p < 0,01^{**}$; $p < 0,001^{***}$.

Согласно принятой технологии ремонтный молодняк в первые 110 дней выращивается в специализированных помещениях, а затем переводится в цех промышленного стада кур, где происходит его доращивание. Сохранность поголовья в группах была относительно высокой и находилась на уровне: 1 группа – 88,7%; 2 группа – 98,4%; 3 – 97,1; 4 группа – 97,7%. Высоким уровнем выбраковки также характеризовался молодняк первой группы, величина которого составила 3,4%, при этом во второй, третьей и четвертой группе она составила 0,75-0,83%.

Половая зрелость (50% яйценоскости) кур-молодок наступила примерно в одно и то же время, в возрасте 20-21 неделя.

Анализ параметров роста и экстерьерных особенностей кур-несушек анализируемых групп представлен в таблице 2.

Куры 1 опытной группы во все возрастные периоды, имея более низкую живую массу и менее развитый корпус тела в возрасте 30 недель, также достоверно уступали своим сверстницам 2, 3 и 4 подопытных групп по живой массе на 4,8-7,7% ($p < 0,001$), по длине туловища на 2,0-4,7% ($p < 0,05$), глубине груди на 4,8-8,7% ($p < 0,01$), длине кия на 15,2-18,5% ($p < 0,001$) и ширине таза на 5,6-11,5% ($p < 0,05$) соответственно.

Для анализа экстерьера сельскохозяйственной птицы в целостности был рассчитан индекс туловища. Разработанная нами формула позволила провести комплексную оценку экстерьера в числовом выражении и проанализировать взаимосвязь телосложения с уровнем яйчной продуктивности кур и морфометрическими параметрами яиц. Полученные результаты показывают, что куры 1 опытной группы по сравнению со сверстницами 2, 3, 4 групп обладают более низким (на 7,0-8,1%, $P < 0,01$) значением комплексного экстерьерного индекса, что свидетельствует о менее объемном размере корпуса птицы и сбитом типе телосложения. Для оценки уровня яйчной продуктивности и качества яиц кур в возрасте 30 недель в два смежных дня было учтено количество снесенных яиц. Полученное яйцо было оценено по морфометрическим параметрам. Высокая интенсивность яйцекладки (96%) выявлена у кур-несушек 1 группы, что выше, чем во 2, 3 и 4 группах, на 2 п. п., 3 п. п., и 5 п. п., соответственно.

От кур-несушек 1 группы биологически закономерно получено более мелкое яйцо, следовательно, масса яиц (на 4,0-4,4%) и величина морфометрических параметров была достоверно ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$) ниже в среднем на 7,0-20,6%. При этом индекс формы яйца был достоверно ($p < 0,001$) ниже на 2,4-3,1%.

Заключение. При подготовке яиц к инкубации необходимо проводить морфометрическую оценку по массе и форме яиц. Качество яиц, степень их соответствия предъявляемым требованиям определяется совокупностью признаков и рядом показателей. Сравнительная оценка молодняка по росту и развитию выявила, что цыплята, полученные от инкубационных яиц массой 55-70 граммов, в течение всего учетного периода имели большую живую массу на 301,68-315,37 г и величину среднесуточных приростов на 17,6-20,4%. Они отличались лучшей сохранностью (более 97%) и оптимальными параметрами однородности стада по живой массе (84,2-85,5).

Результатами исследований установлено, что от качества инкубационных яиц зависят результаты инкубации и качество суточных цыплят. В последующем это оказало влияние на яйчную продуктивность кур-несушек, массу яиц и их морфометрические параметры. При анализе степени корреляционной связи (по Спирмену) выявлена положительная взаимосвязь между индексом туловища и индексом формы яйца. При этом коэффициент корреляции (ρ) по группам составил – 0,37; 0,35; 0,36; 0,41, соответственно.

Conclusions. When preparing eggs for incubation, it is necessary to conduct a morphometric assessment of the weight and shape of the eggs. The quality of eggs, the degree of their compliance with the requirements is determined by a set of features and a number of indicators. Comparative assessment of young animals by growth and development revealed that the chickens obtained from hatching eggs weighing 55-70 grams during the entire accounting period had a greater live weight of 301.68-315.37 g and an average daily gain of 17.6-20.4%. They were distinguished by better survivability (more than 97%) and optimal parameters of flock uniformity by live weight (84.2-85.5). The results of the studies have established that the results of incubation and the quality of day-old chicks depend on the quality of hatching eggs. Subsequently, this affected the egg productivity of laying hens, the weight of eggs and their morphometric parameters. When analyzing the degree of correlation (according to Spearman), a positive relationship was found between the body index and the egg shape index. The correlation coefficient (ρ) for the groups was – 0.37; 0.35; 0.36; 0.41, respectively.

Таблица 2 – Экстерьер кур и морфометрические параметры яиц
Table 2 – Exterior of hens and morphometric parameters of eggs

Показатель / Index	Группа / Group						
	1		2		3		4
	x±Δx	Cv	x±Δx	Cv	x±Δx	Cv	x±Δx
n (голов / Number of chickens)	41		60		47		53
Живая масса, г / Live weight, g	1801,9±13,3***	6,4	1892,8±17,5	5,4	1917,2±20,22	7,7	1951,6±16,36
Промеры кур, см: Прямая длина туловища / Measurements of chickens, cm: Straight length of the body	15,66±0,31*	16,1	16,39±0,21	9,5	15,98±0,35	15,7	16,44±0,23
Глубина груди / Chest depth	8,15±0,20**	16,1	8,93±0,14	11,7	8,56±0,14	11,6	9,52±0,16
Длина кия / Keel length	10,23±0,23***	15,5	12,55±0,21	12,2	12,06±0,16	9,8	12,41±0,22
Ширина таза / Pelvic width	9,33±0,19*	14,30	9,88±0,17	12,6	9,95±0,13	9,7	10,22±0,18
Индекс туловища / Trunk Index	1,082±0,017**	9,6	1,177±0,013	8,3	1,176±0,014	8,4	1,164±0,017
Яйценоскость, % / Egg production, %	96		94		93		91
Морфологические признаки яиц: 1. Масса яйца, г / Morphological characteristics of eggs: 1. Egg weight, g	56,08±0,35***	5,6	58,46±0,36	5,7	58,44±0,39	6,2	58,67±0,34
2. Большая полуось, см / Semi-major axis, cm	3,21±0,02**	6,1	3,46±0,03	7,9	3,39±0,02	6,1	3,29±0,02
3. Малая полуось, см / Semi-minor axis, cm	2,21±0,03***	6,9	2,53±0,02	8,5	2,58±0,02	6,1	2,69±0,03
4. Площадь продольного сечения, см² / Longitudinal sectional area, cm²	18,29±0,21***	8,2	22,74±0,26	11,3	22,62±0,21	8,4	22,50±0,22
5. Площадь поперечного сечения, см² / Cross-sectional area, cm²	14,54±0,19***	9,6	18,31±0,22	11,3	18,28±0,18	9,2	18,30±0,24
6. Объем яйца / Egg volume	70,14±1,07*	13,3	75,39±1,41	17,9	73,97±1,01	12,8	73,66±1,14
7. Угол острого конца / Sharp End Angle	97,86±0,49	4,7	98,43±0,45	8,5	99,50±0,44	4,1	99,24±0,46
8. Индекс формы яйца / Egg Shape Index	0,774±0,004***	4,3	0,795±0,003	4,0	0,799±0,002	3,1	0,793±0,005

Примечание: разность по сравнению с группой 1 достоверна при $p < 0.05^*$; $p < 0.01^{**}$; $p < 0.001^{***}$.
Note: the difference compared to group 1 is significant at $p < 0.05^*$; $p < 0.01^{**}$; $p < 0.001^{***}$.

Библиографический список

1. Бессарабов Б. Ф., Крыканов А. А., Киселев А. Л. Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы. СПб: Лань, 2015. 160 с.
2. Бурдашкина В. Возраст родительского стада и инкубационные качества яиц. Животноводство России. 2012. С. 23-26.
3. Егоров И. А. и др. Критерии обеспеченности организма птицы витаминами и их влияние на инкубационные качества яиц. Птицеводство. 2017. № 4. С. 14-20.
4. Дядичкина Л. Ф., Цилинская Т. В. Морфологические особенности эмбрионального развития высокопродуктивных мясных кроссов кур. Птица и птицепродукты. 2011. № 5. С. 39-43.
5. Дядичкина Л. Ф. Инкубация - главное звено в цепи воспроизводства птицы. Птицеводство. 2010. № 1. С. 21-23.
6. Дядичкина Л. Ф. и др. Улучшение результатов инкубации куриных яиц при длительном хранении. Птица и птицепродукты. 2018. № 1. С. 54-57.
7. Кавтарашвили А. Ш., Фисинин В. И., Буюров В. С. Влияние освещения на время яйцекладки и качество куриных яиц. Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 6. С. 1095-1109.
8. Спиридонов И. П., Мальцев А. Б., Дымков А. Б. Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы от А до Я. Энциклопедический словарь-справочник. 2017. 594 с.
9. Dementieva N. V., et al. 大规模全基因组SNP分析揭示了鸡品种的全球祖先、种群发展和种群历史的复杂(和多样)的遗传图谱. Journal of Zhejiang University. Science B. 2024. V. 25. No. 4. Pp. 324-340.
10. Федорова Е. С., Станишевская О. И., Дементьева Н. Ю. Современное состояние и проблемы племенного птицеводства в России (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 3. С. 217-232.
11. Царенко П. П., Васильева Л. Т. Методы оценки и повышение качества яиц сельскохозяйственной птицы. СПб: Лань, 2016. 280 с.
12. Щербатов В. И., Едыгова С. Б., Цесарская Э. Н. Дифференцированный режим инкубации куриных яиц. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2011. № 30. С. 181-184.
13. Федорова, Е. С., Станишевская О. И. Параметры отбора кур по качественным характеристикам яиц без их разбивания. Генетика и разведение животных. 2019. № 4. С. 70-79.
14. Narushin V. G., Romanov M. N., Griffin D. K. Egg and math: introducing a universal formula for egg shape. Annals of the New York Academy of Sciences. 2021. V. 1505. № 1. Pp. 169-177.
15. Romanyk H. M., Fedorovich V. V. Quality indicators of eggs of Lohmann Brown and Lohmann Sandy crossbreeds. Scientific and Technical Bulletin of State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Fodder Additives and Institute of Animal Biology. 2020. V. 21. № 1. Pp. 162-167.

References

1. Bessarabov B. F., Krykanov A. A., Kiselev A. L. Incubation of eggs of agricultural poultry. St. Petersburg: Lan, 2015. 160 p.
2. Burdashkina V. Age of the parent flock and incubation qualities of eggs. Animal husbandry of Russia. 2012. Pp. 23-26.
3. Criteria for providing the poultry body with vitamins and their effect on the incubation qualities of eggs. Poultry. 2017. № 4. Pp. 14-20.
4. Dyadichkina L. F., Tsilinskaya T. V. Morphological features of the embryonic development of highly productive meat crosses of chickens. Poultry and poultry products. 2011. No 5. Pp. 39-43.
5. Dyadichkina L. F. Incubation is the main link in the chain of poultry reproduction. Poultry farming. 2010. No 1. Pp. 21-23.
6. Dyadichkina L. F., et al. Improving the results of incubation of chicken eggs during long-term storage. Poultry and poultry products. 2018. № 1. Pp. 54-57.
7. Kavtarashvili A. Sh., Fisinin V. I., Buyarov V. S. The effect of lighting on the time of egg laying and the quality of chicken eggs. Agricultural biology. 2019. V. 54. No 6. Pp. 1095-1109.
8. Spiridonov I. P., Maltsev A. B., Dymkov A. B. Incubation of eggs of agricultural poultry from A to Z. The encyclopedic dictionary is a reference book. 2017. 594 p.
9. Dementieva N. V., et al. 大规模全基因组SNP分析揭示了鸡品种的全球祖先、种群发展和种群历史的复杂(和多样)的遗传图谱. Journal of Zhejiang University. Science B. 2024. V. 25. No. 4. Pp. 324-340.
10. Fedorova E. S., Stanishevskaya O. I., Dementyeva N. Y. Current state and problems of poultry breeding in Russia (review). Agrarian Science of the Euro-North-East. 2020. V. 21. № 3. Pp. 217-232.
11. Tsarenko P. P., Vasilyeva L. T. Methods for Assessing and Improving the Quality of Agricultural Poultry Eggs. St. Petersburg: Lan, 2016. 280 p.
12. Shcherbatov V. I., Edigova S. B., Tsesarskaya E. N. Differentiated regime of incubation of chicken eggs. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2011. № 30. Pp. 181-184.
13. Fedorova, E. S., Stanishevskaya O. I. Parameters of Chicken Selection by Qualitative Characteristics of Eggs Without Breaking Them. Genetics and animal breeding. 2019. № 4. Pp. 70-79.
14. Narushin V. G., Romanov M. N., Griffin D. K. Egg and math: introducing a universal formula for egg shape. Annals of the New York Academy of Sciences. 2021. V. 1505. № 1. Pp. 169-177.
15. Romanyk H. M., Fedorovich V. V. Quality indicators of eggs of Lohmann Brown and Lohmann Sandy crossbreeds. Scientific and Technical Bulletin of the State Scientific Research Control Institute of Veterinary Medical Products and Nutritional Supplements and Institute of Animal Biology. 2020. V. 21. No 1. Pp. 162-167.

Информация об авторах

Батанов Степан Дмитриевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии переработки продукции животноводства зооинженерного факультета Удмуртского государственного аграрного университета (Российская Федерация, 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 11), ORCID 0000-0002-6662-2414, e-mail: stepanbatanov@mail.ru

Шкарупа Евгений Иванович, директор ООО «Племптицесовхоз «Увинский»» (Российская Федерация, 427260, Удмуртская Республика, п. Ува, ул. Механизаторов, д. 10), e-mail: uva-ptica@mail.ru

Баранова Ирина Андреевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры автоматизированного электропривода факультета энергетики и электрификации Удмуртского государственного аграрного университета (Российская Федерация, 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 11), ORCID 0000-0001-9730-2889, e-mail: zykina_i@mail.ru

Старостина Ольга Степановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии переработки продукции животноводства зооинженерного факультета Удмуртского государственного аграрного университета (Российская Федерация, 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 11), e-mail: starostinao.starostinat@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, старший научный сотрудник ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, Университетский просп., д. 26), кандидат биологических наук, e-mail: esvoronts@mail.ru

Author's Information

Batanov Stepan Dmitrievich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Livestock Product Processing Technology of the Zooengineering Faculty of the Udmurt State Agrarian University (Russian Federation, Udmurt Republic, 426069, Izhevsk, Studencheskaya St., 11), ORCID 0000-0002-6662-2414, e-mail: stepanbatanov@mail.ru

Shkarupa Evgeny Ivanovich, Director of OOO "Plempticesovkhov "Uvinsky"" (Russian Federation, 427260, Udmurt Republic, Uvinsky District, Uva settlement, Mekhanizatorov street, 10) e-mail: uva-ptica@mail.ru

Baranova Irina Andreevna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Automated Electric Drive, Faculty of Power Engineering and Electrification, Udmurt State Agrarian University (Russian Federation, 426069, Udmurt Republic, Izhevsk, Studencheskaya street, 11), ORCID 0000-0001-9730-2889, e-mail: zykina_i@mail.ru

Starostina Olga Stepanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Livestock Product Processing Technology Faculty of Zooengineering, Udmurt State Agrarian University (Russian Federation, 426069, Udmurt Republic, Izhevsk, Studencheskaya St., 11), e-mail: starostinao.starostinat@yandex.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

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-20

PATHOMORPHOLOGICAL CHANGES IN THE ORGANS OF THE CESTODE AVITELLINA CENTRIPUNCTATA (RIVOLTA, 1874) IN AVITELLINOSIS IN SHEEP AGAINST THE BACKGROUND OF THE USE OF THE AZINOPHENE COMPOSITION

Kabardiev S. Sh., Shapiev B. I., Karpushchenko K. A.

*Caspian Zonal Veterinary Research Institute – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan"
Makhachkala, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: pznivi05@mail.ru

Received 20.07.2024

Submitted 27.08.2024

The research was carried out in accordance with the State Subject: 'To develop a comprehensive system of measures to prevent and control the most common invasive diseases of farm animals and birds using modern chemotherapeutic and insectoacaricidal preparations of a wide spectrum of action in the conditions of the Caspian region of Russia' (FNMN-2024-0013). Reg. NIOCTR 122022400197-4

Summary

This article presents the results of the study of pathomorphological changes in the organs of cestodes *Avitellina centripunctata* against the background of Azinofen application in sheep avitellinosis. As a result of the studies it was established that under the action of Azinofen cestodes *Avitellina centripunctata* undergo tissue expressed toxicosis with metabolic disorders with the development of tissue dystrophy and accumulation of water in excess at the cellular level. When hydrated, cells and tissues of avitellina swell, disintegrate and necrotize. In the tegument of avitellin under the influence of Azinofen clearly visible vacuolization of cells of epidermis, epithelium and hyperhydration of cells and intercellular spaces of the cover, lysis in the cells of avitellin. Pathomorphologic changes in avitellin caused by Azinofen confirm its 100% efficacy and biosafety.

Abstract

Introduction. In the Russian Federation intestinal cestodes of sheep, including avitellinosis, are widespread biohelminthoses with fluctuations of EF from 12 to 38%. Against the background of avitellinosis as a parasitic pathology, pathomorphologic transformations of varying severity occur in the small intestine of ruminants. Screening of anthelmintic efficacy of drugs against cestodes at cyto-tissue level, using histologic-chemical and microscopic methods is relevant. The aim of the research is to study cyto-pathomorphologic

changes in the organs of cestode *Avitellina centripunctata* in sheep avitellinosis on the background of Azinofen composition application. **Object.** The object of the study was 15 heads of sheep 12–15 months of age. **Materials and methods.** Scientific research was carried out on sheep infected with avitellinosis. Then the animals were divided into two groups: experimental group, which was treated with Azinofen composition at a dose of 12 mg/kg body weight (n=10), and control group, which did not receive the drug (n=10). Both groups of animals were killed on day 5 post-treatment, followed by extraction of *Avitellina centripunctata* cestodes. From cestode fragments of 0.5×0.5 cm size after fixation, paraffin sections of 5-6 µm thickness were prepared according to the methodology. **Results and conclusions.** Administration of Azinofen composition to sick animals infected with the cestode *Avitellina centripunctata* leads to transformation of physiological composition and functionality of organs and tissues in all *Avitellina* populations. Azinophen causes tissue toxicosis in *Avitellina* leading to disruption of protein, carbohydrate, water and electrolyte metabolism in the body with development of tissue dystrophy and with accumulation of excess water. With hydration, cells and tissues of avitellin swell, disintegrate and necrotize. Vacuolization of epidermal and epithelial cells, hyperhydration with lysis and necrosis of cover and genital cells of avitellin can be clearly seen in tegument tissues. The proposed composition of Azinofen showed 100% – extens- and intens-effectiveness and biological safety in the therapy of ruminant avitellinosis.

Keywords: sheep diseases, avitellinosis of sheep, *Avitellina centripunctata*, Azinophen, anthelmintic efficacy of drugs.

Citation. Kabardiev S. Sh., Shapiev B. I., Karpushchenko K. A. Pathomorphological changes in the organs of the cestode *Avitellina centripunctata* (Rivolta, 1874) in avitellinosis in sheep against the background of the use of the azinophene composition. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 189-196 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-20.

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

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

УДК 619:616.995.132.5:615.036

**ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНАХ ЦЕСТОДЫ
AVITELLINA CENTRIPUNCTATA (RIVOLTA, 1874) ПРИ АВИТЕЛЛИНОЗЕ ОВЕЦ НА ФОНЕ
ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИИ АЗИНОФЕНА**

Кабардиев С. Ш., доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник

Шапиев Б. И., кандидат химических наук, докторант

Карпущенко К. А., кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник

Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»
г. Махачкала, Российская Федерация

Исследования проводились в соответствии с Государственной тематикой: «Разработать комплексную систему мероприятий по профилактике и борьбе с наиболее распространенными инвазионными болезнями сельскохозяйственных животных и птиц с использованием современных химиотерапевтических и инсектоакарицидных препаратов широкого спектра действия в условиях Прикаспийского региона России» (FNMN-2024-0013). Рег. НИОКТР 122022400197-4

Актуальность. В Российской Федерации кишечные цестодозы овец, в том числе авителлиноз, являются широко распространенными биогельминтозами с колебаниями ЭИ от 12 до 38%. На фоне течения авителлиноза, как паразитарной патологии, в тонком отделе кишечника организма жвачных животных происходят разной тяжести патоморфологические трансформации. Скрининг антигельминтной эффективности цестодоцидных препаратов на цито-тканевом уровне, с применением гистолого-химических и микроскопических методов является актуальным. Цель исследований – изучить цито-патоморфологические изменения в органах цестоды *Avitellina centripunctata* при авителлинозе овец на фоне применения композиции Азинофена. **Объект.** Объектом исследования служили 15 голов овец 12-15 мес. возраста. **Материалы и методы.** Научные исследования проводили на ярках, зараженных авителлинозом. Затем животных разделили на две группы: опытную, которую обработали композицией Азинофена в дозе 12 мг/кг массы тела (n=10), и контрольную, не получившую препарат (n=10). Обе группы животных были убиты на 5-й день после обработки, с последующим извлечением цестод *Avitellina centripunctata*. Из фрагментов цестод размером 0,5×0,5 см после фиксации готовили парафиновые срезы толщиной 5-6 мкм в соответствии с методикой. **Результаты и выводы.** Введение композиции Азинофена больным животным, инфицированным цестодой

Avitellina centripunctata, приводит к трансформации физиологического состава и функциональности органов и тканей во всех популяциях *Avitellina*. Азиофен вызывает у Авителлина тканевой токсикоз, приводящий к нарушению белкового, углеводного, водного и электролитного обмена в организме с развитием дистрофии тканей и с накоплением в избытке воды. При гидратации клетки и ткани авителлин набухают, распадаются и некротизируются. В тканях тегумента отчетливо видна вакуолизация клеток эпидермиса и эпителия, гипергидратация с лизисом и некрозом клеток покрова и гениталий авителлин. Предложенная композиция Азиофена показала 100%-ную экстенс и интенс эффективность и биологическую безопасность при терапии авителлиноза жвачных животных.

Ключевые слова: болезни овец, авителлиноз овец, *Avitellina centripunctata*, Азиофен, антигельминтная эффективность препаратов.

Цитирование. Кабардиев С. Ш., Шапиев Б. И., Карпущенко К. А. Патоморфологические изменения в органах цестоды *Avitellina centripunctata* (Rivolta, 1874) при авителлинозе овец на фоне применения композиции азиофена. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 189-196. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-20.

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 Российской Федерации кишечные цестодозы овец, в том числе авителлиноз, являются широко распространенными биогельминтозами с колебаниями ЭИ от 12 до 38% [1, 2, 4, 5]. На фоне течения авителлиноза, как паразитарной патологии, в тонком отделе кишечника организма жвачных животных происходят разной тяжести патоморфологические трансформации.

У молодняка рогатого скота наблюдается снижение общей иммунной защиты организма, что может привести к уменьшению его продуктивности. Цестоды *Avitellina centripunctata* достигают длины до 1,5 метров и обладают высокой степенью инвазии, проявляющейся через их массу и метаболическую активность. Это воздействие оказывает механический и токсико-аллергический эффекты на клеточном, тканевом и организменном уровнях [5, 6, 7].

В существующих научных изысканиях наблюдается недостаточное количество информации о патоморфологии авителлиноза у овец и коз. Некоторые исследователи выделяли наличие точечных и разлитых кровоизлияний в кишечной стенке и брыжейке у данных животных и развитие тяжелого экссудативного энтерита [8, 9].

Проблемы патоморфологических трансформаций в органах и тканях цестод вида *Avitellina centripunctata* на фоне действия антипаразитарных препаратов не изучены.

Поэтому важной задачей является изыскание новых препаратов для лечения и профилактики авителлиноза овец с применением скрининга эффектов антипаразитарных препаратов гистологическими, гистохимическими и микроскопическими методами на цито- и патоморфологическом уровнях [10, 11, 12].

Цель – изучить патоморфологические изменения в органах цестоды *Avitellina centripunctata* на фоне применения Азиофена при авителлинозе овец.

Материалы и методы. Научные исследования осуществляли на 20 ярах 12-15-мес. возраста, которых заразили авителлинозом. Затем животных разделили на 2 группы: опытную, которых обработали композицией Азиофена в дозе 12 мг/ кг массы тела (n=10) и контрольную, не обработанную препаратом (n =10). Животных обеих групп подвергали убою на 5-е сутки с момента обработки, с последующим извлечением цестод *Avitellina centripunctata*. Из фрагментов цестод, размером 0,5×0,5 см после фиксации готовили парафиновые срезы толщиной 5-6 мкм, в соответствии с методикой.

Для анализа данных, полученных в ходе эксперимента, были применены стандартные методы программы "Statistica-5.0" на операционной системе Windows 95. Среднеарифметические различия оценивались с использованием t-критерия Стьюдента. Статистическое значение $P < 0,05$ считалось показательным для выявления различий.

Результаты и обсуждение. На гистологических срезах цестод *Avitellina centripunctata* через 2-4 сутки после дачи ярякам препарата Азиофен в дозе 12 мг/ кг массы тела проявляются выраженные деструктивные процессы на клеточном, тканевом и органном уровнях.

Патологические изменения в морфологическом строении тканевых структур у всех размерных популяций *Avitellina centripunctata* (Rivolta, 1874) были отчетливо видны на гистологических срезах. Обнаруженные в клеточной и тканевой структуре *Avitellina centripunctata* токсины, через 3-4 дня после дегельминтизации, свидетельствовали о том, что у цестод полностью нарушен водно-солевой и белковый обмен веществ.

После воздействия Азинофена в органах, тканях и клетках цестод, особенно в синцитиальном эпителии, наблюдаются явления отеков, набухания, вакуолизации и развитие некроза, увеличиваются размеры межклеточных пространств, что разрушает эпидермис покровов *Avitellina centripunctata* и негативно влияет на клетки гениталий (см. таблицы 1, 2).

Препарат проникает в организм ленточного червя через эпидермис, вызывая разрушение его структурных элементов. При применении композиции Азинофена наблюдаются изменения в клетках и тканях цестоды, которые могут быть вызваны белковой, гидратной и углеводной дистрофией, аутолизом, базофильной гиперплазией, разрушением, дезинтеграцией, деградацией, некрозом и другими нарушениями (см. таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Нарушения в органах и тканях цестоды *Avitellina centripunctata*, вызванные после применения композиции Азинофена

Table 1 – Disorders in the organs and tissues of the cestode *Avitellina centripunctata* caused after the use of the composition of Azinophen

Дистрофии / Dystrophy	Органы и ткани цестоды <i>Avitellina centripunctata</i> / Organs and tissues of cestode <i>Avitellina centripunctata</i>			
	Эпидермис / Epidermis	Паренхима / Parenchyma	Матка / Womb	Семенники / Testes
Белковая / Protein	+++	+++	+++	+++
Углеводная / Carbohydrate	+++	++±	+++	±++
Гидропическая / Hydropic	+++	+++	++±	+++

Примечание: - +++ - необратимые изменения; - ± - нарушение структуры с разной степенью проявления.
Note: - +++ - irreversible changes; - ± - structural disorders with varying degrees of manifestation.

Таблица 2 – Патоморфологические изменения в тканях и органах цестоды *Avitellina centripunctata* после действия Азинофена

Table 2 – pathomorphological changes in the tissues and organs of the cestode *Avitellina centripunctata* after the action of azinophen

Клеточные и тканевые патологии / Cellular and tissue pathologies	Органы и ткани цестоды / Organs and tissues of cestodes <i>Avitellina centripunctata</i>			
	Эпидермис / Epidermis	Паренхима / Parenchyma	Матка / Womb	Семенники / Testes
Процессы с аутолизом / Processes with autolysis	+++	+++	+++	+++
Процессы с базофилией / Processes with basophilia	++±	±++	±++	±++
Процессы с деструкцией / Processes with destruction	+++	+++	+++	+++
Процессы с дезорганизацией / Processes with disorganization	++±	+++	+++	+++
Процессы с декомпозицией / Processes with decomposition	+++	±++	+++	+++
Процессы с некробиозом / Processes with necrobiosis	+++	+++	+++	±±+
Процессы с некрозом / Processes with necrosis	++±	+++	+++	+++

Примечание: - +++- необратимые изменения; - ± - нарушение структуры с разной степенью проявления.
Note: - +++- irreversible changes; - ± - structural disorders with varying degrees of manifestation.

После воздействия на срезы цестоды *Avitellina centripunctata* композиции Азинофена наблюдались заметные изменения. В тканевых структурах эпидермиса и внутренней среды организма наблюдалась повышенная базофильность, происходил гидролиз высоко-

молекулярных соединений и распад белково-полисахаридных комплексов. Кроме того, разрушению подверглись клеточные и тканевые структуры. Препарат эффективно препятствует функционированию олигосахаридов, полисахаридов, гликопротеинов, гликолипидов и мукополисахаридов в плазматической мембране гликокаликса цестод и эпидермисе. В результате снижаются адгезионные свойства и барьерные функции этих молекул. Картина разрушения эпидермиса и эпителия матки цестод *Avitellina centripunctata* при действии Азинофена видно при окрашивании тканей АС и на срезах тканей проявляется незначительным количеством активных энзимов кишечной цестоды.

В результате действия Азинофена отмечается нарушение проницаемости эпидермиса и токсическое действие его на клетки зрелых и молодых цестод.

В гистосрезах *Avitellina centripunctata* отмечали метакромазии и дезорганизации структуры соединительной ткани.

Воздействие Азинофена органы и ткани цестод вызвало появление в эпидермисе большого числа ядер, сохраняющих контур границ, но с пролиферацией ядер клеток с прозрачным содержимым, что указывает на разрушение генетического материала жизненно важных генитальных органов цестоды. Нарушение клеточных ядер подтверждается возрастанием базофильности кариоплазмы. Токсическое действие Азинофена на неполовозрелые и половозрелые стадии цестод, что проявляется пролиферацией, кариопикнозом и кариолизисом ядер (таблицы 3, 4).

Таблица 3 – Цитоморфологические патологические изменения в клетках органов цестоды

Avitellina centripunctata после действия Азинофена

Table 3 – Cytomorphological pathological changes in the organ cells of the cestode

Avitellina centripunctata after the action of Azinophen

Цито изменения в ядре / Cyto changes in the nucleus	Показатели / Indicators	
	Преимагинальные стадии <i>Avitellina centripunctata</i> / Preimaginal stages of <i>Avitellina centripunctata</i>	Стадия имаго <i>Avitellina centripunctata</i> / Adult stage <i>Avitellina centripunctata</i>
Картина с базофилией ядра / Picture with nuclear basophilia	+++	+++
Картина с пролиферацией ядра клеток эпителия / Picture with proliferation of the nucleus of epithelial cells	+++	+++
Картина кариопикноза / Picture of karyopyknosis	+++	+++
Картина кариолизиса / Picture of karyolysis	+++	+++

Примечание: - +++ - необратимые изменения; - ± - нарушение структуры с разной степенью проявления.

Note: - +++ - irreversible changes; - ± - structural disorders with varying degrees of manifestation.

Разрушение Азинофеном тегумента шейки *A. centripunctata*, как активной функциональной ткани, обеспечивающей динамический рост гельминта, способствует к замедлению роста в длину и ширину. Также после действия Азинофена в эпителиальной ткани матки, в желточниках и в яйцах выявляется картина угнетения репродуктивной системы, гибели развивающихся и развившихся яиц (таблица 4).

Таблица 4 – Дистрофические изменений в половых органах цестоды *Avitellina centripunctata* на фоне действия препарата Азинофен

Table 4 – Dystrophic changes in the genitals of *Avitellina centripunctata* cestodes against the background of the action of the drug Azinophen

Дистрофии / Dystrophy	Органы репродукции <i>Avitellina centripunctata</i> / Reproduction organs <i>Avitellina centripunctata</i>		
	Яичники / Ovaries	Матка / Womb	Семенники / Testes
Белковая / Protein	+++	+++	+++
Углеводная / Carbohydrate	+++	+++	+++
Гидропическая / Hydropic	+++	+++	+++

Примечание: - +++ - необратимые изменения; - ± - нарушение структуры с разной степенью проявления.

Note: - +++ - irreversible changes; - ± - structural disorders with varying degrees of manifestation.

В репродуктивных органах цестод нарушался процесс сперматогенеза и овогенеза. Действие Азинофена на цестод приводило к коричневому окрашиванию тканей, что связано с необратимым свертыванием белков.

Опытный образец Азинофена вызывают гистохимические изменения в эпидермисе покровов и в гениталиях у *Avitellina centripunctata*. Эти изменения выражались дистрофиями, деструкциями углеводно-белковых комплексов, инактивациями ферментов и нарушениями процессов ферментации БАВ. Некробиоз тканей цестоды *Avitellina centripunctata* с последующим некрозом и преобладание в органах реакций катаболизма над анаболизмом указывало на нарушение углеводного и белкового обменов, биохимических путей синтеза важных субстратов на фоне действия Азинофена на клетки половых желез (таблица 5).

Таблица 5 – Цитотканевые патоморфологические изменения в половых органах цестоды *Avitellina centripunctata* на фоне действия препарата Азинофен
Table 5 – Cytotissue pathomorphological changes in the genitals of the cestode *Avitellina centripunctata* against the background of the action of Azinophen

Клеточные и тканевые патологии / Клеточные и тканевые патологии	Органы репродукции <i>Avitellina centripunctata</i> / Fortpflanzungsorgane <i>Avitellina centripunctata</i>		
	Яичники / Ovaries	Матка / Womb	Семенники / Testes
Процессы с аутолизом / Processes with autolysis	+++	+++	+++
Процессы с базофилией / Processes with basophilia	+++	+++±	±±
Процессы с деструкцией / Processes with destruction	+++	+++	+++
Процессы с дезорганизацией / Processes with disorganization	+++	+++	+++
Процессы с декомпозицией / Processes with decomposition	+++±	+++	+++
Процессы с некробиозом / Processes with necrobiosis	+++	+++	+++
Процессы с некрозом / Processes with necrosis	+++	+++	+++

Примечание: - +++ необратимые изменения; - ± - нарушение структуры с разной степенью проявления
Note: - +++ irreversible changes; - ± - structural disorders with varying degrees of manifestation

Последствия, после применения Азинофена приводили к инфильтрации углеводами волокон и клеток, с меньшим синтезом в них белка, разрушением и некрозом клеток авителлин.

Эффективность Азинофена в уничтожении цестод подтверждается наличием у гельминта метаболических нарушений и некроза тканей и органов. Необратимые некротические изменения в тканях, возникшие в результате введения новой формулы азинофена, были особенно очевидны в зрелых формах организма *A. centripunctata*, как указано в таблице 5.

Заключение. В опыте на ярках через 2-4 сут. под действием препарата Азинофен цестод *Avitellina centripunctata* происходит тканевой выраженный токсикоз с нарушениями обмена веществ с развитием дистрофии тканей и накоплением в избытке на клеточном уровне воды.

При гидратации клетки и ткани авителлин набухают, распадаются и некротизируются. В тегументе авителлин под влиянием Азинофена отчетливо видно вакуолизация клеток эпидермиса, эпителия и гипергидратация клеток и межклеточных пространств покрова, лизисом в клетках авителлин.

Патоморфологические изменения у авителлин, вызванные Азинофеном, подтверждают его 100% эффективность и биобезопасность.

Conclusions. In the experiment on yarks in 2-4 days under the action of Azinofen preparation of cestodes *Avitellina centripunctata* tissue expressed toxicosis with metabolic disorders with development of tissue dystrophy and accumulation of water in excess at the cellular level occurs.

When hydrated, cells and tissues of avitellina swell, disintegrate and necrotise. In the tegument of avitellin under the influence of Azinofen clearly visible vacuolisation of cells of epidermis, epithelium and hyperhydration of cells and intercellular spaces of the cover, lysis in the cells of avitellin.

Pathomorphological changes in avitellin caused by Azinofen confirm its 100% efficacy and biosafety.

Библиографический список

1. Успенский А. В. Перспективы развития паразитологии в России. Ветеринария и кормление. 2017. № 2. С. 20-23.
2. Биттиров А. М., Шахмурзов М. М., Биттирова А. А. Морфологическая оценка ультраструктурных изменений в органах и тканях линейных мышей Элписа после введения Ивомека Ф. Аграрная Россия. 2018. № 1. С. 18-21.
3. Биттиров А. М. Морфологическая оценка структурных изменений в органах и тканях мышей Элписа после введения Ивомека Ф. Аграрная Россия. 2018. № 1. С. 18-21.
4. Васильева В. А., Мусаткина Т. Б. Патоморфологические изменения в почках мышей, экспериментально инвазированных *C. parvum*. Успехи современного естествознания. 2010. № 11. С. 68-69. <https://natural-sciences.ru/ru/article/view/id/15192>.
5. Хатукаева А. Б. и др. Популяционно-генетический анализ фасциолеза коров в Кабардино-Балкарской Республике и новая методика дегельминтизации. Ученые записки научно-исследовательской внедренческой лаборатории "Паразитология". Серия Ветеринария. 2017. С. 5-12.
6. Чилаев А. С. и др. Характеристика морфологических изменений в легких ягнят при протостронгилезе и после лечения Гельмидом 10 % + хлористый кобальт. Аграрная Россия. 2018. № 8. С. 37-39.
7. Шихалиева М. А. и др. Структура паразитоценозов Северного Кавказа. Ветеринарная патология. 2012. № 2 (40). С. 113.
8. Бегиева С. А., Шахбиев Х. Х., Шахбиев И. Х. Новый комплексный препарат "Нихлофолал порошок 20%" как средство профилактики и лечения острого фасциолеза овец. Международный вестник ветеринарии. 2018. № 4. С. 44-48.
9. Биттирова А. А., Бегиева С. А., Кишева А. А. Новый комплексный состав "Комбитрем Ф" и его эффективность при хроническом фасциолезе овец. Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 55. № 4. С. 139-142.
10. Gabrion J. Etude ultrastructurale de la larva de *Ahomataenia constricta* (Cestoda, Cyclophyllidea). Ztschr. Parasitenc. 2016. Bd. 74. № 7. Pp. 316-327.
11. Rawlinson F. S. Search for fasciolocids with preimaginal action and some aspects of their pharmacodynamics. Arian University. 2019. Vol. 65. No 3. Pp. 144-147.
12. Bemus A. D. *Fasciola hepatica*: ultrastructural localization of immunoglobulin – binding sites on the tegument. Exp. Parasitol. 2017. V. 49. № 2. Pp. 172-181.

References

1. Uspensky A. V. Prospects for the development of parasitology in Russia. Veterinary Medicine and Feeding. 2017. № 2. Pp. 20-23.
2. Bittirov A. M., Shakhmurzov M. M., Bittirova A. A. Morphological Assessment of Ultrastructural Changes in Organs and Tissues of Ellis Linear Mice after the Introduction of Ivomek F. Agrarian Russia. 2018. № 1. Pp. 18-21.
3. Bittirov A. M. Morphological Assessment of Structural Changes in Organs and Tissues of Ellis Mice after Introduction Ivomek F. Agrarian Russia. 2018. № 1. Pp. 18-21.
4. Vasilyeva V. A., Musatkina T. B. Pathomorphological changes in the kidneys of mice experimentally infested with *C. parvum*. Advances in modern natural science. 2010. № 11. Pp. 68-69. <https://natural-sciences.ru/ru/article/view/id/15192>.
5. Khatukaeva A. B. et al. Population and genetic analysis of fascioliasis of cows in the Kabardino-Balkarian Republic and a new method of deworming. Scientific Notes of the Scientific Research Implementation Laboratory "Parasitology". Series Veterinary. 2017. Pp. 5-12.
6. Chilaev A. S. et al. Characteristics of morphological changes in the lungs of lambs in protostrongylosis and after treatment with Helmicide 10 % + cobalt chloride. Agrarian Russia. 2018. № 8. Pp. 37-39.
7. Shikhaliyeva M. A. et al. Structure of parasitocenosis of the North Caucasus. Veterinary pathology. 2012. № 2 (40). P. 113.
8. Begiyeva S. A., Shakhbiev Kh. Kh., Shakhbiev I. Kh. New complex drug "Niclofolal powder 20%" as a means of prevention and treatment of acute fascioliasis of sheep. International Veterinary Bulletin. 2018. № 4. Pp. 44-48.
9. Bittirova A. A., Begieva S. A., Kischeva A. A. New complex composition of "Combitrem F" and its effectiveness in chronic fascioliasis of sheep. Proceedings of the Gorsky State Agrarian University. 2018. V. 55. № 4. Pp. 139-142.
10. Gabrion J. Etude ultrastructurale de la larva de *Ahomataenia constricta* (Cestoda, Cyclophyllidea). Ztschr. Parasitenc. 2016. Bd. 74. № 7. Pp. 316-327.
11. Rawlinson F. S. Search for fasciolocids with preimaginal action and some aspects of their pharmacodynamics. Arian University. 2019. Vol. 65. No 3. Pp. 144-147.
12. Bemus A. D. *Fasciola hepatica*: ultrastructural localization of immunoglobulin – binding sites on the tegument. Exp. Parasitol. 2017. V. 49. № 2. Pp. 172-181.

Информация об авторах

Кабардиев Садрутдин Шамшитович, доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией по изучению инвазионных болезней сельскохозяйственных животных и птиц Прикаспийского зонального НИВИ – филиала ФГБНУ «ФАНЦ РД» (Российская Федерация, 367000, республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Дахадаева, д. 88).

Шапиев Бамматгерей Исламгереевич, кандидат медицинских наук, докторант Прикаспийского зонального НИВИ – филиала ФГБНУ «ФАНЦ РД» (Российская Федерация, 367000, республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Дахадаева, д. 88).

Карпущенко Карина Альбертовна, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории Прикаспийского зонального НИВИ – филиала ФГБНУ «ФАНЦ РД» (Российская Федерация, 367000, республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Дахадаева, д. 88).

Authors' Information

Kabardiev Sadrutdin Shamshitovich, Doctor of Veterinary Sciences, Chief Researcher, Head of the Laboratory for the study of invasive diseases of farm animals and birds of the Caspian Zonal Veterinary Research Institute – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan" (Russian Federation, 367000, Republic of Dagestan, Makhachkala, Dakhadayeva Street, 88).

Shapiev Bamatgerey Islamgerееvich, Candidate of Medical Sciences, doctoral student of the laboratory of the Caspian Zonal Veterinary Research Institute – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan" (Russian Federation, 367000, Republic of Dagestan, Makhachkala, Dakhadayeva Street, 88).

Karpushchenko Karina Albertovna, Candidate of Veterinary Sciences, leading researcher of the laboratory of the Caspian Zonal Veterinary Research Institute – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan" (Russian Federation, 367000, Republic of Dagestan, Makhachkala, Dakhadayeva Street, 88).

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-21

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE CHEMICAL AND AMINO ACID COMPOSITION OF FULL-FAT SOYBEANS AND LUPINE GRAIN**Nikolaev S. I., Danilenko I. Y., Karapetyan A. K., Bubuyok A. V.***Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: schekhranova@mail.ru

Received 05.06.2024

Submitted 30.09.2024

Abstract

Introduction. Modern industrial animal husbandry of Russia is experiencing a lack of vegetable feed and concentrates with a high protein content. In this regard, white lupine is of interest, modern varieties of which, under favorable growing conditions, can accumulate up to 40% of protein and up to 12% of fat in the grain. Lupine has been repeatedly proposed as an alternative protein crop in the rations of farm poultry and pigs, as it makes it possible to reduce the amount of imported soy, replacing it with a high-quality source of complete feed protein. The varieties cultivated at the present time are characterized by a relatively high and stable seed yield. Lupine variety "DEKO 2" is of particular interest, possessing not only pronounced climate-adaptive qualities and decent nutritional value, but also the lowest alkaloid content (less than 0.02%). It is known that lupine is a crop adapted to agriculture with low costs, which can be cultivated in rainfed conditions, and soybean is a spring crop with high water needs, which increases its cost. **The object of the study.** The object of our research was the grain of alkaloid-free lupine grade «DEKO 2». **Materials and methods.** In our research, we used classical methods of zootechnical feed analysis with the application of a comprehensive approach to the problem under study, which consists in the use of analytical data from scientific literature, classical and modern research methods, comparative analysis and generalization. **Results and conclusions.** Chemical and amino acid analysis, in a comparative aspect, showed that lupine grain exceeds full-fat soy by 1.20% in terms of dry matter content; by the content of raw protein by 1.75%, and by the content of raw ash by 0.08%, while the amino acid composition is more complete, and the sum of amino acids in lupine grain is 1.13% higher than in full-fat soybeans. The results we obtained allowed us to assume that lupine seeds can be used as an alternative substitute for full-fat soy.

Keywords: *livestock rations, feed additives, vegetable feed, full-fat soybeans, white lupine grain.*

Citation. Nikolaev S. I., Danilenko I. Y., Karapetyan A. K., Bubuyok A. V. Comparative assessment of the chemical and amino acid composition of full-fat soybeans and lupine grain. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 196-201 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-21.

Author's contribution. All authors of the present study were involved in the planning, execution and analysis of the study results. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interests. The authors have declared no conflicts of interest.

УДК 636.085.1

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОГО И АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ПОЛНОЖИРНОЙ СОИ И ЗЕРНА ЛЮПИНА**Николаев С. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор****Даниленко И. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент****Карапетыан А. К., доктор сельскохозяйственных наук, профессор****Бубуёк А. В., аспирант***ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация*

Актуальность. Современное промышленное животноводство России испытывает недостаток в растительных кормах и концентратах с высоким содержанием протеина. В этом плане представляет интерес белый люпин, современные сорта которого при благоприятных условиях возделывания могут накапливать в зерне до 40% протеина и до 12 % жира. Люпин неоднократно был пред-

ложен в качестве альтернативной белковой культуры в рационах сельскохозяйственной птицы и свиней, поскольку он дает возможность сократить количество импортируемой сои, заменив ее высококачественным источником полноценного кормового белка. Сорта, возделываемые в настоящее время, характеризуются относительно высокой и стабильной урожайностью семян. Особенный интерес вызывает люпин сорта «ДЕКО 2», обладающий не только выраженными климат-адаптивными качествами и достойной питательной ценностью, но и максимально низким содержанием алкалоидов (менее 0,02%). Известно, что люпин – это культура, адаптированная к земледелию с низкими затратами, которая может возделываться на богаре, а соя – это яровая культура с высокими потребностями в воде, что увеличивает ее стоимость. **Объект исследования.** Объектом проведенных нами исследований явилось зерно безалкалоидного люпина сорта «ДЕКО 2». **Материалы и методы.** В проведенных нами исследованиях были использованы классические приемы зоотехнического анализа кормов с применением комплексного подхода к изучаемой проблеме, заключающийся в использовании аналитических данных научной литературы, классических и современных методов исследований, сравнительного анализа и обобщения. **Результаты и выводы.** Химический и аминокислотный анализ, в сравнительном аспекте, показали, что по содержанию сухого вещества зерно люпина превосходит полножирную сою на 1,20%; по содержанию сырого протеина на 1,75%, а по содержанию сырой золы на 0,08%, при этом аминокислотный состав более полный, а сумма аминокислот в зерне люпина на 1,13% выше, чем в полножирной сое. Полученные нами результаты позволили предположить, что зерно люпина может быть использовано, как альтернативная замена полножирной сои.

Ключевые слова: рационы скота, кормовые добавки, растительные корма, полножирная соя, зерно люпина белого.

Цитирование. Николаев С. И., Даниленко И. Ю., Карапетян А. К., Бубуёк А. В. Сравнительная оценка химического и аминокислотного состава полножирной сои и зерна люпина. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 196-201. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-21.

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. Колебания цен на полножирную сою побудили ученых и животноводов изучить альтернативные источники белка в рационах сельскохозяйственных животных и птицы. Привлекательным вариантом являются нетрадиционно используемые зернобобовые из-за разумного содержания в них белка, аминокислот и энергии [11].

Альтернативные зерновые бобовые могут использоваться в качестве замены сои в рецептурах кормов для животных и птиц, поскольку соя становится дефицитным и дорогостоящим зерном. По нашему мнению, одним из решений данного вопроса может быть использование зерна люпина [8].

Кормовая ценность люпина во многом определяется концентрацией алкалоидов в семенах. Эти горькие вещества могут влиять на потребление корма и рост животных, что может ограничивать использование белого люпина [9, 10]. Однако, с выведением новых сортов с низким содержанием алкалоидов (<0,1 г/кг) эта проблема решена. В связи с чем, в наших исследованиях мы анализировали безалкалоидное зерно люпина отечественного сорта «ДЕКО 2».

Материалы и методы. В проведенных нами исследованиях были использованы классические приемы зоотехнического анализа кормов с применением комплексного подхода к изучаемой проблеме, заключающийся в использовании аналитических данных научной литературы, классических и современных методов исследований, сравнительного анализа и обобщения.

Результаты и обсуждение. Люпины являются малоиспользуемыми бобовыми культурами и особенно привлекательны для их использования в кормовых целях, поскольку имеют высокое содержание белка и клетчатки в дополнение к низкому содержанию крахмала. В отличие от большинства других бобовых, люпин содержит масло. Несмотря на доказанные питательные и функциональные преимущества, люпин не получил популярность в использовании. Проведенный нами литературный анализ показал, что зерно люпина может быть использовано в кормлении животных и птиц, как альтернативная замена полножирной сои.

В связи с этим нами были проведены лабораторные исследования (данные таблицы 1) с целью оценки химического и аминокислотного состава полножирной сои и зерна люпина для определения потенциала его использования в рационах сельскохозяйственных животных.

Таблица 1 – Химический и аминокислотный состав полножирной сои и зерна люпина
Table 1 – Chemical and amino acid composition of full-fat soybeans and lupine grains

Показатель / Index	Исследуемый кормовой продукт / Test feed product			
	Полножирная соя / Full-fat soy		Зерно люпина / Lupine grain	
Химический состав, % / Chemical composition, %				
Влажность / Humidity	13,20		12,00	
Сухое вещество / Dry matter	86,80		88,00	
Сырой протеин / Crude Protein	35,10		36,85	
Сырой жир / Crude Fat	15,79		9,41	
Сырая клетчатка / Crude fiber	8,35		9,27	
Сырая зола / Crude ash	4,15		4,23	
БЭВ / BEV	23,41		28,24	
Аминокислотный состав, % / Amino acid composition, %				
	Содержание / Content	Доля от общего количества / Share of total	Содержание / Content	Доля от общего количества / Share of total
«Arg» (Аргинин / Arginine)	2,44	14,95	2,85	16,33
«Gly» (Глицин / Glycine)	1,01	6,19	1,09	6,25
«His» (Гистидин / Histidine)	0,79	4,84	1,05	6,02
«Ile» (Изолейцин / Isoleucine)	1,53	9,38	1,55	8,88
«Leu» (Лейцин / Leucine)	1,96	12,01	2,11	12,09
«Lys» (Лизин / Lysine)	2,09	12,81	1,87	10,72
«Met» (Метионин / Methionine)	0,33	2,02	0,42	2,41
«Phe» (Фенилаланин / Phenylalanine)	1,24	7,60	1,39	7,97
«Thr» (Треонин / Threonine)	1,10	6,74	1,24	7,11
«Trp» (Триптофан / Tryptophan)	0,45	2,76	0,55	3,15
«Tyr» (Тирозин / Tyrosine)	1,29	7,90	1,53	8,77
«Val» (Валин / Valine)	1,59	9,74	1,46	8,37
«Cys» (Цистин / Cystine)	0,50	3,06	0,34	1,95
Сумма изучаемых аминокислот / Sum of Amino Acids Studied	16,32	100,00	17,45	100,00

Основополагающим критерием сохранности зерна при хранении является его влажность, которая является надежным инструментом регуляции процессов активности развития микроорганизмов.

Влажность кормовых продуктов (соя и люпин) составляла 13,20-12,00%, соответственно, что соответствует регламентированным российским стандартам. Однако отметим, что зерно люпина менее гигроскопично, а это позволяет ему претендовать на более длительное хранение с меньшей потерей питательных веществ и меньшим риском развития в нем микроорганизмов и грибов.

Исследованиями было определено, что содержание сырого протеина в зерне люпина было выше, чем в сое полножирной, на 1,75% составив 36,85%, при этом протеин люпина отличается значительной питательной ценностью, которая характеризуется количеством аминокислот.

В нашем опыте сумма исследуемых аминокислот в полножирной сое составила 16,32%, в зерне люпина – 17,45%, что выше на 1,13%.

В общем количестве аминокислот сои полножирной наибольшая доля приходится на аргинин (14,95%), лизин (12,81%) и лейцин (12,01%) (рисунок 1).

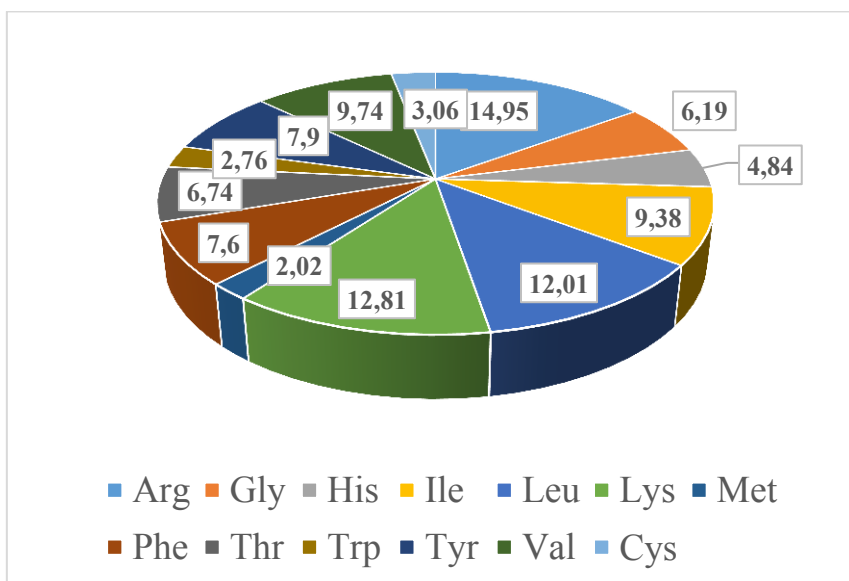


Рисунок 1 – Соотношение исследуемых аминокислот в полножирной сое, %
Figure 1 – Ratio of investigated amino acids in full-fat soy, %

При сравнении аминокислотного состава полножирной сои и люпина было выявлено, что предлагаемое нами кормовое решение – зерно люпина не уступает сое, а по содержанию отдельных аминокислот и их доли в общей сумме даже превосходит (рисунок 2).

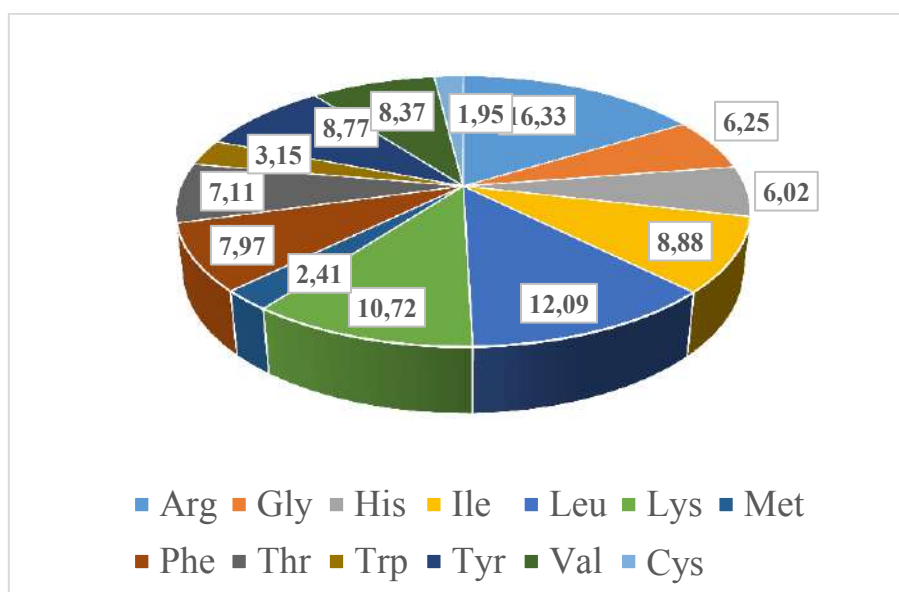


Рисунок 2 – Соотношение исследуемых аминокислот в зерне люпина, %
Figure 2 – Ratio of the studied amino acids in the lupine grain, %

В общем количестве аминокислот зерна люпина наибольшая доля приходится на аргинин (16,33%), лейцин (12,09%) и лизин (10,72%).

Среди протеиногенных аминокислот выделяются незаменимые, из которых особо важные (критические) – лизин, метионин и триптофан [5, 6].

Содержание лизина в полножирной сое составило 1,96%, в зерне люпина – 2,11%, что выше на 0,15%; метионина – 0,33% в сое полножирной и 0,42% в зерне люпина (0,09% в пользу люпина); по уровню содержания триптофана лидировало зерно люпина, где уровень данной аминокислоты составил 0,55% против 0,45% в сое полножирной (разница 0,10%).

В ходе проведения лабораторных исследований нами было установлено, что зерно люпина безалкалоидного сорта «ДЕКО 2» по химическому и аминокислотному составу не уступает традиционно используемой в кормлении сельскохозяйственных животных полножирной сое.

Использование люпина в системах животноводства имеет много преимуществ, что подтверждено литературным анализом [1, 2, 3, 4, 7] и результатами наших исследований.

Однако, в отличие от жвачных животных, использование люпина в рационе животных с однокамерным желудком может нанести вред их продуктивности. Отсутствие эндогенных ферментов для расщепления углеводов люпина в пищеварительной системе моногастричных животных может привести к снижению потребления корма, перевариваемой энергии и усвояемости питательных веществ. Несмотря на это, люпин является отличным источником энергии и белка, может эффективно заменить сою в кормах для жвачных животных, в связи с чем мы определили высокий потенциал его использования в качестве альтернативного источника корма, потому что он дешевле, чем другие протеиновые корма, его легко хранить и обращаться с ним.

Особенный интерес, по нашему мнению, представляет возможность использования зерна люпина в рационах откармливаемого молодняка крупного рогатого скота.

Выводы. Проведен обзор кормовой ценности зерна люпина безалкалоидного сорта «ДЕКО 2» и сои полножирной в сравнительном аспекте. Определен потенциал использования зерна люпина в качестве альтернативной замены дорогостоящей полножирной сои в рационах сельскохозяйственных животных.

Conclusions. A review of the fodder value of lupine grain of the alkaloid-free variety "DEKO 2" and full-fat soybeans was carried out in a comparative aspect. The potential of using lupine grain as an alternative replacement for expensive full-fat soybeans in the diets of farm animals was determined.

Библиографический список

1. Артюхов А., Сорокин А., Афонина Е. Люпин в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. Комбикорма. 2017. № 12. С. 43-46.
2. Люпин как перспективный источник кормового белка. Эффективное животноводство. 2018. № 9 (148). С. 46-47.
3. Основин С. Формирование и развитие эффективной системы кормопроизводства. Аграрная экономика. 2022. № 3 (322). С. 83-94.
4. Чулкова В. В. и др. Продуктивность сортов люпина узколистного в условиях Среднего Урала. Аграрный вестник Урала. 2022. № S14. С. 69-80.
5. Руцкая В. И., Сорокин А. Е. К вопросу об использовании люпина в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. Адаптивное кормопроизводство. 2019. № 1. С. 6-11.
6. Тенденции в производстве и использовании комбикормов. Комбикорма. 2016. № 7-8. С. 17-20.
7. Фисинин В. И. Тренд динамического развития мирового и Российского птицеводства. Современные научные разработки и передовые технологии для промышленного птицеводства: сборник статей Научно-практической конференции. Санкт-Петербург: ООО "Медиапир", 2023. С. 7-13.
8. Штеле А. Л. Основные факторы использования зернобобовых культур в кормлении птицы. Птицеводство. 2015. № 2. С. 25-30.
9. Николаев С. И., Карапетян А. К., Корнеева О. В., Бородин С. М. Эффективность применения зерна люпина сорта Деко в свиноводстве и птицеводстве. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 289-297.
10. Зенькова Н. Н., Ковалева И. В., Шлома Т. М. Качество семян зернобобовых культур. Наше сельское хозяйство. 2020. № 18 (242). С. 36-41.
11. Caramona A. et al. The use, reuse and valorization of lupin and its industry by-products for dermocosmetics applications. Sustainable Chemistry and Pharmacy. 2024. V. 38. P. 101477.

References

1. Artyukhov A., Sorokin A., Afonina E. Lupin in feeding farm animals and poultry. Feed. 2017. № 12. Pp. 43-46.
2. Lupine as a promising source of feed protein. Efficient animal husbandry. 2018. № 9 (148). Pp. 46-47.
3. Osnovin S. Formation and development of an effective feed production system. Agrarian Economics. 2022. № 3 (322). Pp. 83-94.
4. Chulkova V. V., et al. Productivity of narrow-leaved lupine varieties in the Middle Urals. Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. № S14. Pp. 69-80.
5. Rutskaia V. I., Sorokin A. E. On the issue of using lupine in the feeding of agricultural animals and birds. Adaptive fodder production. 2019. № 1. Pp. 6-11.
6. Trends in the production and use of mixed feeds. Feed. 2016. № 7-8. Pp. 17-20.
7. Fisinin V. I. Trend of dynamic development of the world and Russian poultry farming. Modern Scientific Developments and Advanced Technologies for Industrial Poultry Farming: Collection of Articles of the Scientific and Practical Conference. St. Petersburg: Mediapapir LLC, 2023. Pp. 7-13.

8. Shtele A. L. Osnovnye faktory ispol'zovaniya grannobevykh kul'turov v kormenii ptitsy [Main factors of the use of leguminous crops in poultry feeding]. Poultry. 2015. № 2. Pp. 25-30.
9. Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., Korneeva O. V., Borodin S. M. Efficiency of the use of lupine grain of the Deco variety in pig and poultry farming. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 3 (71). Pp. 289-297.
10. Zenkova N. N., Kovaleva I. V., Shloma T. M. Quality of seeds of leguminous crops. Our agriculture. 2020. № 18 (242). Pp. 36-41.
11. Caramona A. et al. The use, reuse and valorization of lupin and its industry by-products for dermocosmetics applications. Sustainable Chemistry and Pharmacy. 2024. V. 38. P. 101477.

Информация об авторах

Николаев Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400040, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Даниленко Ирина Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400040, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: taranova_15@mail.ru

Карапетын Анжела Кероповна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400040, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Бубуёк Александр Васильевич, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400040, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: bubuekaleksandr@mail.ru

Author's Information

Nikolaev Sergey Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, professor of the «Department of Feeding and Breeding Farm Animals», Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Danilenko Irina Yuryevna, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the «Department of Feeding and Breeding Farm Animals», Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: taranova_15@mail.ru

Karapetyan Anzhela Keropovna, Doctor of Agricultural Sciences, professor of the «Department of Feeding and Breeding Farm Animals», Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Bubuyok Aleksandr Vasilyevich, graduate student of the «Department of Feeding and Breeding Farm Animals», Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: bubuekaleksandr@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-22

**NEW CARBOHYDRATE-MINERAL ADDITIVE FOR CAGE REARING
OF STURGEON FISH SPECIES****Tkacheva I. V., Maltseva T. A., Yarontovsky V. E., Oganisyan M. M.***Don State Technical University
Rostov-on-Don, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: tkacheva-irina85@mail.ru

Received 12.08.2024

Submitted 28.09.2024

The work is carried out as part of the project “Development of personalized feeds of a new generation with plant and probiotic additives to increase the survival rate and improve the health of fish” (FZNE-2023-0003)

Abstract

Introduction. Sturgeons, as one of the oldest fish in the world, belong to the sturgeon family with 27 different species. Sturgeon farming is of key importance for both industry and aquaculture in the Russian Federation. In light of the decline in natural sturgeon populations, aquaculture is receiving increasing attention. The main areas of sturgeon aquaculture include their artificial propagation and production for sale. Different species may differ in growth rate, sexual maturation time, and other biological characteristics when sturgeon are raised in cage aquaculture. Feeding behavior plays a key role in the life history of fish, affecting both individuals and the entire population and species as a whole. Taste preference of fishes is conditioned by specific and general features depending on their lifestyle and feeding behavior. **Object.** The object of the study is a new carbohydrate-mineral additive, which was tested as part of compound feeds for sturgeon fish. **Materials and methods.** The study was conducted on the hybrid form of sturgeon fish, to which experimental feed with the new additive was added to the diet. The fodders were made in accordance with the standards of GOST 10385-2014 – Compound feeds for fish. **Results and Conclusions.** The paper reviewed the state of the domestic market of the compound feed industry, the characteristics of feed components and described an experiment to assess eating behavior when a new carbohydrate-mineral additive of

plant origin for sturgeon fish was included in the feed recipe. The combined feed with the addition of the new additive was readily eaten by the fish without causing behavioral abnormalities, which indicates its suitability for feeding hybrid forms of sturgeon fish. Research on taste preference can be applied in aquaculture and fisheries to improve artificial baits, feed formulation and chemical regulation of fish nutrition.

Keywords: cage aquaculture, plant components of feed, sturgeon fish species, feeding behavior of fish, feeding of sturgeon fish.

Citation. Tkacheva I. V., Maltseva T. A., Yarontovsky V. E., Oganisyan M. M. New carbohydrate-mineral additive for cage rearing of sturgeon fish species. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 201-209 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-22.

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 639.3.043.2

НОВАЯ УГЛЕВОДНО-МИНЕРАЛЬНАЯ ДОБАВКА ДЛЯ САДКОВОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ОСЕТРОВЫХ ВИДОВ РЫБ

Ткачева И. В., доктор биологических наук, профессор

Мальцева Т. А., кандидат технических наук, доцент

Яронтовский В. Е., магистрант

Оганисян М. М., магистрант

*Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация*

Работа проведена в рамках выполнения проекта "Разработка персонализированных кормов нового поколения с растительными и пробиотическими добавками для повышения выживаемости и улучшения здоровья рыб" (FZNE-2023-0003).

Актуальность. Осетр, как одна из старейших рыб в мире, принадлежат к семейству осетровых, в котором насчитывается 27 различных видов. Выращивание осетровых имеет ключевое значение как для промышленности, так и для аквакультуры в Российской Федерации. В свете уменьшения естественных популяций осетровых, аквакультуре уделяется все большее внимание. Основные направления аквакультуры осетровых рыб включают в себя их искусственное размножение и производство для продажи. Различные виды могут отличаться друг от друга по скорости роста, времени полового созревания и другим биологическим особенностям при выращивании осетровых в условиях садковой аквакультуры. Пищевое поведение играет ключевую роль в жизнедеятельности рыб, влияя как на отдельных особей, так и на всю популяцию и вид в целом. Вкусовое предпочтение рыб обусловлено специфическими и общими чертами, зависящими от их образа жизни и особенностей питания. **Объект.** Объектом исследования является новая углеводно-минеральная добавка, которая была протестирована в составе комбикормов для осетровых рыб. **Материалы и методы.** Исследование проводилось на гибридной форме осетровых рыб, которым в рацион питания добавляли экспериментальный корм с новой добавкой. Изготовление кормов соответствовало нормам ГОСТ 10385-2014 – Комбикорма для рыб. Общие технические условия. **Результаты и выводы.** В работе рассмотрено состояние отечественного рынка комбикормовой промышленности, характеристики кормовых компонентов и описан эксперимент по оценке пищевого поведения при включении в рецепт корма новой углеводно-минеральной добавки растительного происхождения для осетровых рыб. Комбинированный корм с добавлением новой добавки охотно поедался рыбами, не вызывая отклонений в поведении, что свидетельствует о его пригодности для кормления гибридных форм осетровых рыб. Исследования в области вкусового предпочтения могут быть применены в аквакультуре и рыболовстве для улучшения искусственных приманок, составления кормов и химического регулирования питания рыб.

Ключевые слова: садковая аквакультура, растительные компоненты кормов, осетровые виды рыб, пищевое поведение рыб, кормление осетровых рыб.

Цитирование. Ткачева И. В., Мальцева Т. А., Яронтовский В. Е., Оганисян М. М. Новая углеводно-минеральная добавка для садкового выращивания осетровых видов рыб. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 201-209. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-22.

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. Первые научные исследования по реакциям рыб на поиск пищи были начаты в XIX веке. Э. Аронсон, Дж. Штейнер и В. Бейтсон провели опыты по изучению восприятия запаха у золотой рыбки, акулы и морского налима в конце XIX века. В СССР исследование пищевого поведения рыб началось благодаря работе А. П. Андрияшева в 1939-1941 годах на биологической станции в Севастополе. Внимание к особенностям поведения рыб, включая их пищевое поведение, ученые начали уделять в 1950-1960-х годах.

Питание является одной из важнейших функций в жизни организма. Рыбы тратят от 10 до 48% своего времени на поиск и прием пищи в течение жизни. Пищевое поведение представляет собой сложный процесс, включающий последовательность действий от обнаружения корма до его принятия или отвержения [1].

Современные кормовые добавки для животных должны отличаться комплексностью и включать тщательно переработанные зерновые, бобовые и масличные культуры. Основное требование к таким добавкам – это устранение недостатка питательных и минеральных веществ, а также стимуляция пищеварительных процессов. Они должны быть экономически эффективными и не содержать антибиотиков, гормонов, стимуляторов роста и других нежелательных ингредиентов [2]. В ходе исследования был проведен анализ литературных источников по применению растительных добавок в комбикормах (таблица 1).

Таблица 1 – Анализ литературных источников по растительным добавкам для дальнейшего применения в комбикормах для гибридов осетровых пород рыб

Table 1 – Analysis of literature sources on plant additives for further use in mixed fodders for sturgeon hybrids

Название добавки / Additive Name	Обзор исследований / Review of studies
1	2
Цеолиты / Zeolites	1. Для осетровых рыб проводились экспериментальные работы по использованию астраханского цеолита (опоки). В качестве объекта использовали гибрид русский осетр (<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>) и ленский осетр (<i>Acipenser Baeri Brandt</i>) – РоЛо. Добавление цеолита в количестве 3% и 6% от общей массы комбикорма приводит к абсолютному приросту молоди в опытных группах, который составляет свыше 100% от средней массы рыб. Также в ходе исследовательских работ было выявлено, что среднесуточный прирост молоди с добавлением 3% цеолита в комбинированный корм был выше. 1. For sturgeon fish, experimental work was carried out on the use of Astrakhan zeolite (flask). As an object, he used a hybrid of Russian sturgeon (<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>) and Lena sturgeon (<i>Acipenser Baeri Brandt</i>) – RoLo. The addition of zeolite in the amount of 3% and 6% of the total weight of the feed leads to an absolute increase in juveniles in experimental groups, which is over 100% of the average weight of fish. Also, in the course of research work, it was revealed that the average daily gain of juveniles with the addition of 3% zeolite to the combined feed was higher. 2. Было проведено еще одно экспериментальное исследование с использованием модифицированного цеолита, обогащенного растительными аминокислотами. Эксперимент проводился на севрюге (<i>Acipenser stellatus</i>). В ходе эксперимента были установлены положительные результаты: рост рыбы в длину увеличился на 10%, длина до корней средних лучей увеличилась на 11%, а длина туловища – 5,3%. Наблюдалось также увеличение охвата тела на 13%. 2. Another pilot study was conducted using modified zeolite enriched with plant amino acids. The experiment was carried out on stellate sturgeon (<i>Acipenser stellatus</i>). During the experiment, positive results were established: the height of the fish in length increased by 10%, the length to the roots of the middle rays increased by 11%, and the length of the body – 5.3%. There was also a 13% increase in body coverage.
	1. Существует исследование, которое проводилось на молоди ленского осетра с добавлением суспензии хлореллы в пастообразные корма. Результаты данного эксперимента были положительными и отражались в приросте среднего веса опытной группы в сравнении с контролем. Благоприятно отразилось на среднем весе рыб по сравнению с контрольной группой. Наилучшие результаты наблюдались в том эксперименте, где была использована смесь из 50% комбикорма, 50% фарша из менее ценной рыбы и 10% хлореллы. Введение 10% хлореллы обеспечивало наибольшее увеличение средней массы по сравнению с контрольной группой.

Продолжение таблицы 1

1	2												
Хлорелла / Chlorella	1. There is a study that was carried out on juvenile Lena sturgeon with the addition of chlorella suspension to paste-like feed. The results of this experiment were positive and were reflected in the increase in the average weight of the experimental group in comparison with the control. Had a beneficial effect on the average weight of the fish compared to the control group. The best results were observed in the experiment where a mixture of 50% mixed feed, 50% minced meat from less valuable fish and 10% chlorella was used. The administration of 10% chlorella provided the largest increase in mean weight compared to the control group. 2. В рамках исследования использовались двухлетние ленские осетры, которые выращивались в пластиковых бассейнах объемом 0,4 м³. Содержание суспензии водорослей в экспериментальном рационе составило 5% от массы комбикорма. Корма компании «Coppens» полностью тонущие, однако 60% гранул нового комбикорма с хлореллой быстро оседало на дно, тогда как 40% достигали дна в течение 10-15 минут [3]. 2. As part of the study, two-year-old Lena sturgeons were used, which were grown in plastic pools with a volume of 0.4 m³. The content of algae suspension in the experimental diet was 5% of the weight of the compound feed. Coppens feeds are completely sinking, but 60% of the new chlorella feed pellets quickly settled to the bottom, while 40% reached the bottom within 10-15 minutes [3]. Основные результаты: / Main results:												
	<table><tr><th>Показатели / Indicators</th><th>Контрольная группа / Control group</th><th>Экспериментальная группа / Experimental group</th></tr><tr><td>Абсолютный прирост, г / Absolute increase, g</td><td>131,03</td><td>141,87</td></tr><tr><td>Относительный прирост, % / Relative increase, %</td><td>72,9</td><td>78,9</td></tr><tr><td>Кормовой коэффициент Feed coefficient</td><td>1,24</td><td>1,05</td></tr></table>	Показатели / Indicators	Контрольная группа / Control group	Экспериментальная группа / Experimental group	Абсолютный прирост, г / Absolute increase, g	131,03	141,87	Относительный прирост, % / Relative increase, %	72,9	78,9	Кормовой коэффициент Feed coefficient	1,24	1,05
	Показатели / Indicators	Контрольная группа / Control group	Экспериментальная группа / Experimental group										
	Абсолютный прирост, г / Absolute increase, g	131,03	141,87										
	Относительный прирост, % / Relative increase, %	72,9	78,9										
	Кормовой коэффициент Feed coefficient	1,24	1,05										
Ростовская живорыбная база (РЖБ) хлореллу выращивает. Они его давали осетровым отдельно от комбикорма. 1% от общей массы корма. Результат был положительный – быстрый темп роста. Основная проблема: трудноусваиваемая оболочка. The Rostov live fish base grows chlorella. They gave it to sturgeon separately from the mixed feed. 1% of the total weight of the feed. The result was positive - a rapid growth rate. The main problem: the shell is difficult to digest.													
Дрожжи / Yeast	Дрожжи в комбикорме повышают питательность смеси, улучшают ее вкусовые качества. Также эти добавки помогают организму легче усваивать белок. / Yeast in mixed feed increases the nutritional value of the mixture, improves its taste. Also, these supplements help the body absorb protein more easily.												
Пшеница / Wheat	Используется во всех кормах. Экономически выгодный компонент. Является среди злаковых одним из наиболее питательных и употребительных компонентов комбикормов. / It is used in all feeds. Cost-effective. It is one of the most nutritious and used components of mixed feed among cereals.												
Пророщенная пшеница / Wheat germ	Пророщенная пшеница считается одним из наиболее ценных проростков, получившим название «живая пища». Зерно является скрытым организмом, которое содержит жизненную энергию для воспроизводства. Когда зерно прорастает, возникает новое растение, насыщенное важнейшими питательными веществами, необходимыми для жизнедеятельности [4, 5]. Этот продукт представляет собой натуральную добавку с хорошо сбалансированным составом, что позволяет организму быстро и эффективно усваивать его. Минералы, витамины, белки, жиры и углеводы поступают в организм в готовой, легкоусвояемой форме. Процесс прорастания значительно увеличивает содержание питательных веществ в зернах: жиры повышаются с 2,2% до 10%, белки – с 20% до 26%, а клетчатка – с 10% до 17%, тогда как углеводы снижаются с 64% до 34%. Регулярное употребление пророщенной пшеницы способствуют увеличению свободной энергии [6].												

Окончание таблицы 1

1	2
	Оптимальная концентрация полезных веществ достигается при длине ростков 1-2 мм. В 100 г данного продукта содержится 198 ккал, из которых 7,5 г – белки, 1,3 г – жиры, 41,4 г – углеводы, 47,75 г – вода, 1,1 г – пищевые волокна [7]. Sprouted wheat is considered one of the most valued sprouts, called "living food". Grain is a hidden organism that contains vital energy for reproduction. When the grain germinates, a new plant appears, saturated with the most important nutrients necessary for life [4, 5]. This product is a natural supplement with a well-balanced composition, which allows the body to absorb it quickly and effectively. Minerals, vitamins, proteins, fats and carbohydrates enter the body in a ready-made, easily digestible form. The germination process significantly increases the nutrient content of grains: fats rise from 2.2% to 10%, proteins from 20% to 26%, and fiber from 10% to 17%, while carbohydrates decrease from 64% to 34%. Regular consumption of wheat germ helps to increase free energy [6]. The optimal concentration of nutrients is achieved with a sprout length of 1-2 mm. 100 g of this product contains 198 kcal, of which 7.5 g are proteins, 1.3 g are fats, 41.4 g are carbohydrates, 47.75 g are water, and 1.1 g are dietary fibers [7].
Люцерна / Alfalfa	Люцерна (<i>Medicago sativa</i> L.) – малоизученный, перспективный источник протеина для объектов аквакультуры. Из зеленой массы люцерны получают белковый концентрат, который содержит 520 г/кг сырого протеина с высоким уровнем лизина, треонина и метионина, а также множество витаминов и антиоксидантов, низкое содержание клетчатки [8]. Существует ряд исследований по добавлению люцерны в рыбные корма. Например, J. Coburn в 2021 году зафиксировал, что желтый окунь (<i>Perca flavescens</i>), получавший 180 г/кг люцернового концентрата вместо рыбной муки, показывал меньшие темпы роста, но улучшенную конверсию корма [9]. Другие исследования подтверждают, что до 35% рыбной муки в рационе тиляпии (<i>Oreochromis mossambicus</i>) может быть заменено концентратом люцерны, что способствует росту рыбы. Травяная мука из высушенной зеленой массы люцерны также показала свою эффективность при дозировке 10% в корме для карпа, улучшая его рост [10]. Alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) is a poorly studied, promising source of protein for aquaculture objects. Protein concentrate is obtained from the green mass of alfalfa, which contains 520 g/kg of crude protein with high levels of lysine, threonine and methionine, as well as many vitamins and antioxidants, and low fiber content [8]. There are a number of studies on adding alfalfa to fish feed. For example, J. Coburn in 2021 recorded that yellow perch (<i>Perca flavescens</i>) fed 180 g/kg of alfalfa concentrate instead of fishmeal showed a lower growth rate but improved feed conversion [9]. Other studies confirm that up to 35% of the fishmeal in the diet of tilapia (<i>Oreochromis mossambicus</i>) can be replaced with alfalfa concentrate, which promotes fish growth. Grass meal from dried green mass of alfalfa has also shown its effectiveness at a dosage of 10% in carp feed, improving its growth [10].

Существует добавка, которая в своем составе содержит углеводы и несколько макро- и микроэлементов, однако не все необходимые элементы (медь, йод, цинк и прочие) в ней присутствуют. Суть заключается в компенсации дефицита всех необходимых питательных компонентов для животных при их безопасном кормлении, а также универсальном применении этой добавки в рационе различных сельскохозяйственных животных и птиц, что значительно расширяет область ее использования. Каждый из перечисленных элементов, таких как магний, сера, железо, марганец, селен, может присутствовать или отсутствовать в добавке в зависимости от вида животного.

В состав легко усваиваемых углеводов входят такие компоненты, как сахар, крахмал, патока и сухая молочная сыворотка. Для обеспечения кальцием и фосфором применяются кальциевые соли фосфорной кислоты и карбонат кальция, в то время как сера предоставляется в виде порошков элементарной серы. Магний может поступать в форме оксида или сульфата, а микроэлементы представлены соответствующими солями, оксидами или хелатами. Дополнительно кормовая добавка может включать витамины, жиры, а также аминокислоты, такие как лизин и метионин. Она позволяет полностью удовлетворить потребности животных в важных питательных веществах без необходимости использования других добавок.

Компоненты продукта подбираются в идеальных пропорциях в зависимости от вида и категории сельскохозяйственных животных и птиц. Эта добавка выделяется на фоне других за счёт низкого содержания небелковых азотистых соединений и сбалансированного набора минералов, витаминов, жиров и аминокислот, что способствует лучшему усвоению, повышает продуктивность и укрепляет иммунные функции животных. Нормы кормления зависят от вида животного и соотношения компонентов в добавке. Не требуется поэтапное наращивание дозы – суточную дозу можно скармливать один или два раза в день, смешивая с основным кормом.

Целью исследования является описание характеристик вкусовых предпочтений у гибридной формы осетровых рыб при добавлении в рацион новой растительной добавки. Задачей исследования было проанализировать пищевое поведение гибрида ленского осетра и калуги – ЛенКа (*Acipenser baerii* x *Huso dauricus*). Также было необходимо исследовать структуру и особенности главных элементов вкусового поведенческого ответа на экспериментальный корм с растительными добавками. Рецепт разработанный углеводно-минеральной добавки, которую добавляли в комбинированный корм для оценки вкусового предпочтения гибрида ЛенКи, представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Рецепт разработанной углеводно-минеральной добавки
Table 2 – Recipe of the developed carbohydrate-mineral supplement

Компонент / Component	Количество / Quantity
Цеолит / Zeolite	3%
Дрожжи / Yeast	3%
Пшеница / Wheat	0,7%
Синбиотик / Synbiotic	2%
Закрепитель / Fixer	0,3%
Люцерна / Alfalfa	5%
Пророщенная пшеница / Wheat germ	1%
Хлорелла / Chlorella	1%

ЛенКа (*Acipenser baerii* x *Huso dauricus*) представляет собой перспективный с коммерческой точки зрения гибрид, созданный посредством оплодотворения икры сибирского (ленского) осетра спермой калуги [11]. В условиях садкового разведения этот гибрид демонстрирует тёмную окраску спины и боков, а его брюхо имеет белый цвет. ЛенКа отличается от своего родителя более широким ртом, ширина которого составляет в среднем 29% от длины головы. При равных условиях содержания этот гибрид растёт значительно быстрее, чем материнская форма, достигая почти в два раза большего веса. Благодаря этой характеристике удалось сократить время, необходимое для достижения товарной массы рыбы, на год [12].



Рисунок 1 – ЛенКа
Figure 1 – LenKa (*Acipenser baerii* x *Huso dauricus*)

Материалы и методы. Эксперимент проводился по изучению поедаемости гранул корма контрольной группы, с рецептурой утвержденной ГОСТ и растительной углеводно-минеральной добавкой в рационе, идентичной по основным компонентам с контрольной группой (таблица 3).

Таблица 3 – Схема эксперимента
Table 3 – Scheme of the experiment

Объект / Object	Характеристика кормления / Feeding characteristics
ЛенКа / LenKa (<i>Acipenser baerii</i> x <i>Huso dauricus</i>)	Контрольная группа – стартовый комбикорм, сбалансированный по питательности согласно нормам / Control group – starter feed, balanced in nutritional value according to the standards
	Опытная группа – экспериментальный стартовый корм с включением углеводно-минеральной добавки (таблица 2) / Experimental group – experimental starter feed with the inclusion of a carbohydrate-mineral additive (Table 2)

В ходе исследования проводилось наблюдение за тем, как рыбы реагируют на гранулы обычного корма и корма, обогащенного новой растительной добавкой, во время кормления. Для анализа полученных данных оценивали количество попыток захвата гранулы до её полного съедания или отказа, время, в течение которого гранула удерживалась (в секундах) при первом захвате, общее время, в течение которого рыба хранила гранулу во рту в ходе эксперимента, а также усвояемость гранулы – была ли она съедена или отвергнута.

Время удерживания гранулы фиксировалось с помощью таймера. Момент проглатывания определялся по характерным движениям челюстей и возвращению жаберных крышек в привычный ритм. Отказ от гранулы устанавливался по реакции рыбы, когда она удалялась и не предпринимала попыток захватить её вновь. Гранулы с углеводно-минеральной добавкой предлагались в случайном порядке, перемежая их с комбикормом, изготовленным по ГОСТу 10385-2014 – Комбикорма для рыб. Общие технические условия. Продолжительность перерывов между экспериментами с одной рыбой составляла не менее 10-15 минут, а количество тестов с различными гранулами было сопоставимо. Рыбу ежедневно докармливали живыми артемиями, которые являются ценным источником питания благодаря высокому содержанию белка и жира. Употребление артемии в питание рыб способствует их оптимальному росту, сохраняет естественную окраску, повышает уровень выживаемости и поддерживает естественное поведение. Среди различных живых кормов, используемых для воспроизводства личинок рыб и моллюсков, науплии артемии занимают ведущие позиции. Уникальной особенностью артемии является её способность образовывать цисты, которые, после специальной обработки, становятся питательными. В результате инкубации эти цисты освобождают науплии, которые могут быть использованы для кормления личинок как морских, так и пресноводных видов. Это делает артемию одним из самых удобных и действенных вариантов в кормлении молодых организмов.

Обсуждение и результаты. В ходе экспериментального кормления гибридных форм осетровых рыб было выявлено, что, как только гранулы опускались на дно бассейна, рыбы к ней подплывали и схватывали с последующим проглатыванием или отверганием. В результате было зафиксировано, что количество схватываний с последующим проглатыванием гранул корма с новой растительной добавкой превышало количество отверганий этой самой гранулы, также отмечалось, что итоговая поедаемость экспериментальных гранул и контрольных гранул была одинаковой, внешний вид рыб не изменялся, отклонений в поведении не наблюдалось. Исходя из наблюдений можно утверждать, что новая кормовая добавка, является приемлемой для включения в рецептуру кормов для осетровых пород рыб. В дальнейшем учеными планируется изучение влияния измененного состава корма на морфобиологические и физиологические показатели рыб.

Выводы. Для достижения успешных результатов в искусственном разведении осетровых рыб необходимо применять высококачественные стартовые и производственные корма, а также тщательно разрабатывать технологию и рацион кормления. При подсчете общих расходов на производство рыбы около 50% средств уходит на корма. Следовательно, для повышения эффективности и рентабельности осетроводства ключевым является соблюдение баланса между количеством и качеством комбикорма и физиологическими потребностями рыб в основ-

ных питательных веществах. Для улучшения характеристик искусственных кормов рецептура включает не только основные животные и растительные ингредиенты, но и различные кормовые, растительные, пищевые и минеральные добавки.

Главное назначение комплекса растительных добавок – это улучшение пищеварительных процессов у гидробионтов и борьба с вредными микроорганизмами. Использование таких добавок способствует более легкому и полному усвоению корма животными, что тем самым снижает затраты на корма.

Исследования в области рыбного кормления играют важную роль в развитии аквакультуры и обеспечении стабильного производства рыбных продуктов. Контроль питания и создание сбалансированных рационов являются основополагающими факторами успешного рыбоводства, что делает такие эксперименты крайне важными.

Conclusions. To achieve successful results in artificial sturgeon breeding it is necessary to use high quality fry and grower feed, as well as to carefully develop feeding technology and ration. When calculating the total costs of fish production, about 50% of funds are spent on feed. Consequently, the key to increasing the efficiency and profitability of sturgeon farming is to maintain a balance between the quantity and quality of compound feed and the physiological needs of fish in basic nutrients. To improve the characteristics of artificial feeds, the formulation includes not only the main animal and plant ingredients, but also various feed, plant, food and mineral additives.

The main purpose of the complex of plant additives is to improve digestive processes in hydrobionts and control harmful microorganisms. The use of such additives contributes to easier and more complete digestion of feed by animals, thus reducing feed costs.

Fish nutrition research plays an important role in the development of aquaculture and sustainable production of fish products. Nutritional control and the development of balanced diets are fundamental to successful fish farming, making such experiments essential.

Библиографический список

1. Михайлова Е. С., Касумян А. О. Вкусовые предпочтения и оросенсорное тестирование пищи у мраморного гурами *Trichopodus trichopterus* (Osphronemidae, Perciformes). Вопросы ихтиологии. 2021. Т. 61. № 6. С. 697-712.
2. Пахомов В. И. и др. Состояние и перспективы использования растительного сырья в кормах для аквакультуры (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23 (3). С. 281-294.
3. Заделенов В. А. и др. Сибирский осетр *Acipenser baerii* (Brandt, 1869) (Acipenseridae) реки Енисей. Ч. 1. Структура стада (обзор). Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2022. Т. 16. № 12 (203). С. 799-806.
4. Маркин А. Д., Подушин Ю. В. Результаты изучения различных технологических форм пророщенной озимой пшеницы для включения в рецептуру кормовых добавок. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 195. С. 1-11.
5. Щекутьева Н. А., Фоменко П. А., Богатырева Е. В. Исследования химического состава пророщенных семян зерновых культур. Молочнохозяйственный вестник. 2022. Т. 1 (45). С. 155-164.
6. Матюшев В. В., Семенов А. В., Чаплыгина И. А. Совершенствование технологии экструдирования четырехкомпонентной смеси с предварительным проращиванием одного из компонентов. Вестник Омского государственного аграрного университета. 2021. Т. 2 (42). С. 113-120.
7. Бесараб Г. В. и др. Зерно люпина узколистного в кормлении молодняка крупного рогатого скота. Зоотехническая наука Беларуси. 2022. Т. 57. № 1. С. 147-159.
8. Игнатович Л. С. Влияние применения компонентных кормовых добавок, изготовленных с применением травяной муки из тысячелистника обыкновенного, на продуктивность кур-несушек, качество производимой продукции (яиц) и конверсию корма. Дальневосточный аграрный вестник. 2017. Т. 2 (42). С. 75-81.
9. Coburn J., Wells M. S., Phelps N. B., Gaylord T. G., Samac D. A. Acceptance of a Protein Concentrate from Alfalfa (*Medicago sativa*) by Yellow Perch (*Perca flavescens*) Fed a Formulated Diet. Fishes. 2021. No 6 (2). P. 9.
10. Halbos D. M., Mohammed M. J., Alhamadani A. S. The effect of adding dried alfalfa powder to the diet on some growth parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L.). Annals of the Romanian Society for Cell Biology. 2021. V. 25 (2). Pp. 352-358.
11. Шкаленко В. В., Николаев С. И., Уланов Е. В. Совершенствование пород осетровых рыб. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. С. 263-269.
12. Юрин Д. А., Юрина Н. А., Максим Е. А. и др. Оптимизация гидрохимических показателей воды и условий содержания осетровых рыб. Международный научно-исследовательский журнал. 2021. С. 155-158.

References

1. Mikhailova E. S., Kasumyan A. O. Taste Preferences and Orosensory Food Testing in Marbled Gourami *Trichopodus trichopterus* (Osphronemidae, Perciformes). Issues of ichthyology. 2021. V. 61. № 6. Pp. 697-712.
2. Pakhomov V. I. et al. Status and prospects for the use of plant raw materials in feeds for aquaculture (review). Agrarian Science of the Euro-North-East. 2022. V. 23 (3). Pp. 281-294.
3. Zadelenov V. A. et al. Siberian sturgeon *Acipenser baerii* (Brandt, 1869) (Acipenseridae) of the Yenisei River. Part 1. Herd structure (overview). Fish farming and fisheries. 2022. V. 16. № 12 (203). Pp. 799-806.
4. Markin A. D., Podushin Y. V. Results of Studying Various Technological Forms of Sprouted Winter Wheat for Inclusion in the Formulation of Feed Additives. Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2024. № 195. Pp. 1-11.

5. Shchekutyeva N. A., Fomenko P. A., Bogatyreva E. V. Studies of the Chemical Composition of Sprouted Seeds of Grain Crops. Dairy Bulletin. 2022. V. 1 (45). Pp. 155-164.
6. Matyushev V. V., Semenov A. V., Chaplygina I. A. Improvement of the Technology of Extruding a Four-Component Mixture with Preliminary Germination of One of the Components. Bulletin of the Omsk State Agrarian University. 2021. V. 2 (42). Pp. 113-120.
7. Besarab G. V., et al. Narrow-leaved lupine grain in feeding young cattle. Zootechnical Science of Belarus. 2022. V. 57. № 1. Pp. 147-159.
8. Ignatovich L. S. Effect of the use of component feed additives made with the use of yarrow grass meal on the productivity of laying hens, the quality of products (eggs) and feed conversion. Far Eastern Agrarian Bulletin. 2017. V. 2 (42). Pp. 75-81.
9. Coburn J., Wells M. S., Phelps N. B., Gaylord T. G., Samac D. A. Acceptance of a Protein Concentrate from Alfalfa (Medicago sativa) by Yellow Perch (Perca flavescens) Fed a Formulated Diet. Fishes. 2021. No 6 (2). P. 9.
10. Halbos D. M., Mohammed M. J., Alhamadani A. S. The effect of adding dried alfalfa powder to the diet on some growth parameters of common carp (Cyprinus carpio L.). Annals of the Romanian Society for Cell Biology. 2021. V. 25 (2). Pp. 352-358.
11. Shkalenko V. V., Nikolaev S. I., Ulanov E. V. Improvement of sturgeon fish breeds. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. Pp. 263-269.
12. Yurin D. A., Yurina N. A., Maxim E. A., et al. Optimization of hydrochemical parameters of water and conditions for keeping sturgeon fish. International Research Journal. 2021. Pp. 155-158.

Информация об авторах

Ткачева Ирина Васильевна, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры «Технические средства аквакультуры», главный научный сотрудник НИЛ «Центр Агробитехнологии», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1), e-mail: tkacheva-irina85@mail.ru

Мальцева Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции АПК», старший научный сотрудник Центра развития территориального кластера «Долина Дона», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1), e-mail: vif.tatyana@yandex.ru

Яронтовский Василий Евгеньевич, магистр 1 года обучения, кафедра «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1), e-mail: vasiliiyarontovskii98@gmail.com

Оганисян Марина Мушеговна, магистр 1 года обучения, кафедра «Технические средства аквакультуры», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1), e-mail: marina.oganisyan04@mail.ru

Author's Information

Tkacheva Irina Vasilyevna, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of "Technical Means of Aquaculture", Chief Researcher of the Research Institute "Center for Agrobiotechnology", Don State Engineering University (Russian Federation, 344003, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), e-mail: tkacheva-irina85@mail.ru

Maltseva Tatyana Alexandrovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Technologies and Equipment for Processing Agricultural Products, Senior Researcher at the Center for the Development of the Don Valley Territorial Cluster, Don State Engineering University (Russian Federation, 344003, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), e-mail: vif.tatyana@yandex.ru

Yarontovsky Vasily Evgenievich, Master of 1 year of study, Department of "Technologies and Equipment for processing Agro-industrial complex Products", Don State Engineering University (Russian Federation, 344003, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), e-mail: vasiliiyarontovskii98@gmail.com

Oganisyan Marina Mushegovna, Master of 1 year of study, Department of "Technical Means of Aquaculture", Don State Engineering University (Russian Federation, 344003, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), e-mail: marina.oganisyan04@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-23

FEATURES OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF LARGE WHITE PIGS AT DIFFERENT LEVELS OF FEEDING**Ukhtverov A. M.***Samara State Agrarian University
Samara, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: andrei_uhtverov@mail.ru

Received 22.07.2024

Submitted 12.09.2024

The research was carried out within the framework of the scientific topic "Improvement of existing and creation of new genotypes of pigs suitable for use in the conditions of the Middle Volga region"
(No state registration AAAA-A19-119012490154-9)

Abstract

Introduction. The relevance of this issue is due to the current negative situation in pig breeding, in which the regulatory regimes of feeding and maintenance are not observed. In addition, in recent years, no studies of the ontogeny features of newly created animal genotypes have been carried out. It is especially important to consider

the compensatory characteristics of genotypes under conditions of improved housing after insufficient feeding. **Object.** The object of research is pigs of the large white breed. **Materials and methods.** The scientific and economic experiment was carried out in the period 2019-2021 on pigs of the large white breed in the conditions of the breeding farm of JSC "Severny Klyuch" of the Samara region. **Results and conclusions.** When conducting scientific research in the conditions of breeding pig enterprises, the purpose of which was to study the growth and development of purebred young pigs, with insufficient, rationed and increased levels of feeding during the period of their intensive growth, it was found that the level of increased by 30% and rationed feeding of young pigs does not provide a complete recovery of weight loss of body parts after underfeeding by 30%. In the process of research, it was found that increased feeding after underfeeding significantly improves the growth energy of animals, but at the same time, feed costs increase, that is, the replenishment of previous losses is compensated by excessive feed consumption, which is not economically profitable. The level of 30% increased and rationed feeding of young pigs does not provide a complete recovery of weight loss of body parts after underfeeding by 30%. The higher the dose of the action of the undesirable factor, the more difficult it is for individual parts of the body to approach the normal physiological value, not only with normalized, but also with increased levels of feeding after underfeeding.

Keywords: large white pig breed, pig breeds, pig feeding, pig rations.

Citation. Ukhteverov A. M. Features of growth and development of large white pigs at different levels of feeding. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 209-219 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-23.

Author's contribution. The author of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. The author of this article have read and approved the submitted final version.

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

УДК 636.4.082

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ СВИНЕЙ КРУПНОЙ БЕЛОЙ ПОРОДЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ КОРМЛЕНИЯ

Ухтверов А. М., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ФГБОУ ВО Самарский ГАУ
г. Самара, Российская Федерация

**Исследования проведены в рамках научной тематике «Совершенствование существующих
и создание новых генотипов свиней пригодных для использования в условиях
Среднего Поволжья» (№ госрегистрации АААА-А19-119012490154-9)**

Актуальность. Актуальность данного вопроса обусловлена сложившейся негативной ситуацией в свиноводстве, при которой не соблюдаются нормативные режимы кормления и содержания. Кроме того, в последние годы не проводились исследования особенностей онтогенеза вновь созданных генотипов животных. Особенно важно рассмотреть компенсаторные характеристики генотипов в условиях улучшенного содержания после недостаточного кормления. **Объект.** Объектом исследований являются свиньи крупной белой породы. **Материалы и методы.** Научно-хозяйственный опыт проводился в период 2019-2021 гг. на свиньях крупной белой породы в условиях племенного хозяйства АО «Северный ключ» Самарской области. **Результаты и выводы.** При проведении научных исследований в условиях племенных свиноводческих предприятий, целью которых являлось изучение роста и развития чистопородного молодняка свиней, при недостаточном, нормированном и повышенном уровнях кормления в период их интенсивного роста было установлено, что уровень повышенного на 30% и нормированного кормления молодняка свиней не обеспечивает полного восстановления потерь массы частей тела после недокорма на 30%. В процессе исследований установлено, что повышенное кормление после недокорма значительно улучшает показатели энергии роста животных, но в то же время увеличиваются затраты кормов, то есть восполнение предыдущих потерь компенсируется за счет избыточного потребления корма, что экономически невыгодно. Уровень повышенного на 30% и нормированного кормления молодняка свиней не обеспечивает полного восстановления потерь массы частей тела после недокорма на 30%. Чем выше доза действия нежелательного фактора, тем труднее приближаются отдельные части тела к нормальной физиологической величине не только при нормированном, но и при повышенных уровнях кормления после недокорма.

Ключевые слова: крупная белая порода свиней, породы свиней, кормление свиней, рационы свиней.

Цитирование. Ухтверов А. М. Особенности роста и развития свиней крупной белой породы при различных уровнях кормления. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 209-219. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-23.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последние годы, на фоне сложной ситуации в сельском хозяйстве, часто не соблюдаются нормативные режимы кормления животных. В таких условиях наследственные характеристики свиней и других видов животных не проявляются в их фенотипе в полной мере. Это значительно затрудняет объективную оценку животных, что, в свою очередь, усложняет правильный отбор и подбор при проведении любых селекционных мероприятий [1, 2].

Актуальность данного вопроса обусловлена сложившейся негативной ситуацией в свиноводстве, при которой не соблюдаются нормативные режимы кормления и содержания. Кроме того, в последние годы не проводились исследования особенностей онтогенеза вновь созданных генотипов животных. Особенно важно рассмотреть компенсаторные характеристики генотипов в условиях улучшенного содержания после недостаточного кормления [3-5].

Режим кормления представляет собой один из ключевых факторов, оказывающих значительное влияние на развитие животных. При анализе воздействия питания на рост свиней важно учитывать несколько аспектов: общий уровень питания, его сбалансированность, состав рационов, распределение питательных веществ в разные периоды роста, регулярность кормления, а также различия в качестве питания для животных разных полов [6, 7].

Способность организма компенсировать временные задержки в росте и развитии является естественным свойством всех живых существ. Уровень компенсации недоразвития зависит от множества факторов, среди которых в качестве основных можно выделить вид и породу животных, их возраст, силу и продолжительность воздействия неблагоприятного фактора, а также условия существования, которые могут значительно помочь в восполнении утраченных признаков на предыдущих этапах онтогенеза [8-10].

Целью исследований являлось повышение продуктивных качеств чистопородного молодняка свиней крупной белой породы, при недостаточном, нормированном и повышенном уровнях кормления в период их интенсивного роста и развития.

Достижение поставленной цели предусматривалось решением следующих задач:

- изучить откормочные качества свиней, при различных уровнях кормления;
- изучить убойные качества свиней, при различных уровнях кормления;
- изучить развитие внутренних органов животных;
- определить физические свойства бедренной кости.

Материалы и методы (Materials and methods). Научно-хозяйственный опыт проводился в период 2019-2021 гг. на свиньях крупной белой породы в условиях племенного хозяйства АО «Северный ключ» Самарской области по следующей схеме (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта
Table 1 – Scheme of the experiment

Опытные Группы / Experience Groups	n	В начале опыта / At the beginning of the experiment		Характеристика кормления и продолжительность опыта / Feeding characteristics and duration of the experiment		
		возраст, дн. / Age, days	живая масса, кг / live weight, kg	Уравнительный, 15 дней / Equalizing, 15 days	I-опытный, 60 дней / Experienced, 60 days	II-опытный, 90 дней / Experienced, 90 days
I контрольная / Control	20	60	16-18	кормление по норме / Feeding according to the norm	кормление по норме / Feeding according to the norm	кормление по норме / Feeding according to the norm
II опытная / Experienced	15	60	16-18	кормление по норме / Feeding according to the norm	норма кормления снижена на 30% / Feeding rate reduced by 30%	кормление по норме / Feeding according to the norm
III опытная / Experienced	15	60	16-18	кормление по норме / Feeding according to the norm	норма кормления снижена на 30% / Feeding rate reduced by 30%	норма кормления повышена на 30% / Feeding rate increased by 30%

В уравнительном периоде проверялась аналогичность групп по живой массе, возрасту, состоянию здоровья. В этой же стадии проводили дегельминтизацию всего поголовья свиней. В контрольной группе все поголовье во все периоды кормились по нормам, обеспечивающим получение следующих среднесуточных приростов: в уравнительном – 300 г, в первом опытном с продолжительностью 60 дней – 550 г и во втором опытном периоде за 90 дней откорма – 600-650 г.

В уравнительном периоде все три опытные группы поросят не отличались по характеру кормления. В последующий период их выращивания в течение 60 дней норма кормления в опытных группах была снижена на 30%. В дальнейшем поросята 2-й опытной группы в течение 3-х месяцев получали корма по норме, а в 3-й опытной группе норма была повышена на 30%.

Результаты. В ходе исследований мы оценили откормочные характеристики свиней по трем ключевым показателям: возрасту достижения контрольной массы, среднесуточному приросту и расходу кормов на 1 кг прироста живой массы. Эти показатели были вычислены в следующие сроки роста свиней: в период их ограниченного кормления; в заключительной стадии откорма свиней при их нормированном и повышенных уровнях кормления после недокорма; от завершения опыта и до достижения животными массы 100 кг. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Откормочные качества свиней
Table 2 – Fattening qualities of pigs

Показатель / Index	Группа / Group		
	I (контрольная / control)	II (опытная / experienced)	III (опытная / experienced)
1-й опытный период (недокорм на 30 % в течение 60 дней) / 1st trial period (30% underfeeding within 60 days)			
Возраст, дней / Age, days	75-135	75-135	75-135
Среднесуточный прирост, г / Average daily increase, g	422±19	258±18	265±20
Затраты кормов на 1 кг прироста, к.ед. / Feed costs per 1 kg of gain, c.u.	4,39	5,02	4,89
2-й опытный период (нормированное и повышенное кормление на 30 % в течение 90 дней после недокорма) / 2nd trial period (rationed and increased feeding by 30% within 90 days after underfeeding)			
Возраст, дней / Age, days	136-226	136-226	136-226
Среднесуточный прирост, г / Average daily increase, g	505±13,7	497±15,4	532±14,6
Затраты кормов на 1 кг прироста, к.ед. / Feed costs per 1 kg of gain, c.u.	5,34	4,63	5,64
От завершения опыта до массы 100 кг / From the end of the experiment to the weight of 100 kg			
Живая масса, кг / Live weight, kg	100,0	100,5	99,9
Продолжительность откорма до 100 кг, дней / Duration of fattening up to 100 kg, days	15	35	27
Абсолютный прирост, кг / Absolute increase, kg	8,2	18,9	14,3
Возраст достижения массы 100 кг, дней / Age of reaching a weight of 100 kg, days	240	260	252
Среднесуточный прирост, г / Average daily increase, g	545	540	530
Затраты кормов на 1 кг прироста, к.ед. / Feed costs per 1 kg of gain, c.u.	6,4	6,5	6,6

Откормочные качества учитывали по 10 головам в каждой группе, которые находились в отдельных станках и были предназначены для целей воспроизводства в дальнейшем. Биометрическую обработку выявленных различий по показателю затрат кормов на 1 кг прироста не проводили, так как учет расхода кормов приводили поштучно. В первом

опытном периоде, который продолжался два месяца, среднесуточный прирост был выше всех в контрольной группе, где животные получали корма по норме. В группах (2 и 3), где животные недокармливались на 30% от нормы, прирост был ниже, чем в контрольной группе, на 157-164 г ($P < 0,001$).

Что касается затрат кормов на 1 кг прироста, то они в основном отражали уровень прироста свиней: чем выше среднесуточные приросты свиней, тем в этих группах и были ниже затраты кормов. Если в контрольной группе этот показатель был на уровне 4,39 корм. ед., то в группе свиней при их 30% недокорме 5,02-4,89 корм. ед., или выше на 0,50-0,63 корм. ед.

Во 2 период опыта, когда условия кормления в обеих опытных группах резко изменились, анализируемые показатели также изменились. В контрольной группе среднесуточные приросты были на уровне 505 г и были выше, чем в 1 опытном периоде, на 83 г. Это и понятно, так как в данной возрастной стадии (5-7 мес.) наблюдается более усиленный рост свиней.

В группах с изменившимися условиями кормления в сторону их улучшения, приросты в большинстве случаев были еще выше. Во второй период, где поросята одной группы (2 гр.) после недокорма содержались при нормированном, а другой группы (3 гр.) на 30% повышенном кормлении, приросты в некоторых случаях были выше, чем в контрольной группе. Однако надо заметить, что при нормированном кормлении после недокорма среднесуточные приросты были даже ниже, чем у контрольных поросят на 8 г, а при повышенном на 30% выше, чем в контрольной группе, на 27 г (различия не достоверны).

Затраты кормов на 1 кг прироста также были неоднозначными при разных режимах кормления свиней. Если в контрольной группе они составили 5,34 корм. ед., то при нормированном после 30% недокорма 4,63 к. ед. или меньше на 0,71 корм. ед., а при повышенном на 30% кормлении, наоборот, увеличились на 0,2 корм. ед.

Итак, по представленным данным в этом периоде, можно сделать заключение, что повышенное кормление после недокорма значительно улучшает показатели энергии роста животных, но в то же время увеличиваются затраты кормов, то есть восполнение предыдущих потерь компенсируется за счет избыточного потребления корма, что экономически невыгодно.

В свиноводстве откормочные качества принято оценивать при достижении животными массы 100 кг. Часть поголовья после завершения опытных мероприятий была оставлена для дальнейшего наблюдения за ними с целью выяснения у них откормочных способностей. При этом нами были зафиксированы их откормочные качества за период от завершения опыта до достижения ими живой массы 100 кг.

Надо подчеркнуть, что среднесуточные приросты за этот промежуток времени были практически одинаковыми во всех группах, правда несколько ниже в опытных – на незначительную величину (2-15 г). Это свидетельствует о том, что возможности роста отставших в молодом возрасте свиней из-за недокорма сохраняются до достижения ими массы 100 кг и интенсивность их роста не отличается от животных контрольной группы, и можно предполагать, что недокорм угнетающе влияет на рост организма в период его недокорма, но сохраняет свои компенсаторные возможности в дальнейшем не в той напряженности, что у животных, находившихся в нормальных условиях их кормления. Убойные качества подопытных животных оценивали согласно схеме убоя: после уравнительного периода было убито – 3 головы; после недокорма – 3 головы из контрольной группы и по 3 головы из 2 и 3 групп, в заключительной стадии опыта при нормированном и повышенных уровнях кормления было убито столько же голов, что и в опытном периоде, т.е. 3,3 и 3.

Полученный цифровой материал свидетельствует об их изменении в сторону увеличения в ходе онтогенетического процесса у животных всех групп. Чтобы узнать более подробно и объективно оценить эти изменения, были высчитаны темпы их роста в различной возрастной стадии онтогенеза и в связи с различным уровнем их кормления. Напряженность и темп роста животных под влиянием этих двух факторов позволяет познать вычисленные в процентах такие цифры, как увеличение анализируемых признаков в условиях нормированного кормления (контрольная группа) от уравнительного периода и до завершения 1 опытного и 2 опытного периодов, а также в группах с пониженным уровнем кормления по сравнению с начальным периодом и с контрольной группой. В заключительной стадии опыта эти изменения подсчитали по сравнению с уравнительным периодом и внутри этого периода между контрольной и опытными группами, которые получали корма по

норме и выше нормы на 30%. Эти данные представлены в таблице 3, они свидетельствуют о неодинаковых темпах роста свиней в целом и отдельных их органов, и тканей при оптимальных условиях кормления и при пониженном на 30% от нормы по массе корма. В контрольной группе отмечается довольно усиленный рост массы передних и задних ног, головы, кожи. За учитываемый период эти части тела увеличились в 2,3-2,8 раза по сравнению с их величиной в уравнительном периоде. Масса обескровленной туши также характеризуется высокими темпами увеличения (2,7 раза). Однако отдельные ее части изменяются по-разному. Наиболее тяжелой была передняя часть. Она увеличилась в 3,2 раза, в то же время средняя и задняя части туши увеличились только в 2,5 раза. Рост мышечной ткани несколько отстает от роста костной ткани. Если масса мышечной ткани за 60 дней увеличилась в 2,1 раза, то костная ткань в 2,7 раза. Отмечается умеренное увеличение с возрастом толщины шпика на спине (1,5 раза). Длина туши увеличилась на незначительную величину – в 1,3 раза.

Ограничение уровня кормления на 30% от нормы вносит определенные изменения в онтогенетические процессы опытных свиней. Надо отметить, что во всех группах с ограниченным кормлением темпы увеличения отдельных органов, тканей и частей тела снизились. Однако они были неодинаковыми. Сильнее всех пострадали те органы и ткани, которые в этом периоде характеризовались усиленным ростом. Например, передняя часть туловища в контрольной группе увеличилась в 3,2 раза, а при ограниченном кормлении на 30% темпы уменьшились в 1,6 раза. В то же время такие части тела, как голова, толщина шпика которые в контрольной группе характеризовались более или менее умеренными темпами роста, снизили свой прирост массы на 10-30%.

Неодинаковый характер реакции отдельных органов и тканей на ограничение кормления привел к тому, что наиболее интенсивно растущие в данном отрезке времени части тела пострадали больше, чем медленно растущие. По массе ног они уступали контрольной группе на 24-39%, передней части туши – на 37%, мышечной ткани – на 30% и т.д. В то же время медленно растущие органы и ткани тела в данный момент пострадали меньше всего: голова – на 6%, толщина шпика – на 12%, длина туловища – на 9%.

Таким образом, здесь вполне реально просматриваются основные закономерности, о которых говорил Н. П. Чирвинский: при недокорме наиболее сильно страдают те органы и части тела, которые в данный момент характеризуются наиболее интенсивным ростом при оптимальных условиях кормления.

Во втором опытном периоде при содержании в нормированных и повышенных условиях кормления после ограниченного на 30% темпы роста анализируемых показателей выглядит несколько иначе.

В этом периоде, когда животные перешли в более старшую возрастную группу, естественная интенсивность их роста, которую мы анализировали по данным контрольной группы, была довольно высокой. Но несколько меньше, чем в предыдущем периоде. Если масса конечностей, головы, кожи, туши и ее отдельных отрубов, костной ткани в заключительной стадии опыта увеличилась на 170-230%, то эти показатели в первом опытном периоде были на уровне 230-317%. В заключительной же стадии опыта заметно просматриваются более усиленный рост мышечной ткани с 208 до 275%. Это же касается толщины шпика, ее интенсивность роста увеличилась с 154% до 200%. Особых изменений в скорости роста длины туши не отмечено (129-140%). Следует подчеркнуть об ослаблении роста костной ткани. Если в первом опытном периоде она составила 267%, то во втором – только 150%.

Несколько иначе выглядели темпы роста анализируемых показателей в опытных группах при их нормированном и повышенном уровнях кормления после их недокорма на 30%. Во 2 группе, когда животные после 30% недокорма были поставлены на нормированное кормление, также отмечается усиленный рост всех рассматриваемых частей тела свиней. По темпам роста они превосходили контрольных животных на 60-100% по таким частям тела, как передние и задние ноги. А темпы роста таких частей тела, как голова, кожа, мышечная ткань, толщина шпика, были умеренными, хотя они превосходили животных контрольной группы 10-30%.

Таблица 3 – Темпы изменения убойных качеств свиней в опытной и заключительном периодах откорма, %
Table 3 – Rates of change in slaughter qualities of pigs in the experimental and final fattening periods, %

Показатель / Index	1-й опытный период (75-135 дн.) / 1st Trial Period (75-135 days)			2-й опытный период (136-226 дн.) / 2nd trial period (136-226 days)		
	Контрольная / Control		2 и 3 группы / Groups 2 and 3	Контрольная / Control		2 группа / Group 2
	от величины в конце уравнительного периода / of the value at the end of the equalization period	от величины в конце уравнительного периода / of the value at the end of the equalization period	от величины в контрольной группе / of the value in the control group	от величины в конце уравнительного периода / of the value at the end of the equalization period	от величины в конце 1 опытного периода / of the value at the end of 1 trial period	от величины в конце 1 опытного периода / of the value at the end of 1 trial period
Передние ноги / Front legs	254	192	76	182	240	240
Задние ноги / Hind legs	278	171	61	154	250	240
Головы / Head	231	218	94	170	171	177
Кожа / Skin	240	200	83	172	187	193
Туша / Carcass	270	196	73	206	254	275
в т.ч. части туши: / incl. carcass parts:						
Передняя / Antechamber	317	200	63	205	259	288
Средняя / Middle	246	193	78	245	262	272
Задняя / Hind	208	200	81	228	241	282
Ткани: / tissues:						
Мышечная / Muscle	208	147	70	275	274	302
Костная / Bone	267	200	75	150	205	194
Жировая / Fat				176	285	276
Толщина шпика над 6-7 гр. позвонками, / The thickness of the bacon is over 6-7 g. Vertebrae	154	136	88	200	213	207
Длина туши / Carcass length	129	118	91	140	142	145
						86
						86
						95
						91
						89
						88
						87
						93
						77
						97
						119
						91
						94

Таблица 4 – Темпы изменения массы внутренних органов в опытных периодах откорма, %
Table 4 – Rates of change in the weight of internal organs in the experimental fattening periods, %

Показатель / Index	1-й опытный период (75-135 дней) / 1st trial period (75-135 days)			2-й опытный период (136-226 дней) / 2nd trial period (136-226 days)		
	контрольная группа / Control group		2 и 3 группы / Groups 2 and 3	контрольная группа / Control group		2 группа / Groups 2
	от величины в конце уравнительного периода / of the value at the end of the equalization period	от величины в конце уравнительного периода / of the value at the end of the equalization period	от контрольной группы / from the control group	от величины в конце 1 опытного периода / of the value at the end of 1 trial period	от величины в конце 1 опытного периода / of the value at the end of 1 trial period	от контрольной группы / from the control group
Легкое правое / Right lung	156	151	96	295	232	76
Легкое левое / Left lung	122	120	98	-	-	-
Сердце / Heart	201	200	99	198	195	98
Почка левая / Left kidney	190	162	85	130	135	88
Почка правая / Right kidney	171	166	97	148	143	93
Селезенка / Spleen	204	200	98	150	100	95
Желудок / Stomach	205	208	101	163	154	96
Печень / Liver	250	243	97	157	144	89
Мозги / Brains	147	145	98	117	118	98
					116	97

Повышенный уровень кормления на 30% по сравнению с нормированным не внес резких изменений в онтогенетический процесс, хотя большинство анализируемых показателей улучшаются, но не на большую величину: масса головы, ноги без изменений; кожа, масса туши увеличились 10-15% и т.д.

Сравнение темпов роста во всех опытных группах с животными контрольной группы свидетельствует о том, что все органы и части тела у животных в опытных группах при нормированном и повышенном их кормлении после недокорма не могли достичь уровня контрольной группы, кроме жировой ткани. Она росла довольно усиленно, как при нормированном, так и повышенных уровнях кормления. А остальные части тела не достигли уровня животных контрольной группы в среднем на 5-10 % при нормированном кормлении после недокорма, а повышение нормы кормления на 30% хотя и улучшило компенсаторные способности отдельных частей тела организма, но они уступали контрольной группе на 7-23%.

Таким образом как нормированное, так и различный уровень повышенного кормления не обеспечивают полного восстановления потерь массы частей тела после их недокорма. Чем выше доза действия нежелательного фактора, тем труднее приближаются отдельные части тела к нормальной физиологической величине не только при нормированном, но и при повышенных уровнях кормления, после недокорма.

Для более глубокого познания изменения биологических особенностей у подопытных свиней при разных уровнях кормления в процессе онтогенеза было проведено взвешивание внутренних органов при их убое в неодинаковом возрасте. Для более объективной доступности показания изменений в массе внутренних органов они представлены в таблице 4 в процентах.

В контрольной группе, где подсинки в течение 60 дней содержались при кормлении их по зоотехническим нормам, правое легкое увеличилось в 1,6 раза, а левое – только в 1,2 раза. Сердце, почки, селезенка, желудок увеличились за 2 месяца почти в 2,0 раза. Наибольшей интенсивностью роста характеризуются печень. Она увеличилась в 2,5 раза. Снижение нормы кормления на 30% практически не влияло на спад темпов роста внутренних органов. Они были примерно на уровне животных контрольной группы.

Из представленных данных в таблице 4 можно сделать заключение, что при неблагоприятных условиях кормления наиболее защищенными являются жизненно важные органы, которые обеспечивают нормальную жизнедеятельность организма. Это, по всей вероятности, природное свойство живых объектов, которое выработалось в процессе филогенеза- противостоять воздействию на организм нежелательных факторов. Немаловажным показателем, характеризующим изменение онтогенетических процессов в организме свиней с возрастом и условием их кормления, может служить физико-химический состав костной ткани (таблица 5).

Таблица 5 – Развитие и физические свойства бедренных костей

Table 5 – Development and physical properties of the femurs

Показатель / Index	Группы в конце 2-го опытного периода / Groups at the end of the 2nd trial period		
	Контрольная / Control	2	3
Масса кости, г / Bone weight, g	268,9±2,80	258,3±2,2	265,6±2,4
Физиологическая длина, см / Physiological length, cm	21,3±0,20	20,6±0,17	21,0±0,18
Обхват кости в середине, см / Bone circumference in the middle, cm	7,9±0,10	7,1±0,12	7,8±0,11
Наружный диаметр поперечного сечения в середине кости, см / Outer diameter of the cross-section in the middle of the bone, cm	2,5±0,11	2,2±0,05	2,4±0,07
Толщина костной стенки, см / Bone wall thickness, cm	0,38	0,36	0,37
Разрушающая нагрузка, кг / Breaking load, kg	2340±60	2150±54	2310±62
Удельная прочность, кг/см ² / Specific strength, kg/cm ²	878±9,2	852±7,1	870±8,8

Все анализируемые показатели лучше были выражены в бедренной кости у животных контрольной группы, при выращивании которых не было нарушений в кормлении. Свиные опытные группы по всем анализируемым показателям не могли достичь уровня животных контрольной группы при их нормированном и даже повышенном нормах кормления после недокорма за период от 60 до 135 дневного возраста. По массе бедренной кости они превосходили животных 2 и 3 групп (нормированное и повышенное на 30% кормление на 10-3 г, по физиологической длине на 0,7-0,3 см.). У контрольных животных кости были массивнее опытных. Например, по обхвату на 0,8-0,1 см, наружному диаметру на 0,3-0,1 см.

От фиксированных значений наружного диаметра кости и толщины костной стенки зависели такие показатели, как разрушающая нагрузка и крепость или удельная прочность кости. Опытные группы при нормированном кормлении после недокорма уступали контрольным животным по разрушающей нагрузке на достоверные величины – на 178-190 кг, а по удельной прочности на 17 и 26 кг.

При увеличении нормы кормления на 30% после недокорма наблюдается тенденция приближения анализируемых показателей к величине у контрольных животных. Полученные различия по массе кости на 5,9-3,3 кг, физиологической длине на 0,5-0,3 см, обхвату кости на 0,3-0,3 см, разрушающей нагрузке на 60-30 % кг и по удельной прочности на 9-8 кг/см² ни в одном случае не были достоверными при биометрической обработке. Тем не менее, эти различия свидетельствуют о возможной, но не полной компенсации задержки роста бедренной кости у животных, выращенных в молодом возрасте в негативных условиях кормления. По изменению бедренной кости можно судить и об изменении целого скелета животного.

Таким образом, физические свойства бедренной кости могут косвенно характеризовать конституциональную крепость подопытных свиней. Они были лучше выражены у животных контрольной группы.

Заключение. При нормированном и повышенном уровне кормления после недокорма животных, их организм, учитывая наследственные особенности, стремится быстрее восполнить утраченные ресурсы, вызванные недокормом, особенно в первые два месяца полноценного кормления. На третьем месяце выращивания свиней этот процесс практически прекращается. При изменении уровня кормления в опытной группе темпы увеличения размеров тела несколько варьируются. Уровень повышенного на 30% и нормированного кормления молодняка свиней не обеспечивает полного восстановления потерь массы частей тела после недокорма на 30% в течение 2-х месяцев. Чем выше доза действия нежелательного фактора, тем труднее приближаются отдельные части тела к нормальной физиологической величине не только при нормированном, но и при повышенных уровнях кормления после недокорма.

Conclusions. With a standardized and increased level of feeding after underfeeding animals, their body, taking into account hereditary characteristics, seeks to quickly replenish the lost resources caused by underfeeding, especially in the first two months of full feeding. In the third month of pig rearing, this process practically stops. With a change in the level of feeding in the experimental group, the rate of increase in body size varies slightly. The level of increased by 30% and rationed feeding of young pigs does not provide a complete recovery of weight loss of body parts after underfeeding by 30% within 2 months. The higher the dose of the action of the undesirable factor, the more difficult it is for individual parts of the body to approach the normal physiological value, not only with normalized, but also with increased levels of feeding after underfeeding.

Библиографический список

1. Губайдуллин Н. М., Зубаирова Л. А., Фахретдинов И. Р. Переваримость питательных веществ при включении в рацион бычков кормового концентрата Золотой Фелуцен. Известия Самарской государственной академии. 2018. № 1. С. 40-43.
2. Курдеко А. П., Хлебус Н. К., Большакова Е. И. Состояние приплода, рост и развитие поросят при гепатопатиях свиноматок. Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 2. С. 54-60.
3. Сницаренко Г. Н. Переваримость и эффективность использования энергии у молодняка свиней на дорастивании. Свиноводство. 2021. № 05. С. 24-26.
4. Самсонова О. Е. Продуктивные качества свиней в зависимости от технологии кормления. SCIENCE TIME. 2016. № 9 (33). С. 216-219.
5. Мордвинова Е. С., Ухтверов А. М., Ухтверов М. П. Влияние недостаточного и оптимального уровня кормления молодняка свиней на формирование защитных функций организма. Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. № 1. С. 88-90.

6. Бактыгалиева А. Т., Джуламанов К. М., Ухтверов А. М., Герасимов Н. П. Продуктивные и биологические качества молодняка казахской белоголовой породы разных генотипов. Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 94-101.

7. Ухтверов А., Ухтверов М., Мордвинова Е. Развитие репродуктивных и других внутренних органов у недоразвитых ремонтных свинок. Свиноводство. 2008. № 1. С. 29-30.

8. Wealleans A. L., Bierinckx K., Biondetto M. D. Fats and oils in pig nutrition factors affecting digestion and utilization. Animal feed science and technology. 2021. V. 277. P. 114950.

9. Orlov D. A., Zhuchayev K. V., Kochneva M. L., Bogdanova O. V., Jungbluth T., Hammer N., Thern J. The influence of cooling system on fattening pig weleare parameters. Biosciences biotechnology research Asia. 2016. V. 13 (2). Pp. 725-732.

10. Ivanovich N. A., Vladimirovich K. G., Borisovna T. N., Mikhailovich A. R., Raufovich G. R., Nizamovich N. R., Ivanovich V. V. Veterinary and sanitary examination of meat of the animals subjected to physical and biological effects. Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Nauchny Gorodok-2. 2016. V. 7 (4). Pp. 2207-2213.

References

1. Gubaidullin N. M., Zubairova L. A., Fakhretudinov I. R. Digestibility of nutrients when including Golden Feltzen feed concentrate in the diet of bulls. Proceedings of the Samara State Academy. 2018. № 1. Pp. 40-43.

2. Kurdeko A. P., Khlebus N. K., Bolshakova E. I. Offspring Condition, Growth and Development of Piglets in Sow Hepatopathy. Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2022. № 2. Pp. 54-60.

3. Snitsarenko G. N. Digestibility and efficiency of energy use in young pigs on nursery. Pig. 2021. № 05. Pp. 24-26.

4. Samsonova O. E. Productive qualities of pigs depending on feeding technology. SCIENCE TIME. 2016. № 9 (33). Pp. 216-219.

5. Mordvinova E. S., Ukhteverov A. M., Ukhteverov M. P. Influence of insufficient and optimal level of feeding of young pigs on the formation of protective functions of the body. Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2008. № 1. Pp. 88-90.

6. Baktygalieva A. T., Dzhulamanov K. M., Ukhteverov A. M., Gerasimov N. P. Productive and biological qualities of young Kazakh white-headed breeds of different genotypes. Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2019. № 2. Pp. 94-101.

7. Ukhteverov A., Ukhteverov M., Mordvinova E. Development of reproductive and other internal organs in underdeveloped repair pigs. Pig. 2008. № 1. Pp. 29-30.

8. Wealleans A. L., Bierinckx K., Biondetto M. D. Fats and oils in pig nutrition factors affecting digestion and utilization. Animal feed science and technology. 2021. V. 277. P. 114950.

9. Orlov D. A., Zhuchayev K. V., Kochneva M. L., Bogdanova O. V., Jungbluth T., Hammer N., Thern J. The influence of cooling system on fattening pig weleare parameters. Biosciences biotechnology research Asia. 2016. V. 13 (2). Pp. 725-732.

10. Ivanovich N. A., Vladimirovich K. G., Borisovna T. N., Mikhailovich A. R., Raufovich G. R., Nizamovich N. R., Ivanovich V. V. Veterinary and sanitary examination of meat of the animals subjected to physical and biological effects. Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Nauchny Gorodok-2. 2016. V. 7 (4). Pp. 2207-2213

Информация об авторах

Ухтверов Андрей Михайлович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры зоотехнии ФГБОУ ВО Самарского ГАУ (Российская Федерация, 446442, Самарская область, Кинельский район, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, д. 1), e-mail: andrei_uhtverov@mail.ru

Author's Information

Ukhteverov Andrey Mikhailovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Science, Samara State Agrarian University (Russian Federation, 446442, Samara Region, Kinsky District, Ust-Kinelsky, Uchebnaya St., 1), e-mail: andrei_uhtverov@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-24

PRODUCTIVITY AND MINERAL COMPOSITION OF GOAT WOOL AT DIFFERENT AGES

Kharlamov A. V., Panin V. A., Ilyin V. V.

*Federal Research Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences
Orenburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: oniish@yandex.ru

Received 17.06.2024

Submitted 30.09.2024

The performed studies were carried out according to the research for 2024.

FGBNU FNC BST RAS (No. FNWZ-2024-0001)

Abstract

Introduction. It is known that goat breeding is still one of the most important branches of agriculture, since it is of great importance in providing livestock products to the population. However, the productivity of downy goats in different regions is extremely low and varies greatly depending on the climatic conditions of the breeding area and the age of the goats. The down goat industry is a promising, constantly expanding industry that produces a variety of products, of which down is the main one, which is popular and have a high cost. In this regard, the purpose of the experiment was to study age-related changes in the productive qualities and mineral composition of the wool of Orenburg breed goats. To strengthen the viability of the livestock of agricultural animals, various biostimulating elements are used in animal husbandry. Of considera-

ble interest are minerals that stimulate the physiological processes of the body, including the growth of metabolism, immunity and others. The implemented studies aimed at the distributed study of age-related changes in productivity and mineral composition of the wool of downy goats are relevant. The application of the results provided on the age dynamics of productivity and mineral composition of wool will contribute to the correction of five-year-old individuals in order to increase their productive qualities. Object. The object of the experiment was the goats of the Orenburg breed. Materials and methods. The experiment was carried out in the Orenburg region, in the SEC "Donskoy" Belyaevsky district. Laboratory research was carried out in the Central Research Center of the Federal Research Center BST. For the research, three groups of downy goats of the Orenburg breed of 15 heads each (groups I-III) of different ages were formed. The experiment was carried out according to the research plan using the "Fundamentals of experimental business" and "Methods of organizing zootechnical experiments" Results and conclusions. The studies were conducted on Orenburg goats, which are at different stages of development: one year, three years and five years. The level of down growth at the age of 36 months was 0.492 kg, which is 61.9% higher in goats at the age of 12 months and 0.168 kg in goats at the age of 60 months (which is 34.2%). When studying the true length of goats aged 36 months, it was found that it slightly decreases compared to five-year-old goats by 0.3 mm (0.0118 inches) or 0.4%, but at the same time exceeds the length of goats 12 months by the same 0.3 mm. The fineness of down fibers in goats aged 36 months was set at 16.44 microns, which exceeds the same indicator in goats aged 12 months by 4.7%, but is lower than in goats aged five years by 0.5 microns, or 2.9%. The extensibility index of down fibers in goats at the age of three years was 8.4%/gs, which turned out to be higher than in animals of one year by 1.2% and in goats of 60 months by 3.7%. The index of complete elongation of down fibers in goats aged 36 months was 47.3%, which is significantly higher than in animals of 12 months by 0.3% and animals of 60 months by 0.4%. It was found that goats at the age of three years have a down fiber content in wool at the level of 62.1%, while in animals of one year and five years this value was 46.5% and 51.3%, respectively, which leads to an advantage of 15.6% and 10.8%, respectively. The concentration of chemical elements in the blood of experimental goats was found depending on the productivity and age of the animal. The content of Mn (Manganese) from the level in the coat of goats aged 36 months to 60 months decreased by 0.472 mcg/g or 5.72%. Co (Cobalt) in the same age period by 0.015 mcg/g or 16.67%. Cu (Copper) – respectively – by 0.113 mcg/g or 2.22%, Fe (Iron) at 37.835 mcg/g or 26.013%, Cr (Chromium) at 0.0078 mcg/g or 8.46%, Zn (Zinc) at 0.843 mcg/g or 0.97%, Se (Selenium) at 0.62 mcg/g or 49.52%. Significant differences were obtained in the content of Na (Sodium), Mg, (Magnesium), K (Potassium), Ca (Calcium), B (Boron) and P (Phosphorus) between the age periods of 12 and 60 months. And in terms of Cd (Cadmium) content in all age periods – 12, 36 and 60 months. Therefore, one of the possible ways to increase the indicators of down productivity of goats is to study the productivity and mineral composition of wool in age dynamics in order to correct in the future

Keywords: *productivity of goats, downy goat breeding, goat wool, mineral composition of goat wool.*

Citation. Kharlamov A. V., Panin V. A., Ilyin V. V. Productivity and mineral composition of goat wool at different ages. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 219-230 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-24.

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(470.56)

ПРОДУКТИВНОСТЬ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ШЕРСТИ КОЗ В РАЗНОМ ВОЗРАСТЕ

Харламов А. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Панин В. А., доктор сельскохозяйственных наук

Ильин В. В., кандидат сельскохозяйственных наук

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

Выполненные исследования проведены согласно НИР на 2024 г.

ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ FNWZ-2024-0001)

Актуальность. Известно, что козоводство по-прежнему остается одной из значимых отраслей сельского хозяйства, поскольку имеет большое значение в обеспечении населения животноводческой продукцией. Однако продуктивность пуховых коз в разных регионах крайне невысока и сильно варьирует в зависимости от климатических условий зоны разведения и возраста коз. Отрасль пухового козоводства является перспективной, постоянно расширяющейся, которая производит разнообразные виды продукции, из которых основным является пух, который пользуется спросом и имеют

высокую стоимость. В связи с этим целью опыта являлось изучить возрастные изменения в продуктивных качествах и минеральном составе шерсти коз оренбургской породы. Для укрепления жизне-способности поголовья сельскохозяйственных животных в зоотехнии применяют различные биости-мулирующие элементы. Значительный интерес представляют минеральные вещества, стимулирующие физиологические процессы организма, включая рост метаболизма, иммунитет и другие. Реали-зованные исследования, устремленные на распределенное изучение возрастных изменений продук-тивности и минерального состава шерсти пуховых коз, актуальны. Применение предоставленных результатов по возрастной динамике продуктивности и минерального состава шерсти будет способ-ствовать проведению коррекции пятилетних особей с целью повышения их продуктивных качеств.

Объект. Объектом при проведении опыта являлись козы оренбургской породы. **Материалы и мето-ды.** Опыт выполнен в Оренбургском крае, в СПК «Донской» Беляевского района. Лабораторные изыскания реализованы в ЦКП ФНЦ БСТ. Для исследований были сформированы три разновозраст-ные группы пуховых коз оренбургской породы по 15 голов в каждой (I-III группы). Эксперимент вы-полнялся согласно плану исследований с использованием «Основ опытного дела» и «Методики ор-ганизации зоотехнических опытов» **Результаты и выводы.** Исследования были проведены на козах оренбургской породы, находящихся на разных этапах развития: один год, три года и пять лет. Уровень нароста пуха в возрасте 36 месяцев составил 0,492 кг, что превышает показатель у коз в возрасте 12 месяцев на 61,9% и у коз в возрасте 60 месяцев на 0,168 кг (что составляет 34,2%). При изучении истинной длины у коз возрастом 36 месяцев было выявлено, что она незначительно снижается по сравнению с пятилетними козами – на 0,3 мм (0,0118 дюймов), или 0,4%, но при этом превышает длину у коз 12 месяцев на те же 0,3 мм. Тонина волокон пуха у коз возрастом 36 месяцев установлена на уровне 16,44 мкм, что превосходит аналогичный показатель у коз 12 месяцев на 4,7%, но ниже, чем у коз пятилетнего возраста на 0,5 мкм, или 2,9%. Показатель растяжимости пуховых волокон у коз в возрасте трех лет составил 8,4 %/гс, что оказалось выше, чем у животных одного года, на 1,2% и у коз 60 месяцев на 3,7%. Индекс полного удлинения пуховых волокон у коз возрастом 36 месяцев равнялся 47,3%, что значительно выше, чем у животных 12 месяцев – на 0,3% и животных 60 месяцев на 0,4%. Было установлено, что козы в возрасте трех лет имеют содержание пуховых волокон в шерсти на уровне 62,1%, в то время как у животных одного года и пяти лет это значение составляло 46,5% и 51,3% соответственно, что приводит к превосходству на 15,6% и 10,8% соответственно. Показатели концентрации химических элементов в крови подопытных коз находились в зависимости от продуктивности и возраста животного. Содержание Mn (Марганец) от уровня в шерстном покрове коз 36-месячного возраста до 60-месячного снизилось на 0,472 мкг/г или на 5,72%. Co (Кобальт) в аналогичный возрастной период на 0,015 мкг/г или 16,67%. Cu (Медь) – соответственно на 0,113 мкг/г или 2,22%, Fe (Железо) на 37,835 мкг/г или 26,013%, Cr (Хром) на-0,0078 мкг/г или 8,46%, Zn (Цинк) на – 0,843 мкг/г или 0,97%, Se (Селен) на 0,62 мкг/г или 49,52%. Достоверные различия получены по содержанию – Na (Натрий), Mg, (Магний), K (Калий), Ca (Кальций), B (Бор) и P (Фосфор) между возрастными периодами 12 и 60 месяцев. А по содержанию Cd (Кадмий) во все возрастные периоды – 12, 36 и 60 месяцев. Следовательно, одним из возможных путей повышения показателей пуховой продуктивности коз является изучение продуктивности и минерального состава шерсти в возрастной динамике с целью коррекции в последующем.

Ключевые слова: продуктивность коз, пуховое козоводство, шерсть коз, минеральный состав шерсти коз.

Цитирование. Харламов А. В., Панин В. А., Ильин В. В. Продуктивность и минеральный состав шерсти коз в разном возрасте. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 219-230. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-24.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планирова-нии, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представ-ленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Известно, что основой и одной из важнейших задач агропромышленного комплекса страны является обеспечение населения конкурентоспособными продуктами животного происхождения. Данную задачу позволяет решить применение интенсивных технологий, повышение продуктивных показателей сельскохозяйственных животных, что, в свою очередь, достигается за счет организации полноценного сбалансированного кормле-ния и обеспечения животных минеральными веществами [13, 14]. Отрасль пухового козо-водства в свете этого факта является перспективной, постоянно расширяющейся отрас-лью, которая производит разнообразные виды продукции, из которых основным является пух, которые пользуются спросом и имеют высокую стоимость.

Установлено, что в настоящее время на рынке представлен большой выбор источников витаминов и минералов в составе премиксов, белково-витаминно-минеральных концентратов и других балансирующих добавок [1, 9]. Нередко применяемые добавки не оказывают ожидаемого результата, что связано с тем фактом, что их разработка и использование производится без учета конкретных условий и особенностей кормления и содержания. Данные факторы могут привести не только к снижению продуктивности, но и к нарушению функций организма [12]. В связи с этим актуальным направлением в этой области является разработка адресных мер в процессе изучения продуктивности и минерального состава шерсти коз оренбургской породы в разном возрасте.

Необходимо обратить внимание на то, что для укрепления жизнеспособности поголовья сельскохозяйственных животных в зоотехнии применяют различные биостимулирующие элементы. Значительный интерес представляют минеральные вещества, стимулирующие физиологические процессы организма, включая рост метаболизма, иммунитет, пищеварение и другие [4, 6-8].

Исходя из этого становится ясно, что изучение метаболизма этих макроэлементов не утратило своей значимости и по сей день, особенно в части изучения влияния на организм животных различных дозировок пищевых добавок с поддерживающими свойствами иммунитет, антиоксидантная защита, активность ферментов, улучшает обмен веществ и повышает продуктивность. Однако, несмотря на очевидную теоретическую и практическую ценность и целесообразность использования этих добавок в кормах для животных, эффективность их использования в организации полноценного кормления остается неясной [2].

Необходимо подчеркнуть, что в результате исследований обнаружено эффективное влияние сбалансированного питания животных по существующим нормам на рост и развитие [18], продуктивность и качество получаемой продукции [5, 19], здоровье [3], что следует учитывать при выращивании пуховых коз в разные возрастные периоды.

Также необходимо отметить, что активное движение животных выполняет множество функций: усиливает кровоснабжение, улучшает обмен веществ и усвояемость кальция, активизирует целый ряд ферментативных систем [15-17]. Помимо этого, продуктивность также обуславливается возрастом животного.

Козоводство по-прежнему остается одной из значимых отраслей сельского хозяйства, поскольку имеет большое значение в обеспечении населения животноводческой продукцией. Однако продуктивность пуховых коз в разных регионах крайне невысока и сильно варьирует в зависимости от климатических условий зоны разведения и возраста коз [10, 11].

Учитывая вышесказанное проведение исследования, направленного на изучение возрастных изменений в показателях продуктивности и минерального состава шерсти коз в разном возрасте является актуальным.

Таблица 1 – План исследований

Table 1 – Research plan

Группа, поголовье / Group, livestock	Продуктивный интервал, г / Productive interval, grams	Возраст / Age	Приборы и оснащение / Instruments and equipment
I (n=15)	150-210	1 год / one year	анализатор DIRUI CS-T240 спектрофотометр 2000 весы эл. BM 153 весы эл. CE224-C динамометр ДТ-3М ножницы Купера микроскоп (увеличение 400x) оборудование для аналитических исследований согласно ГОСТ Р 8.568-2017 2 / DIRUI CS-T240 Analyzer Spectrophotometer 2000 Electric Balance VM 153 Electronic Scales SE224-S dynamometer DT-3M Cooper scissors microscope (magnification 400x) equipment for analytical research according to GOST R 8.568-2017 2
II (n=15)	450-530	3 года / three years	
III (n=15)	290-350	5 лет / five years	

Материалы и методы. Исследования проводились на козах оренбургской породы белой окраски, рожденных в период с 2018 по 2023 годы. Объектами исследования были шерстный покров коз, элементный статус, минеральный состав шерстного покрова, а также пуховая продуктивность. Исследования проводились в СПК "Донской" Оренбургской области. Для исследований были сформированы три разновозрастные группы пуховых коз оренбургской породы по 15 голов в каждой (I-III группы). Эксперимент выполнялся согласно плану исследований с использованием «Основ опытного дела» (1976) и «Методики организации зоотехнических опытов» (1991) (таблица 1).

Результаты и обсуждение. Проведено исследование пуховой продуктивности разновозрастных оренбургских коз в 12, 36 и 60 месяцев, полученные результаты приведены на рисунке 1: пуховое руно 36-месячных коз достигло 492,02 г, что на 304,51 г (61,9%) больше, чем у 12-месячных коз и на 168,01 г (34,2%) больше, чем у 60-месячных коз.

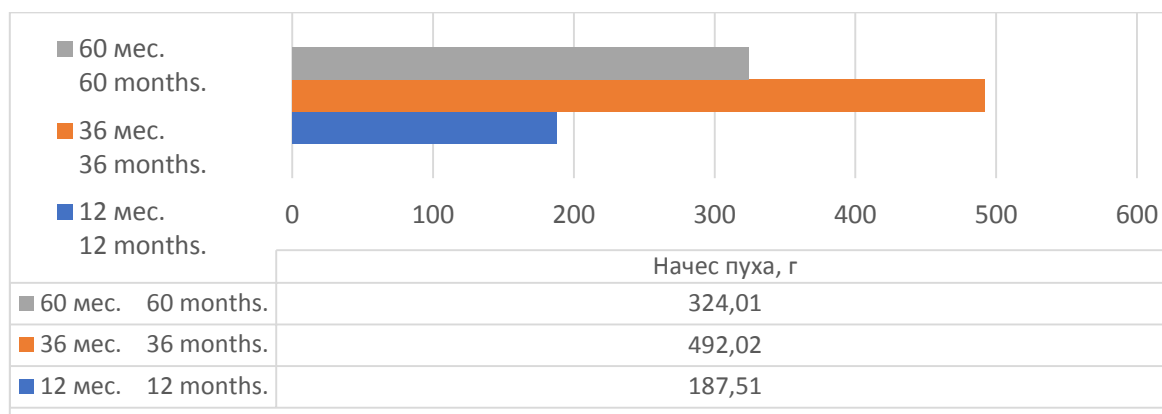


Рисунок 1 – Продуктивность коз по итогам двух чесок, г
Figure 1 – Productivity of goats based on the results of two scabs, g

Данные показатели свидетельствуют о том, что животные в возрасте 36 месяцев обладают более высокой пуховой продуктивностью и качеством шерсти по сравнению с козами моложе и старше. Это может быть связано с достижением оптимального возраста для производства качественного пуха. Также учёт этого возраста при разведении и уходе за животными может привести к улучшению общей продуктивности стада.

Чтобы определить динамику изменения пуховых ворсинок в разном возрасте, было подсчитано и исследовано несколько образцов, полученные результаты, характеризующие качество пуха по итогам двух чесок, приведены на рисунке 2.

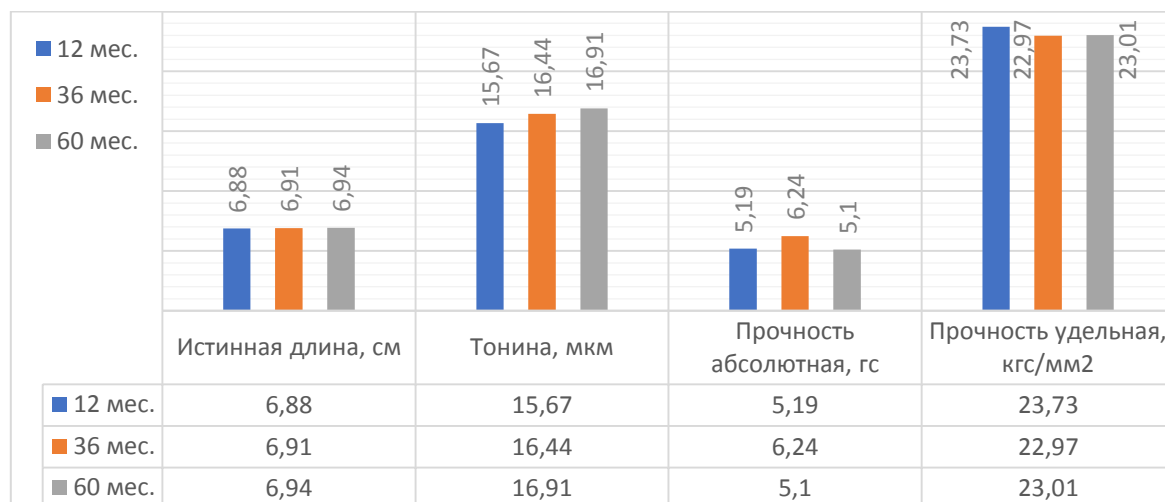


Рисунок 2 – Качество пуха по итогам двух чесок
Figure 2 – Down quality at the end of two combs

Из приведенных на рисунке сведений следует, что истинная длина пуховых ворсинок 36-месячных была на 0,3 мм или 0,4% ниже, чем у пятилетних, и на 0,3 мм выше, чем у 12-месячных животных; тонины пуховых волокон у 36-месячных была – 16,4 мкм, на 0,8 мкм или 4,7% выше, чем у годовалых, выше, но на 0,5 мкм, или 2,9% ниже, чем у пятилетних коз; прочность абсолютная пуховых волокон у 36-месячных животных составила 6,24 гс, что на 1,05 гс выше, чем у 12-месячных животных и на 1,14 гс выше, чем у 60-месячных животных; прочность удельная, пухового волокна 36-месячных коз составила 22,97 кгс/мм², что на 0,76 кгс/мм² (3,2%) меньше, чем у 12-месячных и на 0,04 кгс/мм² с (0,17%) меньше, чем у 60-месячных особей.

Также следует обратить внимание на то, что удлинение пухового волокна трехлетних особей, составило 8,4%/гс, что на 0,1%/гс (1,2%) больше, чем у годовалых особей и на 0,3%/гс (3,7%) больше, чем у пятилетних коз. Индекс полного удлинения пуховых волокон у 36-месячных животных составил 47,3%, что на 0,3% выше, чем у 12-месячных животных, и на 0,4% выше, чем у 60-месячных животных.

Однако необходимо отметить, что показатели длины и тонины волокон у коз 36-месячного возраста оказались немного ниже, чем у коз 60-месячного возраста. Возможно, это связано с физиологическими особенностями возрастной группы и требует дополнительного изучения. В то же время высокие значения растяжимости и полного удлинения пуха у животных 36-месячного возраста могут говорить об их благоприятном состоянии и качественном питании и условиях содержания.

Строение шерстного покрова представлено на рисунке 3.

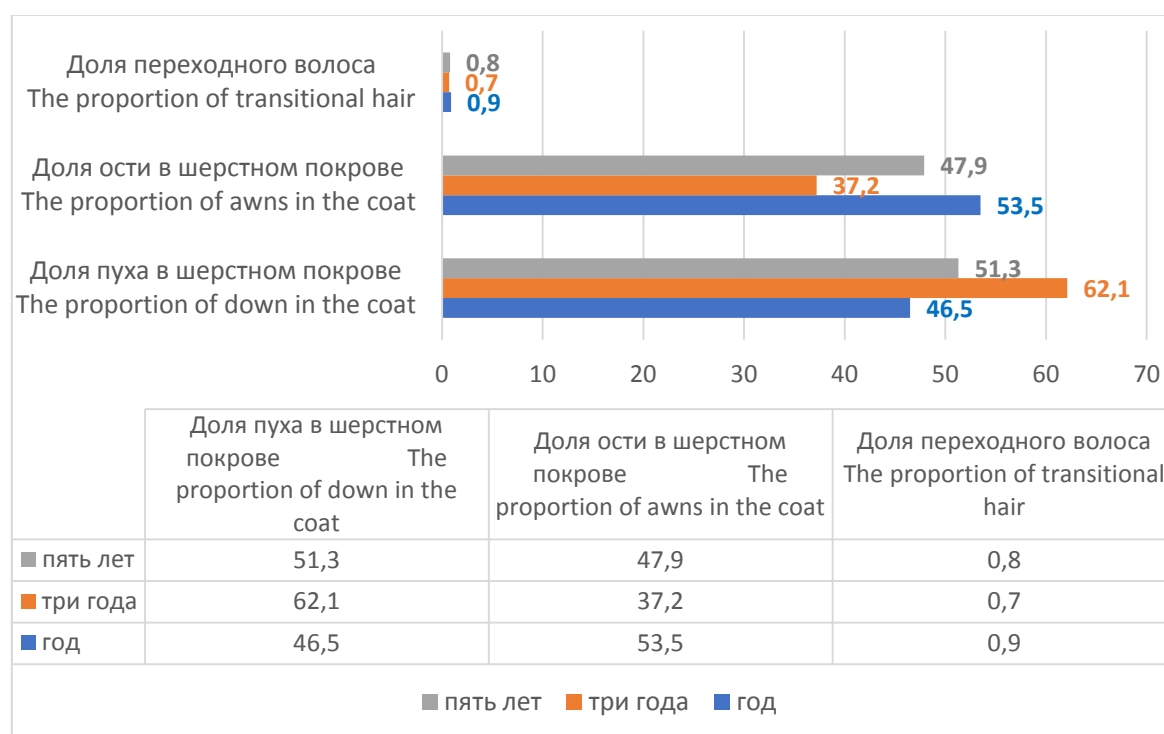


Рисунок 3 – Строение шерстного покрова, %
Figure 3 – The structure of the coat, %

Анализируя рисунок, можно констатировать, что содержание пуховых волокон в шерстном покрове 36-месячных животных составило 62,1%, что на 15,6% выше, чем у 60-месячных животных и на 10,8% выше, чем у 12-месячных животных.

Изучение данных показателей у различных возрастных групп коз имеет большое значение для оптимизации процессов разведения и ухода за животными. Сравнительный анализ таких параметров, как содержание пуховых волокон и их качество, позволяет выявить наиболее продуктивные возрастные группы и определить оптимальные условия со-

держания для достижения максимальных результатов. Дальнейшие исследования в этом направлении могут способствовать улучшению производственных показателей и качества продукции в козоводстве.

Однако снижение начеса и качества пуха у коз в возрасте от 36 до 60 месяцев свидетельствует о необходимости разработки и внедрения специальных методов и мероприятий, направленных на улучшение показателей пуховой продуктивности в этой возрастной группе. Такие меры могут включать в себя оптимизацию кормления, условий содержания и ухода за животными, а также использование специализированных добавок и препаратов для улучшения качества и количества получаемого пуха.

Важно также учитывать, что продление продуктивного долголетия коз может способствовать увеличению общего объема производства пуха и повышению конкурентоспособности отрасли. Поэтому дальнейшие исследования в области пуховой продуктивности и качества пуха у коз разного возраста могут быть ключевыми для развития данной отрасли и повышения качества производимых изделий.

На рисунке 4 приведен состав химических элементов, содержащихся в крови коз во время второй чески.

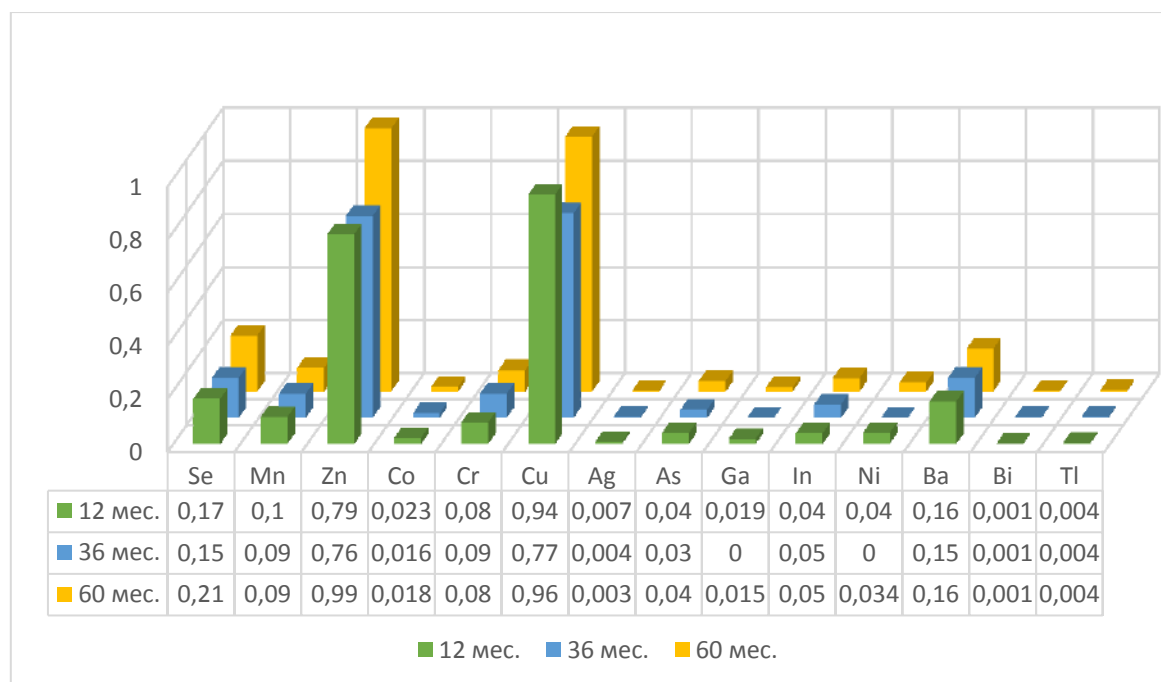


Рисунок 4 – Содержание химических элементов в крови коз во время второй чески, мг/кг
Figure 4 – The content of chemical elements in the blood of goats during the second session, mg/kg

Представленные на рисунке 4 результаты анализа содержания химических элементов в крови коз разного возраста во время второй чески показывают, что минеральный состав использованных в опыте кормов оказал некоторое влияние на минеральный состав крови, однако на минеральный состав крови коз наибольшее влияние оказали возрастные изменения физиологического состояния организма.

Изучение возрастных изменений в элементном статусе и продуктивных качествах коз имеет большое значение для оптимизации кормления и ухода за животными. С возрастом козы подвержены изменениям в своем организме, которые могут влиять на их потребности в питательных веществах. Поэтому необходимо проводить систематическое наблюдение за составом кормов и состоянием здоровья животных, чтобы обеспечить им оптимальные условия для роста и развития. Данные исследования позволяют выявить особенности питания коз в различные периоды их жизни, что, в свою очередь, поможет улучшить их продуктивные качества и обеспечит здоровое развитие животных.

Таблица 2 – Содержание химических элементов в шерстном покрове коз оренбургской породы в возрастном аспекте, мкг/г, (M±STD)

Table 2 – The content of chemical elements in the coat of Orenburg goats in the age aspect, mcg/g, (M ±STD)

Характеристика объекта / Characteristics of the object	Группа (возраст) – Group (age)		
	I (один год) / I (one year)	II (три года) / II (three years)	III (пять лет) / III (five years)
Macronutrients			
Na – Natrium	639,241± 101,8140***	445,306±198,7199	434,882±81,2197***
Mg – Magnesium	555,036±100,8502**	445,306±80,3251	374,967±39,4918**
K – Kalium	2884,835±457,3493**	2596,227±310,5581	1531,455±336,8978**
Ca – Calcium	1694,738±293,7434**	1445,814±223,4366	1292,405±58,3151**
Essential elements			
Mn – Manganum	10,160±2,9845	8,254±0,6108	7,782±1,3344
Co – Cobaltum	0,114±0,0871	0,090±0,0195	0,075±0,0201
Cu – Cuprum	5,616±0,6912	5,089±0,1685	4,976±0,0797
Fe – Ferrum	172,305±176,7074	145,448±43,2273	107,613±176,7074
Cr – Chromium	0,801±0,6661	0,636±0,2032	0,549±0,1607
Zn – Zincum	87,657±5,8122	86,613±3,6537	85,770±3,1872
Se – Selenium	0,951±0,3068	1,252±0,2350	0,632±0,0775
Conditionaliter essential elements			
B – Borum	7,035±3,5922***	3,241±0,0534	2,379±0,3807***
As – Arsenicum	1,820±0,4461	1,567±0,1853	1,449±0,2795
In – Indium	0,010±0,0069	0,003±0,0000	0,003±0,0002
Ba – Barium	3,489±0,9441	2,809±0,4354	2,477±0,3134
Ga – Gallium	0,058±0,0605	0,044±0,0122	0,032±0,0101
Ag – Argentum	0,007±0,0027	0,004±0,0001	0,005±0,0017
Tl – Thallium	0,008±0,0041	0,004±0,0006	0,004±0,0008
Bi – Bismuthum	0,026±0,0197	0,005±0,0002	0,009±0,0013
Ni – Niccolum	0,771±0,6744	0,618±0,1640	0,527±0,6744
Toxics elements			
Al – Aluminium	212,321±233,1783	155,962±46,6114	114,256±37,9471
Pb – Plumbum	0,275±0,1390	0,212±0,0260	0,339±0,0829
Sr – Strontium	6,706±1,1668	5,789±1,0542	5,573±0,4901
Cd – Cadmium	0,044±0,0058*	0,032±0,0039*	0,029±0,0050**
P – Phosphorus	294,846±55,3473*	266,030±18,5140	219,485±24,6644*

Дополнительное замечание: * = P<0,05; ** = P<0,01; *** = P<0,001.

Additional note: * = P<0.05; ** = P<0.01; *** = P<0.001.

В таблице 2 приведен состав наиболее выделившихся химических элементов (макроэлементы, эссенциальные элементы, условно-эссенциальные элементы, токсичные элементы) в шерстном покрове коз оренбургской породы, который указывает на то, что с возрастом происходит снижение содержания практически всех элементов за исключением Pb (Свинец) и Se (Селен). Достоверные различия получены по содержанию – Na (Натрий) на 204,359 мкг/г (P<0,001), Mg, (Магний) на 180,069 мкг/г (P<0,01), K (Калий) на 1353,38 мкг/г (P<0,01), Ca (Кальций) на 402,333 мкг/г (P<0,01), B (Бор) на 4,656 мкг/г (P<0,001) и P (Фосфор) на 75,361 мкг/г (P<0,05) между возрастными периодами 12 и 60 месяцев. А по содержанию Cd (Кадмий) во все возрастные периоды – 12 и 36 на 0,012 мкг/г (P<0,05), 36 и 60 месяцев на 0,003 мкг/г (P<0,05) и 12 и 60 на 0,015 мкг/г (P<0,01).

Таким образом, изученные в нашем опыте показатели концентрации химических элементов в крови подопытных коз находились в зависимости от продуктивности и возраста животного. Содержание Mn (Марганец) от уровня в шерстном покрове коз 36-месячного

возраста до 60-месячного снизилось на 0,472 мкг/г или на 5,72%. Со (Кобальт) в аналогичный возрастной период на 0,015 мкг/г или 16,67%. Cu (Медь) – соответственно на 0,113 мкг/г или 2,22%, Fe (Железо) на 37,835 мкг/г или 26,013%, Cr (Хром) на 0,0078 мкг/г или 8,46%, Zn (Цинк) на 0,843 мкг/г или 0,97%, Se (Селен) на 0,62 мкг/г или 49,52%.

Кроме того, исследования в области содержания токсичных элементов в организме животных имеют большое значение для здоровья животных и безопасности продуктов питания. Например, излишняя концентрация кадмия или фосфора может вызвать тяжелые отравления и заболевания, что негативно скажется на общем состоянии животных и качестве их продукции.

Следовательно, изучение концентрации химических элементов и шерстном покрове коз оренбургской породы в различные возрастные периоды позволяет выявить важные закономерности и зависимости. Например, высокая концентрация некоторых макро- и микро-элементов может свидетельствовать о нарушениях в обмене веществ и питательных веществ, что в дальнейшем может повлиять на продуктивность животных.

Заключение. В целом результаты исследования позволяют сделать вывод о необходимости дальнейших исследований в данной области с целью более полного понимания механизмов влияния возраста на пуховую продуктивность коз. Такие исследования могут способствовать разработке эффективных методов управления пуховым производством и повышению его эффективности. Таким образом, проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что возраст коз оказывает значительное влияние на показатели пуховой продуктивности и качества пуха. Однако необходимо учитывать, что различные факторы, такие как питание, условия содержания и генетические особенности, также могут влиять на эти показатели. Поэтому для оптимизации производства пуха необходимо учитывать все эти факторы и проводить комплексные исследования. Важно также отметить, что повышение показателей пуховой продуктивности и качества пуха к 36-месячному возрасту может быть связано с физиологическими особенностями коз в этом возрасте, способностью трансформировать из окружающей среды и накапливать в органах и тканях своего организма отдельные микро- и макроэлементы. Возможно, в этот период у исследуемых животных происходят изменения, которые благоприятно сказываются на производстве пуха. Это также стоит учитывать при разработке стратегий развития пухового производства.

Анализируя показатели концентрации химических элементов в крови и шерстном покрове коз оренбургской породы в годовалом, трехлетнем и пятилетнем возрасте можно, отметить отдельные выделившиеся элементы. Среди макроэлементов это – Na (Натрий), Mg (Магний), K (Калий), Ca (Кальций). Среди эссенциальных элементов – Mn (Марганец), Co (Кобальт), Cu (Медь), Fe (Железо), Cr (Хром), Zn (Цинк) и Se (Селен). Среди условно-эссенциальных элементов – B (Бор). Среди токсичных элементов – Cd (Кадмий) и P (Фосфор), что позволяет судить об имеющейся взаимосвязи концентрации отдельных элементов с показателями продуктивности. Это обстоятельство позволяет в дальнейшей работе корректировать в составе рациона отдельные микро и макроэлементы с целью недопущения снижения продуктивных качеств особи с возрастом и тем самым продления продуктивного долголетия.

Таким образом, продолжение исследований в этой области поможет разработать более эффективные методы кормления и ухода за животными, а также предупредит возможные заболевания и проблемы в области продуктивности. Важно учитывать все аспекты питания и содержания животных, чтобы обеспечить им оптимальные условия для здорового и продуктивного развития в климатических условиях Оренбургского края. Изучение показателей пуховой продуктивности и качества пуховых волокон у коз разного возраста является важным направлением для оптимизации процесса получения пуха и производства качественных изделий. Результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что возраст коз оказывает значительное влияние на указанные параметры. В частности, увеличение начеса и улучшение качества пуховых волокон у коз до 36-месячного возраста говорит о необходимости уделения особого внимания данной возрастной группе животных для повышения производственных показателей.

Conclusions. In general, the results of the study allow us to conclude that further research is needed in this area in order to better understand the mechanisms of the influence of age on the down productivity of goats. Such studies can contribute to the development of effective methods of down production management and increase its effectiveness. Thus, the conducted research allows us to conclude that the age of goats has a significant impact on down productivity and down quality. However, it is necessary to take into account that various factors such as nutrition, housing conditions and

genetic characteristics can also influence these indicators. Therefore, in order to optimize the production of down, it is necessary to take into account all these factors and conduct comprehensive studies. It is also important to note that an increase in down productivity and down quality by the age of 36 months may be associated with the physiological characteristics of goats at this age, the ability to transform from the environment and accumulate individual micro and macronutrients in the organs and tissues of their body. It is possible that during this period, changes occur in the studied animals, which favorably affect the production of down. This should also be taken into account when developing strategies for the development of down production.

Analyzing the concentration of chemical elements in the blood and coat of Orenburg goats at the age of one, three and five years, it is possible to note individual isolated elements. Among the macronutrients are Na (Sodium), Mg (Magnesium), K (Potassium), Ca (Calcium). Among the essential elements are Mn (Manganese), Co (Cobalt), Cu (Copper), Fe (Iron), Cr (Chromium), Zn (Zinc) and Se (Selenium). Among the conditionally essential elements is B (Boron). Among the toxic elements are Cd (Cadmium) and P (Phosphorus). This allows us to judge the relationship between the concentration of individual elements and productivity indicators. This circumstance contributes to further work to adjust individual micro and macronutrients in the diet in order to prevent a decrease in the productive qualities of an individual with age and thereby prolong productive longevity.

Thus, continued research in this area will help to develop more effective methods of feeding and caring for animals, as well as prevent possible diseases and problems in the field of productivity. It is important to take into account all aspects of nutrition and animal husbandry in order to provide them with optimal conditions for healthy and productive development in the climatic conditions of the Orenburg Region. The study of down productivity indicators and the quality of down fibers in goats of different ages is an important direction for optimizing the process of down production and the production of high-quality products. The results of the study allow us to conclude that the age of goats has a significant impact on these parameters. In particular, an increase in downy hair and an improvement in the quality of downy fibers in goats up to 36 months of age indicates the need to pay special attention to this age group of animals in order to improve production performance.

Библиографический список

1. Ахметзянова Ф. К., Мухаметгалиев Н. Н., Фархуллина Р. Р. Молочная продуктивность при использовании премикса и приминкора в кормлении коров. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2013. Т. 215. С. 21-26.
2. Варакин А. Т. и др. Влияние кормовой добавки «Крезацин» на обмен веществ у ремонтных свинок. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 332-338.
3. Варакин А. Т. и др. Влияние новой кормовой добавки на продуктивность и физиологические показатели молочных коров. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 5.
4. Горлов И. Ф., Калинина Н. В., Сложенкина М. И., Комарова З. Б., Рудковская З. Б., 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.
5. Горлов И. Ф. и др. Влияние нетрадиционных кормов в рационе кур-несушек на их хозяйственно-биологические показатели. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 330-338.
6. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И. Применение лактулозосодержащих препаратов в животноводстве и при переработке животноводческой продукции: монография. Волгоград: ООО «СФЕРА», 2020. 152 с.
7. Злепкина Н. А., Саломатин В. В., Варакин А. Т., Злепкин В. А. Качество мяса цыплят-бройлеров при скормливании биологически активных препаратов. Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3. С. 83-88.
8. Комарова З. Б., Калинина Н. В., Сложенкина М. И., Струк Е. А. Эффективность влияния пребиотической кормовой добавки на продуктивность, антиоксидантную защиту и иммунологический статус кур. Аграрно-пищевые инновации. 2023. № 1 (21). С. 42-52.
9. Николаев С. И., Карапетян А. К., Чехранова С. В. и др. Использование балансирующих добавок в рационах молодняка мелкого и крупного рогатого скота. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2022. № 4 (201). С. 22-31.
10. Панин В. А. Инновационное развитие козоводства в условиях часто повторяющихся засух. Научное обеспечение инновационного развития сельского хозяйства в условиях часто повторяющихся засух: материалы международной научно-практической конференции. Оренбург, 2017. С. 318-324.
11. Панин В. А. Некоторые показатели биоресурсного потенциала коз оренбургской породы. Доклады ТСХА: материалы международной научной конференции. Москва: Российский государственный аграрный университет МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018. Т. 290. Ч. 3. С. 288-290.

12. Филиппев М. М., Иванов Е. А., Иванова О. В. Применение премикса на основе отходов переработки кедровых орехов в кормлении коров. Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 1. С. 21-23.
13. Чехранова С. В., Николаев С. И., Ионов В. В., Куприянов С. Н. Влияние силоса, заготовленного с консервантом, на переваримость и использование питательных веществ крупным рогатым скотом. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (208). С. 49-54.
14. Якимов А. В., Зиятдинов М. Г., Хисамов Р. З. и др. Эффективность использования адресных премиксов в рационах крупного рогатого скота и лошадей. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4 (24). С. 102-104.
15. Brown A. N., Ferreira G., Teets C. L., Thomason W. E., Teutsch C. D. Nutritional composition and in vitro digestibility of grass and legume winter (cover) crops. Dairy Sci. 2018. V. 101 (3). Pp. 2037-2047.
16. Faucon M., Houben D., Lambers H. Plant Functional Traits: Soil and Ecosystem Services. Trends in Plant Science. 2017. V. 22 (5). Pp. 385-394.
17. Obermeyer K., Kayser M. On-farm assessment of grazing behaviour of dairy cows in two pasture management systems by low-cost and reliable cowtrackers. Smart Agricultural Technology. 2023. V. 6. P. 100349.
18. Simonov G. A., et al. Efficiency of growing crossbreed bull-calves of the mountain cattle with Russian polled breed. From Inertia to Develop: Research and Innovation Support to Agriculture: International Scientific and Practical Conference. "IDSISA 2020". 2020. P. 02004.
19. Varakin A. T., et al. Hematological Parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. V. 9. I. 1. Pp. 3837-3841.

References

1. Akhmetzyanova F. K., Mukhametgaliev N. N., Farkhullina R. R. Milk Productivity in the Use of Premix and Primincore in Cow Feeding. Scientific Notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman. 2013. V. 215. Pp. 21-26.
2. Varakin A. T., et al. The influence of the feed additive "Krezacin" on the metabolism of replacement pigs. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2023. No 1 (69). Pp. 332-338.
3. Varakin A. T., et al. The effect of a new feed additive on the productivity and physio-logical parameters of dairy cows. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2021. No 1 (61). Pp. 222-231.
4. Gorlov I. F., Kalinina N. V., Slozhenkina M. I., Komarova Z. B., Rudkovskaya Z. B., Dolzhanov P. B., Berezhina O. A. The influence of a new phytoprebiotic feed additive on the economic and biological indicators of broiler chickens. Livestock and feed production. 2023. V. 106. No 4. Pp. 178-190.
5. Gorlov I. F., et al. The influence of non-traditional feeds in the diet of laying hens on their economic and biological indicators. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2023. No 2 (70). Pp. 330-338.
6. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I. The use of lactulose-containing drugs in livestock breeding and in the processing of livestock products: monograph. Volgograd: SFERA LLC, 2020. 152 p.
7. Zlepina N. A., Salomatin V. V., Varakin A. T., Zlepkin V. A. Quality of meat of broiler chickens when feeding biologically active drugs. News of the Samara State Agricultural Academy. 2023. No 3. Pp. 83-88.
8. Komarova Z. B., Kalinina N. V., Slozhenkina M. I., Struk E. A. The effectiveness of the influence of prebiotic feed additives on productivity, antioxidant protection and immunological status of chickens. Agricultural and food innovations. 2023. No 1 (21). Pp. 42-52.
9. Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., Chekhranova S. V., et al. Use of balancing additives in the diets of young small and large cattle. Feeding of farm animals and fodder production. 2022. № 4 (201). Pp. 22-31.
10. Panin V. A. Innovative Development of Goat Breeding in the Conditions of Frequently Recurring Droughts. Scientific Support of Innovative Development of Agriculture in the Conditions of Frequently Recurring Droughts: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Orenburg, 2017. Pp. 318-324.
11. Panin V. A. Some Indicators of the Bio resource Potential of Orenburg Goats. Reports of the Agricultural Academy: Proceedings of the International Scientific Conference. Moscow: Russian State Agrarian University of the Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2018. V. 290. Part 3. Pp. 288-290.
12. Filip'ev M. M., Ivanov E. A., Ivanova O. V. Application of Premix Based on Pine Nut Processing Waste in Cow Feeding. Dairy and beef cattle breeding. 2016. № 1. Pp. 21-23.
13. Chekhranova S. V., Nikolaev S. I., Ionov V. V., Kupriyanov S. N. Effect of Silage Harvested with a Preservative on Digestibility and Nutrient Use in Cattle. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2022. № 2 (208). Pp. 49-54.
14. Yakimov A. V., Ziatdinov M. G., Khisamov R. Z. et al. Efficacy of Using Address Premixes in Cattle and Horse Diets. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2013. № 4 (24). Pp. 102-104.
15. Brown A. N., Ferreira G., Teets C. L., Thomason W. E., Teutsch C. D. Nutritional composition and in vitro digestibility of grass and legume winter (cover) crops. Dairy Sci. 2018. V. 101 (3). Pp. 2037-2047.
16. Faucon M., Houben D., Lambers H. Plant Functional Traits: Soil and Ecosystem Services. Trends in Plant Science. 2017. V. 22 (5). Pp. 385-394.
17. Obermeyer K., Kayser M. On-farm assessment of grazing behaviour of dairy cows in two pasture management systems by low-cost and reliable cowtrackers. Smart Agricultural Technology. 2023. V. 6. P. 100349.
18. Simonov G. A., et al. Efficiency of growing crossbreed bull-calves of the mountain cattle with Russian polled breed. From Inertia to Develop: Research and Innovation Support to Agriculture: International Scientific and Practical Conference. "IDSISA 2020". 2020. P. 02004.
19. Varakin A. T., et al. Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. V. 9. I. 1. Pp. 3837-3841.

Информация об авторах

Харламов Анатолий Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (Российская Федерация, 460051, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29), ORCID orcid.org/0000-0002-9477-6568, e-mail: harlamov52@mail.ru

Панин Виктор Алексеевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (Российская Федерация, 460051, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29), ORCID orcid.org/0000-0003-1239-1806, e-mail: oniish@yandex.ru

Ильин Виктор Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией Управление проектами, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (Российская Федерация, 460051, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29), ORCID orcid.org/0009-0001-3430-872X, e-mail: vvilin1957@gmail.com

Author's Information

Kharamov Anatoly Vasilyevich, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher of the Department of Technology of Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460051, Orenburg, 9 January str., 29), ORCID orcid.org/0000-0002-9477-6568, e-mail: harlamov52@mail.ru

Panin Viktor Alekseevich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Technology of Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460051, Orenburg, 9 January str., 29), ORCID orcid.org/0000-0003-1239-1806, e-mail: oniish@yandex.ru

Ilyin Viktor Vasilievich, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Project Management Laboratory, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460051, Orenburg, 9 January str., 29), ORCID orcid.org/0009-0001-3430-872X, e-mail: vvilin1957@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-25

**FORMALIZATION AND ANALYSIS OF THE BUSINESS PROCESS FISH
PRODUCTION IN CLOSED RESERVOIRS****Arkov D. P., Kochetkova O. V.***Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*Corresponding author E-mail: arkov-dmitriy@yandex.ru

Received 22.05.2024

Submitted 25.08.2024

Summary

The article discusses the relevance of the topic of research on business processes of fish production. The work uses the technology of structural analysis and design. A contextual diagram of the process of growing commercial fish was constructed using the traditional method in IDEF0 notation, the decomposition of the contextual diagram was performed and the main functional blocks were described. The functional model helps to analyze in detail the input and output data, mechanisms and resources of processes in fish farming in a traditional way.

Abstract

Introduction. Currently, the situation with consumer goods requires a greater increase in the volume of production. Based on the Doctrine of food security of the Russian Federation - security in the field of providing food for widespread consumption, the population is one of the main directions in the field of national security of the country in the long term, one of the criteria for preserving sovereignty, the most important component of socio-economic policy, the implementation of the national priority – improving the quality of life of Russian citizens by guaranteeing high standards of life support. The work is devoted to the topical topic of researching the business process of fish production by the traditional method in closed reservoirs of typical fish farming enterprises in order to determine the directions for its further improvement. **Object.** The work uses the technology of structural analysis and design as the most well-known and widely used design system. **Materials and methods.** Taking into account all the advantages of the process approach and the need for its application, a contextual diagram of the process of growing commercial fish by the traditional method in the IDEF0 specification is constructed, the decomposition of the context diagram is performed, the main functional blocks are described. The functional model helps to analyze the inputs, outputs, mechanisms and resources of processes in fish farming using the traditional method. **Results and conclusion.** The proposed approach will allow you to effectively manage and achieve your goals when growing fish. As a result of the conducted research, the formalization and analysis of the business process "To grow commercial fish using traditional technology" was performed, the main stages were detailed in the IDF0 notation. After creating graphical models of the business process of commercial fish production, they were evaluated using the method of quantitative factor analysis, which allows you to quickly evaluate the business process under study with the opportunity to draw informed

conclusions on its improvement. The developed model can be used as a basis for the creation and implementation of a quality management system, the introduction of information technologies at enterprises engaged in fish farming in pond farms of the Volgograd region.

Keywords: fish farming, product independence, fish farming business processes, structural analysis and design technology.

Citation. Arkov D. P., Kochetkova O. V. Formalization and analysis of the business process of fish production in closed reservoirs. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 230-239 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-25.

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

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

УДК 004.94:626.826

ФОРМАЛИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА РЫБЫ В ЗАКРЫТЫХ ВОДОЁМАХ

Арьков Д. П., доцент, кандидат технических наук
Кочеткова О. В., профессор, доктор технических наук

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. В настоящее время положение с продуктами широкого потребления требует большего наращивания объемов сферы производства. Исходя из Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации – безопасность в сфере обеспечения продуктами питания широкого потребления населения является одним из главных направлений в области национальной безопасности страны в долгосрочном периоде, одним из критериев сбережения суверенитета, важнейшей составляющей социально-экономической политики, реализации национального приоритета – повышения качества жизни российских граждан путем гарантирования высоких стандартов жизнеобеспечения. Работа посвящена актуальной теме исследования бизнес-процесса производства рыбы традиционным методом в закрытых водоемах типовых рыбоводческих предприятий с целью определения направлений его дальнейшего совершенствования. **Объект.** В работе используется технология структурного анализа и проектирования как наиболее известная и широко используемая система проектирования. **Материалы и методы.** Принимая во внимание все достоинства процессного подхода и необходимость его применения, построена контекстная диаграмма процесса выращивания товарной рыбы традиционным методом в нотации IDEF0, выполнена декомпозиция контекстной диаграммы, описаны основные функциональные блоки. Функциональная модель помогает детально проанализировать входы, выходы, механизмы и ресурсы процессов при выращивании рыбы традиционным методом. **Результаты и выводы.** Предложенный подход позволит эффективно управлять и достигать поставленных целей при выращивании рыбы. В результате проведенных исследований выполнена формализация и анализ бизнес-процесса «Выполнить выращивание товарной рыбы по традиционной технологии», выполнена детализация основных этапов в нотации IDEF0. После создания графических моделей бизнес-процесса производства товарной рыбы выполнена их оценка с помощью метода количественного факторного анализа, который позволяет оперативно оценивать исследуемый бизнес-процесс с возможностью сделать обоснованные выводы по его улучшению. Разработанная модель может быть принята за основу при создании и внедрении системы менеджмента качества, внедрения информационных технологий на предприятиях, занимающихся рыбоводством в прудовых хозяйствах Волгоградской области.

Ключевые слова: рыбоводство, продуктовая независимость, бизнес-процессы рыбоводства, технология структурного анализа и проектирования.

Цитирование. Арьков Д. П., Кочеткова О. В. Формализация и анализ бизнес-процесса производства рыбы в закрытых водоёмах. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 230-239. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-25.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Сложившееся в настоящее время общемировое положение с продуктами широкого потребления, такими как хлеб, мясо, рыба, молоко, требует все большего развития и наращивания объемов сферы производства, обеспечивая тем самым высокую

планку продуктовой независимости граждан [1, 2]. Исходя из Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации безопасность в сфере обеспечения продуктами питания населения является одним из главных направлений в области национальной безопасности страны в долгосрочном периоде, одним из критериев сбережения государственности и суверенитета, важнейшей составляющей социально-экономической политики, а также необходимым условием реализации стратегического национального приоритета – повышения качества жизни российских граждан путем гарантирования высоких стандартов жизнеобеспечения. В данной Доктрине для оценивания продовольственной обеспеченности за основные индикаторы приняты пороговые значения показателей продовольственной независимости.

Продовольственная независимость рассчитывается как планка самообеспечения в процентах, определенная как отношение объема всего российского производства продукции агропромышленного комплекса к всему внутреннему потреблению, имеющая граничные величины в отношении, значение, которое для продуктов из рыбы составляет более 85%.

В настоящее время производство продукции аквакультуры, включая производство различных видов водорослей, соответствует величине 36 млн тонн, одна рыба из этой величины доходит до 26 млн тонн, эта величина составляет треть от всех уловов в мире. В пресной воде выращивается до 90% продукции аквакультуры.

Существует много методов выращивания рыбы. Широкое распространение в силу удобства контролирования и управления средой обитания получили способы выращивания в отдельных бассейнах. В основном данные бассейны выполняют из полимерных материалов, так же они могут быть выполнены из ткани. Бассейны оснащаются приборами учёта температуры, насыщенности кислородом [6].

Существующая номенклатура приборов и устройств не всегда отвечает требованиям технологов, поэтому возникает необходимость в создании методов и решений контроля качества воды, температуры, создания регулируемых аквасистем. Самыми известными аквасистемами, созданные людьми, являются пруды по выращиванию рыбы, построенные с использованием природных ландшафтов рядом с проживанием людей. Рыба, растущая в таких прудах, практически не подвержена стрессу, который негативно влияет на развитие потомства.

Сравнение стоимости производства тонны рыбы с животноводством показывает, что данное производство в пять раз ниже производства говяжьего, в четыре бараньего и в три раза свиного мяса, в восемь раз ниже, чем производство сливочного масла, и в четыре раза ниже, чем животного жира [4].

Материалы и методы. Предприятие по выращиванию товарной рыбы представляет собой сложную систему, особенностью которой является необходимость отслеживания и поддержки оптимального состояния и развития биологических объектов и среды обитания, поэтому основным методом исследования в работе является системный подход. С точки зрения системного подхода исследуемый объект сначала представляется в виде модели «черного ящика», который по мере изучения декомпозируется на отдельные составляющие, которые могут по мере исследования декомпонироваться и далее для более подробного изучения.

Поэтому для формализации и анализа исследуемого бизнес-процесса был применен функциональный подход, основным объектом при данном методе является функция. Рассматриваемую систему разделяют на подсистемы, которые сами делятся на подфункции, те затем на задачи и так далее, пока не будут выделены отдельные процедуры. При этом бизнес-процессы формализуются в форме взаимосвязанной модели функций, изменяющих входные данные (потoki) в выходные за счет применяемых ресурсов.

В большинстве экономически развитых странах широко применяют технологию структурного анализа, на основе этой технологии создана и успешно используется методология IDF0.

Проектируемый процесс начинается с представления системы как единого целого – блока, имеющего входные, выходные управляющие и регламентирующие дуги.

Рассмотрев основные положительные моменты процессного подхода, пришли к выводу о возможности его использования и построения на его основе контекстной диаграммы «Процесс выращивания товарной рыбы традиционным методом» в нотации IDEF0 представленная на рисунке 1. Формализация в данном виде позволяет определить основные входы, выходы, необходимые ресурсы и механизмы управления [7].



Рисунок 1 – IDEF0 Диаграмма декомпозиции процесса «Выполнить выращивание товарной рыбы по традиционной технологии»

Figure 1 – IDEF0 Decomposition diagram of the process "To carry out the cultivation of marketable fish using traditional technology"

Следующим моментом при выполнении построения графической модели процесса является использование принципа декомпозиции, при котором основной процесс разделяется на более мелкие процессы. Декомпозиция процесса выращивания товарной рыбы представлен на рисунке 2. Процесс включает в себя пять функциональных блоков: «Получить потомство», «Подрастить личинки», «Вырастить сеголетки», «Выполнить зимовку», «Вырастить товарную рыбу».

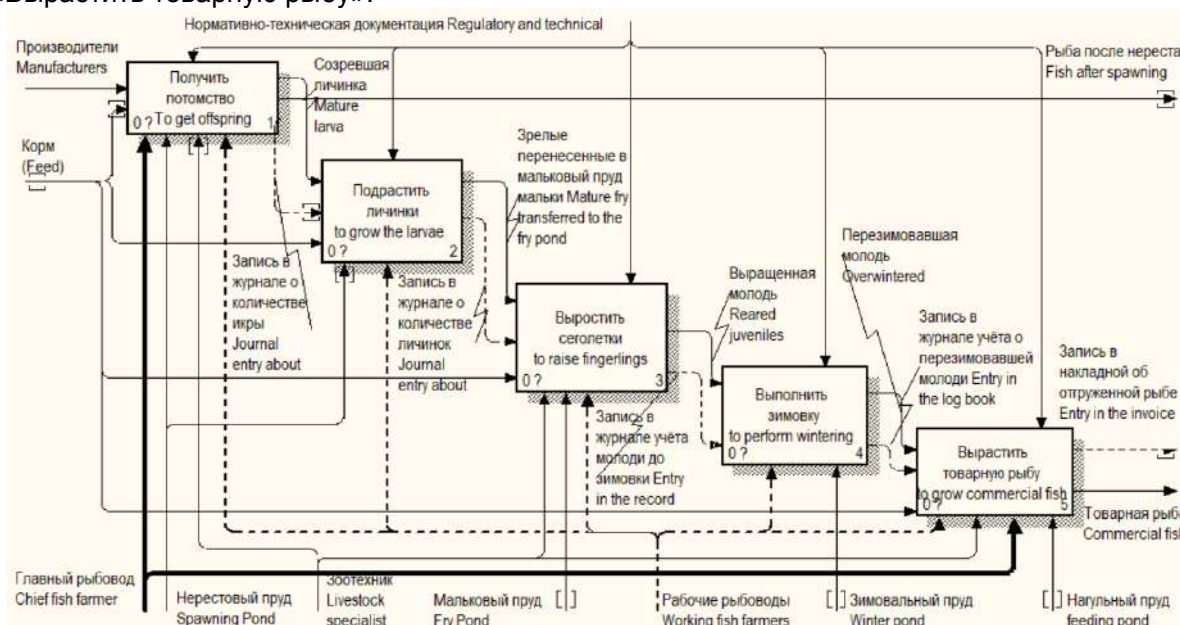


Рисунок 2 – IDEF0 Диаграмма декомпозиции процесса «Выращивание товарной рыбы по традиционной технологии»

Figure 2 – IDEF0 Decomposition diagram of the process "Farming of marketable fish using traditional technology"

На рисунке 3 представлена декомпозиция процесса «Получить потомство».

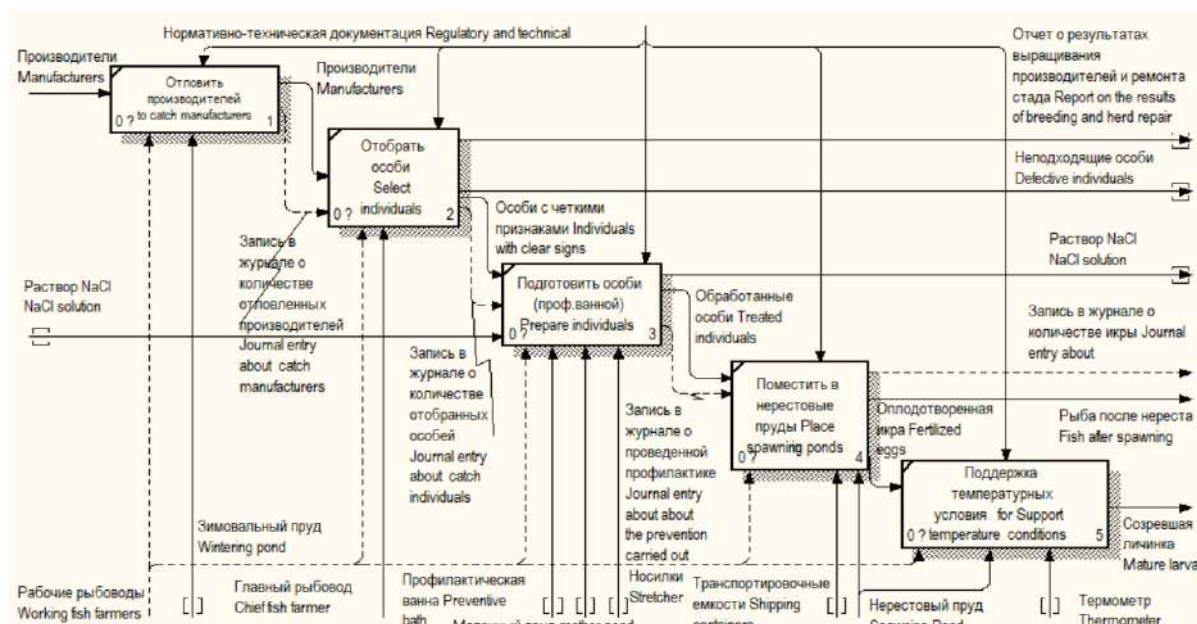


Рисунок 3 – IDEF0 Диаграмма декомпозиции процесса «Получить потомство»

Figure 3 – IDEF0 Decomposition diagram of the "Get offspring" process

Данный процесс состоит из функциональных блоков: «Отловить производителей», «Отобрать особи», «Подготовить особи», «Поместить в нерестовые пруды», «Поддержка температурных условий». Как видно из диаграммы процесса, ресурсами, необходимыми для реализации, являются: рабочие рыболовы, главный рыболов, зимовальный пруд, профилактическая ванна, маточный пруд, транспортировочные емкости, нерестовый пруд, средства контроля температуры. В итоге реализации процесса будут: созревшая личинка, рыбы после нереста, запись в журнале о количестве икры, неподходящие для оплодотворения особи, средства дезинфекции.

Второй блок «Получить потомство» состоит из функциональных блоков: «Поддержка оптимальных условий развития», «Отлов в нерестовых прудах», «Выращивание мальков», «Переноска мальков в мальковые пруды».

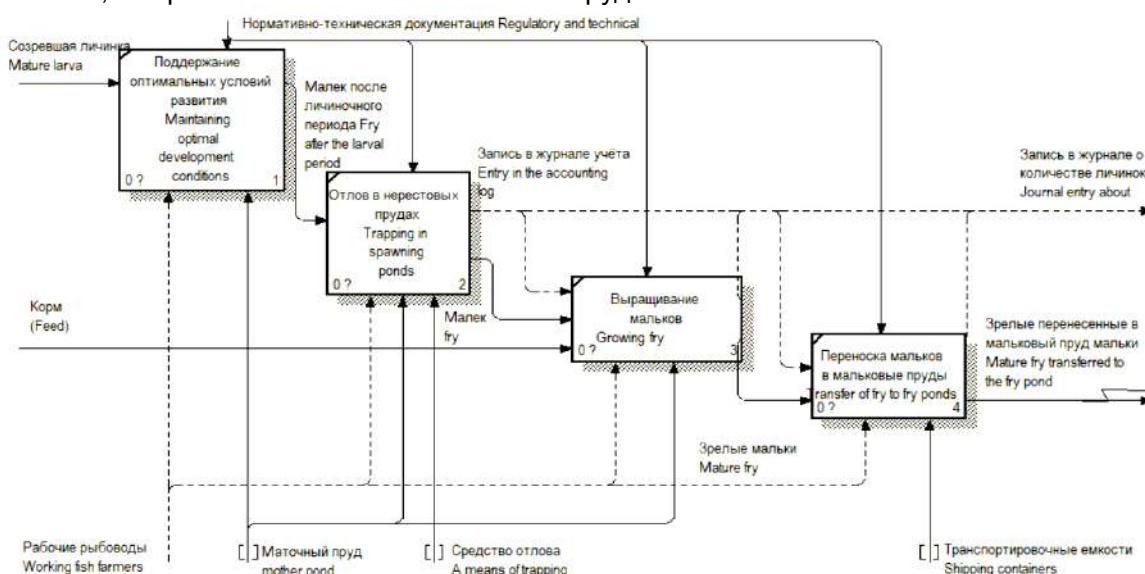


Рисунок 4 – IDEF0 диаграмма декомпозиции процесса «Подрастить личинки»

Figure 4 – IDEF0 decomposition diagram of the "Grow Larvae" process

Рисунок 4 изображает диаграмму разделения функционального процесса «Подрастить личинки», а на следующем диаграмма декомпозиции процесса «Вырастить сеголеток» (рисунок 5).

Механизмы управления в данном блоке представлены нормативно-техническими документами, регламентирующими процесс выращивания и реализации товарной рыбы. Результатами выполнения данного блока являются: запись в журнале о количестве личинок, зрелые перенесенные в мальковый пруд мальки и для получения данного результата необходимы следующие механизмы: рабочие рыбоводы, средства отлова, транспортировочные емкости, маточный пруд (рисунок 4).

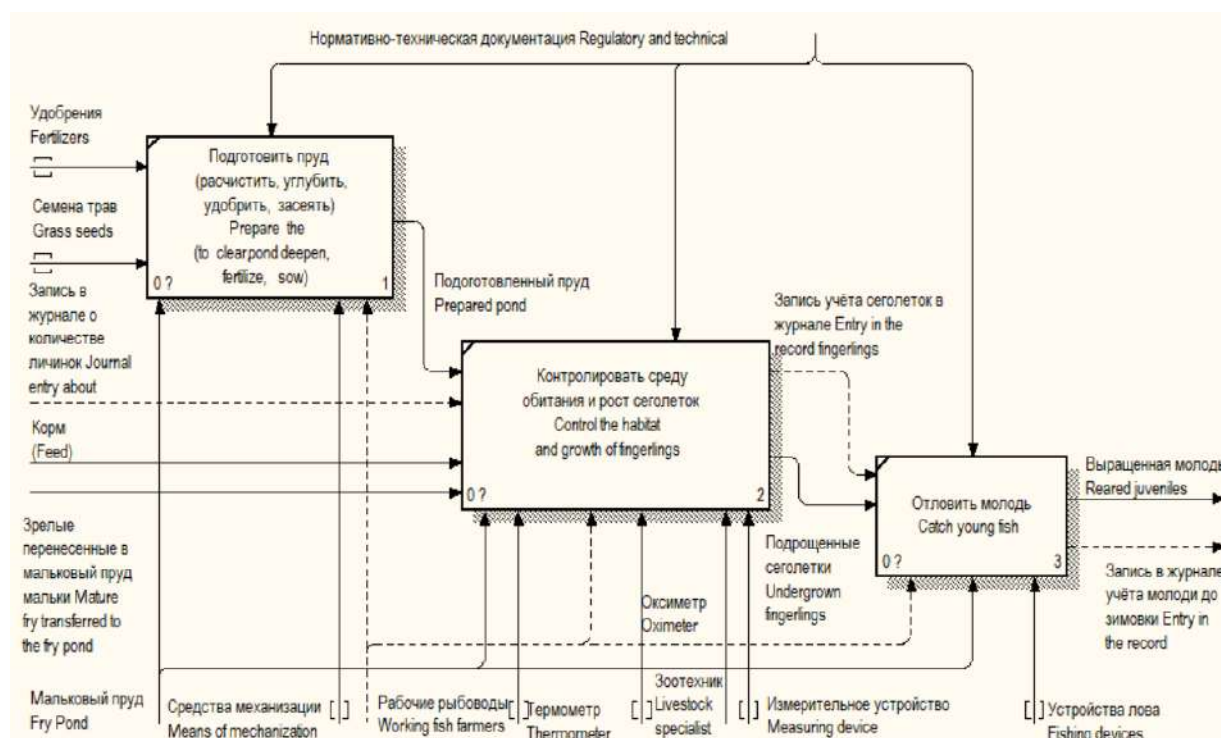


Рисунок 5 – IDEF0 Диаграмма декомпозиции процесса «Вырастить сеголеток»
Figure 5 – IDEF0 Decomposition diagram of the "Grow Fingerlings" process

Механизмы управления в данном блоке являются нормативно-технические документы, регламентирующие процесс выращивания и реализации товарной рыбы. Результатами выполнения данного блока являются запись в журнале о количестве личинок, зрелые перенесенные в мальковый пруд мальки и для получения данного результата необходимы следующие механизмы: рабочие рыбоводы, средства отлова, транспортировочные емкости, маточный пруд (рисунок 5).

Немаловажным процессом при выращивании рыбы в прудах по традиционной схеме является подготовка пруда, а именно расчистка, углубление, подготовка растительного покрова [8, 11, 12]. Как видно из рисунка 5, выполняется контроль среды обитания и рост сеголеток с последующим отловом выращенной молоди.

На рисунке 6 представлена декомпозиция процесса зимовки, а на рисунке 7 – процесса выращивания товарной рыбы.

Зимовка (зимнее выращивание) является важным этапом выращивания пресноводных видов рыб в регионах Европы и Российской Федерации, где зимы очень суровые, а климат континента холодный. Необходимо принять ряд мер для максимальной защиты рыбы, чтобы предотвратить замор большого количества рыбы в зимние месяцы. Живая рыба должна содержаться в безопасных условиях, оптимально – осенью и в специальных зимовальных прудах.

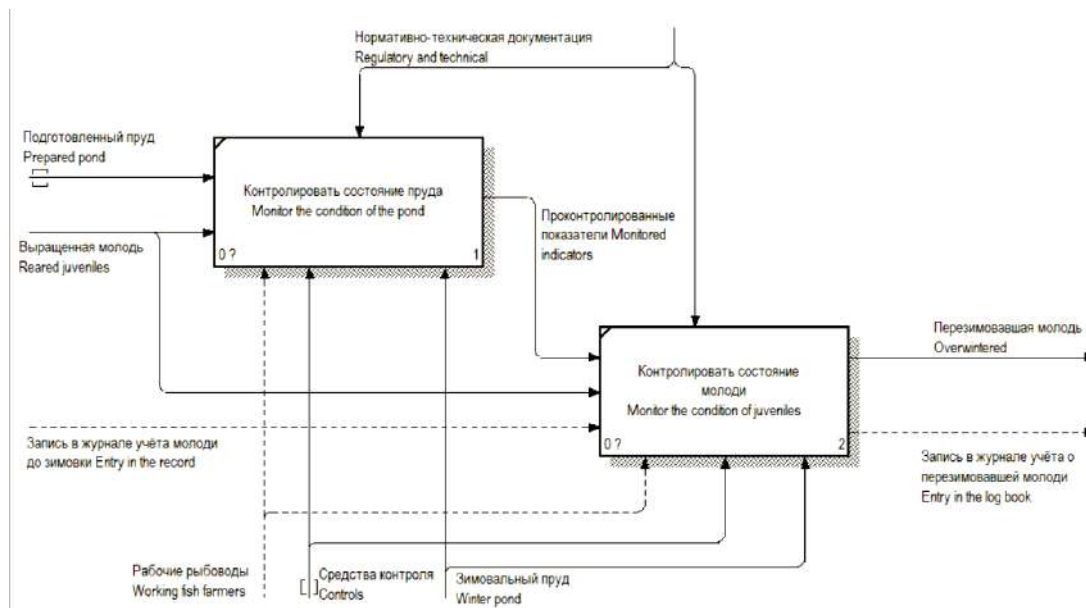


Рисунок 6 – IDEF0 Диаграмма декомпозиции процесса «Выполнить зимовку»
Figure 6 – IDEF0 Decomposition diagram of the "Perform wintering" process

Перед началом зимы рыбу отлавливают, сортируют по видам и размерам, а затем выпускают в специальные пруды в соответствии с размерами, чтобы повысить однородность пруда. Зимовальные пруды обычно представляют собой небольшие водоемы с достаточной глубиной и хорошим водоснабжением. Подготовка зимовальных прудов должна быть проведена заранее, до начала зимы. Пруды должны быть высушены, очищены и тщательно продезинфицированы содовой известью. Необходимо следить за здоровьем рыбы и принимать необходимые меры предосторожности. Постоянная подача воды хорошего качества и правильное устройство систем водоснабжения и дренажа в зимовальных прудах являются необходимыми условиями для успешной зимовки рыб высокой плотности.

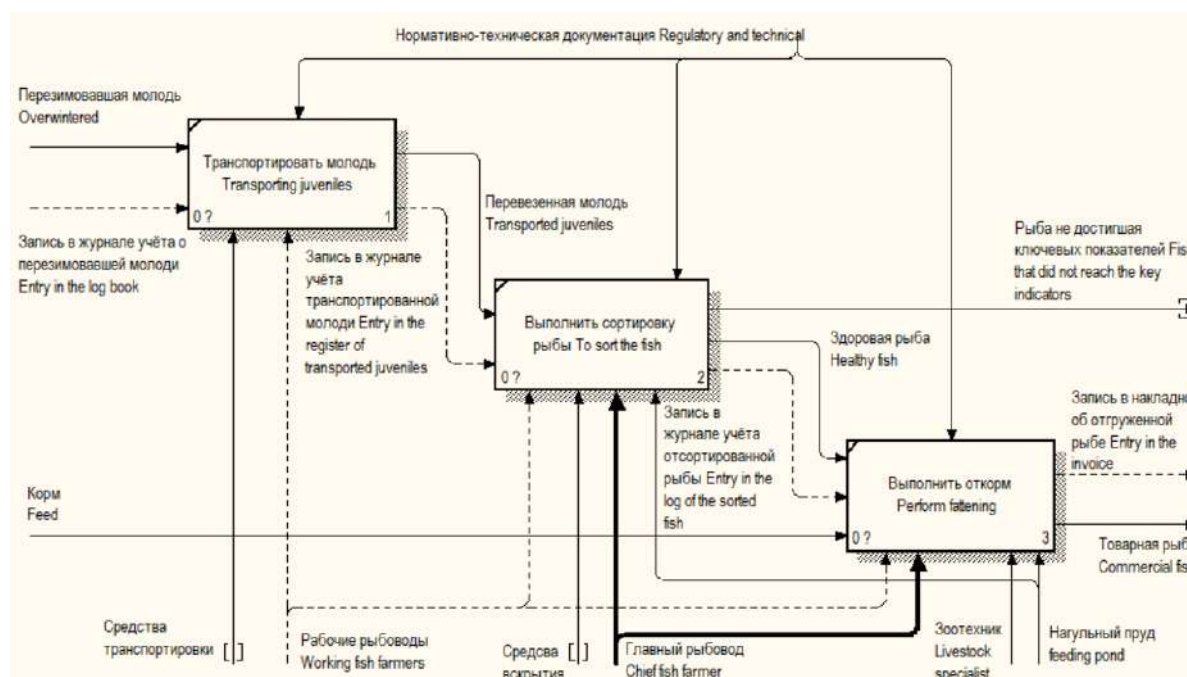


Рисунок 7 – IDEF0 Диаграмма декомпозиции процесса «Вырастить товарную рыбу»
Figure 7 – IDEF0 Decomposition diagram of the "Grow marketable fish" process

После создания графических моделей бизнес-процесса производства товарной рыбы выполним его оценку. Считаем целесообразным использовать для анализа не качественные характеристики и математические модели, а быстрый и конкретный метод количественного факторного анализа бизнес-процесса. Такой подход позволит оперативно оценить исследуемый бизнес-процесс и сделать обоснованные выводы по его улучшению.

Все необходимые для расчета данные были нами взяты из графических моделей бизнес-процесса производства товарной рыбы и сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Значения показателей бизнес-процесса

Table 1 – Values of business process indicators

№	Показатели бизнес-процесса	Значение показателя
1	Количество уровней бизнес-процессов	3
2	Количество экземпляров бизнес-процессов	28
3	Количество разрывов процессов в экземплярах бизнес-процессов	5
4	Количество классов бизнес-процессов	8
5	Число собственников бизнес-процессов	3
6	Количество использованных ресурсов в бизнес-процессе	26
7	Количество выходов в экземплярах бизнес-процессов	48
8	Количество регламентирующей нормативной документации	1

Затем были рассчитаны показатели эффективности бизнес-процессов, и полученные значения приведены в таблице 2 ниже.

Таблица 2 – Показатели эффективности бизнес-процессов

Table 2 – Indicators of the efficiency of business processes

Показатели эффективности бизнес-процесса	Вид коэффициента	Формулы расчета коэффициентов	Полученное значение показателя
Сложность	$k_{сл}$	$k_{сл} = \Sigma P_{ур} / \Sigma P_{экз}$	0,11
Процессность	$k_{пр}$	$k_{пр} = \Sigma P_{раз} / \Sigma P_{кп}$	0,63
Контролируемость	$K_{контр}$	$K_{контр} = \Sigma P_{кп} / \Sigma P$	0,38
Ресурсоемкость	k_p	$k_p = P / \Sigma P_{вых}$	0,54
Регулируемость	$k_{рег}$	$k_{рег} = \Sigma P_{рег} / \Sigma P_{кп}$	0,12

Результаты и выводы. Проанализировав рассчитанные показатели, приходим к выводу о том, что исследуемый процесс не является сложным, то есть его иерархическая структура несложная.

Показатель, характеризующий процессность, равен 0,63, что позволяет считать модель бизнес-процесса процессной.

Значение показателя контролируемости равное 0,38 свидетельствует о пониженной контролируемости процесса, что снижает управляемость бизнеса, препятствует выявлению точек роста и развитию.

Отслеживание результатов отдельных операций бизнес-процесса выполняется в разных документах на бумажных носителях, что порождает ошибки, влияние человеческого фактора и даже возможность хищения продукции. Одной из корневых причин отмеченной пробле-

мы является низкий уровень использования цифровых технологий. На практике выявлены следующие преимущества использования информационно-коммуникационных технологий в сельском хозяйстве: сокращение времени производственных операций; повышение эффективности поддержки принятия решений; снижение производственных издержек за счет лучшего отслеживания процессов производства и рационального использования ресурсов. Таким образом, требуется принятие мер для улучшения существующего процесса.

Показатель, характеризующий использование ресурсов, показывает, что ресурсы используются в бизнес-процессе эффективно, но имеются резервы для использования средств механизации и автоматизации процесса, позволяющие повысить эффективность производственных процессов и снизить издержки. Существенным недостатком типовых предприятий по производству товарной рыбы является отсутствие комплексного подхода в модернизации производственных мощностей и применения современных информационно-коммуникационных систем и технологий. Контроль кислорода, температуры, наличие и подача кормов, производственное планирование осуществляется в поле, как говорится, на коленке, с использованием бумажных носителей, в лучшем случае – электронных таблиц Excel». К сожалению, в настоящее время методы коммерческой аквакультуры не до конца оптимизированы [5, 6, 10, 13].

Исследуемый бизнес-процесс имеет недостаточную регламентацию, о чем свидетельствует значение показателя регулируемости 0,12. Правила исполнения бизнес-процессов и взаимодействия исполнителей складываются в результате практического опыта и закреплены не документально, а только повторяемостью действий. Требуется формирование регламентирующих документов на основе модели бизнес-процессов.

Полученная сумма значений показателей бизнес-процесса больше 1, поэтому анализируемый процесс, хотя и не лишен недостатков, является эффективным.

В результате проведенной работы выполнена формализация и анализ бизнес-процесса «Выполнить выращивание товарной рыбы по традиционной технологии», выполнена декомпозиция основных подпроцессов в нотации IDF0.

Функциональные модели помогают детально проанализировать входы, выходы, механизмы и ресурсы процессов производства аквакультуры с помощью традиционных методов и получить как бы взгляд со стороны на существующие бизнес-процессы. Предложенный подход позволяет эффективно управлять и достигать поставленных целей при выращивании аквакультуры.

Разработанную модель можно целесообразно использовать в качестве основы для создания архитектуры рыбоводческого предприятия. Это системная модель, которая позволяет контролировать присущую системам сложность и управлять ею в изменяющейся среде, а также отобразить стратегическое развитие ИТ в соответствии с требованиями бизнеса.

Кроме того, разработанная модель может являться основой для внедрения системы менеджмента качества на предприятиях, занимающихся разведением рыбы в традиционных прудах Волгоградской области.

Библиографический список

1. Клименко А. И., Усенко Л. Н., Холодова М. А. Прогнозирование продовольственной безопасности региона в контексте экономической доступности продуктов питания. Мелиорация и гидротехника. 2022. № 1. С. 264-283.
2. Филипповская О. В. Продовольственная безопасность России в свете происходящих геополитических изменений. Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. № 2 (335). С. 94-105.
3. Шаповаленко К. В., Гречнева А. В., Котов Я. С. Аппаратно-программное обеспечение системы мониторинга качества водных ресурсов в задачах аквакультуры осетровых рыб. Известия ТулГУ. Технические науки. 2022. № 8.
4. Ермакова Н. А., Лимонина И. Г., Малинин А. М. Аквакультура как новое attractive направление формирования российской региональной модели сельского туризма. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 45. С. 261-264.
5. Рекомендации по выращиванию рыб различных экологических групп в поликультуре. Саратов, 2020. 27 с.

6. Манжосова Л. В., Кравченко Ю. В. Выращивание карпа и растительноядных рыб в поликультуре в условиях ООО "Прибой" Быковского района Волгоградской области. Актуальные вопросы производства продукции животноводства и рыбоводства: материалы Международной научно-практической конференции. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова, 2017. С. 202-210.

7. Кочеткова О. В. Модернизация бизнес-процессов мясоперерабатывающего предприятия для управления безопасностью продукции. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3 (28). С. 287-295.

8. Островский Б. Аквакультура: основные векторы развития. Рыбная сфера. 2016. № 2(16). С. 26-28.

9. Karmanov M. V., et al. Modeling of business processes in company management. Journal of Management & Technology. 2022. V. 22. No. S. Pp. 176-188.

10. Кобечинская В. Г., Ивашов А. В., Гайдаенко В. А. Аквакультура в Крыму: современные тенденции и перспективы подготовки специалистов в данной области. Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2023. Т. 9. № 2. С. 108-124.

11. Васильева Е. Г. и др. Совершенствование процессов товарного выращивания тепловодных объектов аквакультуры. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 258-264.

12. Obirikorang K. A., et al. Effects of water flow rates on growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in a recirculating aquaculture system. Aquaculture International. 2019. N 27 (2). Pp. 449-462.

13. Núñez-Amao L., et al. Estimating production costs of preadult redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, reared in a commercial nursery system: a stochastic bioeconomic approach. Journal of the World Aquaculture Society. 2019. N 50 (1). Pp. 172-185.

References

1. Klimenko A. I., Usenko L. N., Kholodova M. A. Forecasting food safety in the context of economic accessibility of food. Land reclamation and hydraulic engineering. 2022. No 1. Pp. 264-283.

2. Filippovskaya O. V. Food security of Russia in the light of ongoing geopolitical changes. National interests: priorities and security. 2016. No.2 (335). Pp. 94-105.

3. Shapovalenko K. V., Grechneva A. V., Kotov Y. S. Hardware and software for monitoring the quality of water resources in the tasks of aquaculture of sturgeon fish. Izvestiya TlSU. Technical sciences. 2022. № 8.

4. Ermakova N. A., Limonina I. G., Malinin A. M. Aquaculture as a new attractive direction in the formation of the Russian regional model of rural tourism. Izvestiya St. Petersburg State Agrarian University. 2016. No 45. Pp. 261-264.

5. Recommendations for the cultivation of fish of various ecological groups in polyculture. Saratov, 2020. 27 p.

6. Manzhosova L. V., Kravchenko Y. V. Cultivation of carp and herbivorous fish in polyculture in the conditions of Priboy LLC in the Bykovsky district of the Volgograd region. Topical issues of livestock and fish farming production: materials of the International Scientific and Practical Conference. Saratov: Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, 2017. Pp. 202-210.

7. Kochetkova O. V. Modernization of Business Processes of a Meat Processing Enterprise for Product Safety Management. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2016. № 3 (28). Pp. 287-295.

8. Ostrovsky B. Aquaculture: the main vectors of development. Fish sphere. 2016. № 2 (16). Pp. 26-28.

9. Karmanov M. V., et al. Modeling of business processes in company management. Journal of Management & Technology. 2022. Vol. 22. No. S. Pp. 176-188.

10. Kobechinskaya V. G., Ivashov A. V., Gaidaenko V. A. Aquaculture in Crimea: current trends and prospects for training specialists in this field. Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry. 2023. V. 9. No 2. Pp. 108-124.

11. Vasilyeva E. G. et al. Improving the processes of commercial cultivation of warm-water aquaculture facilities. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2019. № 3 (55). Pp. 258-264.

12. Obirikorang K. A., et al. Effects of water flow rates on growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in a recirculating aquaculture system. Aquaculture International. 2019. N 27 (2). Pp. 449-462.

13. Núñez-Amao L., et al. Estimating production costs of preadult redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, reared in a commercial nursery system: a stochastic bioeconomic approach. Journal of the World Aquaculture Society. 2019. N 50 (1). Pp. 172-185.

Информация об авторах

Арьков Дмитрий Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные системы и технологии» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), ORCID iD 0000-0001-5675-351X, e-mail: arkov-dmitriy@yandex.ru

Кочеткова Ольга Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные системы и технологии» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), ORCID iD 0000-0001-8227-3720, e-mail: kov555@list.ru

Author's Information

Arkov Dmitry Petrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd Universitetskiy Avenue, 26), ORCID iD 0000-0001-5675-351X, e-mail: arkov-dmitriy@yandex.ru

Kochetkova Olga Vladimirovna, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd Universitetskiy Avenue, 26), ORCID iD 0000-0001-8227-3720, e-mail: kov555@list.ru

**METABOLISM IN THE BODY OF FATTENED YOUNG PIGS IN RELATION
TO THE BIOLOGICAL VALUE OF DIETS****Zlepkina N. A., Salomatin V. V., Ryadnov A. A., Varakin A. T., Zlepkin V. A.**Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: zlepkin@mail.ru

Received 18.08.2024

Submitted 30.09.2024

Abstract

Introduction. Increasing the biological value of diets has a positive effect on metabolism levels in the body of fattening young pigs and productivity indicators, which is very relevant in modern pig farming. **Materials and methods.** Scientific and economic experiment was carried out on three groups of fattened young pigs. Large white pigs were used for this purpose. In the main period of the experiment, the young animals of the control group were fed the basic diet (BR), consisting in the 1st period of fattening – from SK-6 and in the 2nd period – from SK-7, and in the 1st experimental group, in addition to the OP, the feed additive “Tetra +” was introduced in the amount of 40 g per 1 kg of feed, experimental group 2 was fed the same basic diet, but was additionally given the feed additive “Glimalask” at a dose of 40 mg per 1 kg of feed. During the scientific and economic experiment, against its background, physiological studies were carried out to study the digestibility of diets for fattening pigs, the balance of nitrogen and mineral elements in their bodies. **Results and conclusions.** Research has established that young pigs of experimental groups 1 and 2 had higher dry matter digestibility coefficients, respectively, by 1.9 (P<0.01) and 1.6% (P<0.05), organic matter – by 1.9 (P<0.01) and 1.6% (P<0.01), crude protein – by 2.0 (P<0.01) and 1.8% (P<0.01), crude fat – by 2.1 (P<0.01) and 1.8% (P<0.05), crude fiber – by 1.1 (P<0.01) and 0.9% (P<0.01), BEV – by 1.9 (P<0.01) and 1.8% (P<0.01), with a higher level of balance of nitrogen, calcium and phosphorus, compared to the control group. Animals of the 1st and 2nd experimental groups had a greater average daily increase in live weight, as well as slaughter yield, respectively – by 2.1 and 1.7%, meat weight – by 11.35 and 6.35%. The best result for the studied indicators was found using the Tetra+ feed additive as part of the diet.

Keywords: young pigs, fattening of young pigs, feed additives, “Tetra +”, “Glimalasque”, digestibility of rations, productive qualities of pigs.

Citation. Zlepkina N. A., Salomatin 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. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 240-248 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-26.

Author's contribution. All the authors of the study were directly involved in planning, conducting the experiment and analyzing the results obtained. The authors of this article have read the final version and approved it.

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

УДК 636.4.085.25

**ОБМЕН ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЕ ОТКАРМЛИВАЕМОГО МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ
В СВЯЗИ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТЬЮ РАЦИОНОВ**

Злепкина Н. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Саломатин В. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Ряднов А. А., доктор биологических наук, профессор
Варакин А. Т., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Злепкин В. А., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Повышение биологической ценности рационов положительно отражается на уровне обмена веществ в организме откармливаемого молодняка свиней и показателях продуктивности, что является весьма актуальным при ведении современного свиноводства. **Материалы и методы.** Научно-хозяйственный опыт был проведён на трёх группах откармливаемого молодняка свиней. Для этого использовали свиней крупной белой породы. В главном периоде опыта молодняку контрольной группы скармливали основной рацион (ОР), состоящий в 1-й период откорма – из СК-6 и во 2-й период – из СК-7, а в 1 опытной группе дополнительно к ОР ввели кормовую добавку «Тетра +» в количестве 40 г на 1 кг корма, 2 опытную группу – кормили таким же основным рационом, но допол-

нительно давали кормовую добавку «Глималаск» в дозе 40 мг на 1 кг корма. Во время научно-хозяйственного опыта, на его фоне, выполнили физиологические исследования по изучению переваримости рационов откармливаемыми свиньями, баланса в их организме азота и минеральных элементов. **Результаты и выводы.** Исследованиями установлено, что у молодняка свиней 1 и 2 групп опыта были выше коэффициенты переваримости сухого вещества, соответственно на 1,9 ($P<0,01$) и 1,6% ($P<0,05$), органического вещества – на 1,9 ($P<0,01$) и 1,6% ($P<0,01$), сырого протеина – на 2,0 ($P<0,01$) и 1,8% ($P<0,01$), сырого жира – на 2,1 ($P<0,01$) и 1,8% ($P<0,05$), сырой клетчатки – на 1,1 ($P<0,01$) и 0,9% ($P<0,01$), БЭВ – на 1,9 ($P<0,01$) и 1,8% ($P<0,01$), с более высоким уровнем баланса азота, кальция и фосфора в сравнении с контрольной группой. Животные 1 и 2 групп опыта имели большую величину среднесуточного прироста живой массы, а также убойного выхода, соответственно – на 2,1 и 1,7%, массы мяса – на 11,35 и 6,35%. Лучший результат по изучаемым показателям выявлен, при использовании в составе рациона кормовую добавку «Тетра+».

Ключевые слова: *молодняк свиней, откорм молодняка свиней, кормовые добавки, «Тетра+», «Глималаск», переваримость рационов, продуктивные качества свиней.*

Цитирование. 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 НВ АУК.* 2024. 5(77). 240-248. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-26.

Авторский вклад. Все авторы проведенного исследования принимали непосредственное участие в планировании, проведении эксперимента и анализе полученных результатов. Авторы данной статьи ознакомлены с окончательным её вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На данный момент одной из наиболее эффективных, динамично развивающихся в технологическом и селекционном плане отраслей животноводства является свиноводство. Успешное развитие отрасли связано с выращиванием здорового, хорошо растущего молодняка [12].

Сотрудники Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» разработали кормовую добавку «Глималаск». Она состоит из определенной комбинации органических кислот, а именно глицина, яблочной и аскорбиновой кислот. Используют эту добавку в составе рационов крупному рогатому скоту, птице и свиньям, тем самым способствуя улучшению уровня обмена веществ и процесса пищеварения.

Кормовая добавка «Тетра+» разработана как инновационная и полифункциональная сотрудниками Краснодарского НИИ хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. Её используют, профилактируя микотоксикозы, повышая продуктивность животных и птицы, при улучшении качества получаемой продукции. В её состав входит богатый комплекс биологически активных веществ: бета-каротин, диацетофенонилселенид, витамин Е, витамин С и растительные фосфолипиды, растворенные в растительном масле [11].

В работах исследователей выявлено, что повышение биологической ценности рационов положительно отражается на показателях продуктивности [7, 8, 4, 9, 16], уровня обмена веществ в организме животных [3, 6, 14], их физиологического состояния [2, 5, 18, 15], что было актуальным и остаётся им в настоящее время.

Цель исследований – изучение действия кормовых добавок «Тетра+» и «Глималаск» на переваримость и усвоение питательных веществ рациона молодняком свиней в период откорма.

Достигая намеченную цель, решали определённые задачи:

- исследовали влияние испытываемых кормовых добавок на переваримость рационов у откармливаемых свиней;
- изучали баланс и использование азота, кальция и фосфора у молодняка свиней на откорме;
- устанавливали показатели продуктивности откармливаемых свиней.

Материалы и методы. Исследование провели в условиях племязавода им. Ленина Суровикинского района Волгоградской области.

Объектом исследований был молодняк свиней крупной белой породы.

Для научно-хозяйственного опыта, используя метод аналогов, подобрали три группы молодняка свиней, имеющих возраст – 100 дней. Группы формировали крупной белой породой свиней (контрольная, 1 и 2 опытные), в каждой по 20 голов. При постановке живая масса животных составила: в группе контроля – 31,2 кг, 1 группе опыта – 31,1 кг, 2 группе опыта – 31,2 кг.

Опыт провели за 130 дней. Он включал подготовительный период, с продолжительностью 10 дней, переходный – 5 и главный – 115 дней.

Молодняк при отборе в группы был здоровым. Животных содержали в одном корпусе, раздельно по группам, безвыгульно, в станках. В корпусе параметры микроклимата поддерживались приточно-вытяжной вентиляцией и отвечали нормам. Свиней кормили два раза в сутки влажными мешанками. Подача комбикорма осуществлялась по норме. Животные имели свободный подход к воде.

Свиньи получали: в первый период откорма – СК-6, во второй период – СК-7. Комбикорма состояли из пшеницы, ячменя, кукурузы, отрубей пшеничных, шрота подсолнечного и соевого, мясокостной муки, гороха, жировых и минеральных добавок, минерально-витаминного премикса.

В главный период молодняку контрольной группы скармливали основной рацион (ОР) который состоял из СК-6 и СК-7, а животным в 1 опытной группе дополнительно к ОР ввели кормовую добавку «Тетра +» в количестве 40 г на 1 кг корма, 2 опытную группу – кормили таким же ОР, но дополнительно давали кормовую добавку «Глималаск» в дозе 40 мг на 1 кг корма.

Во время научно-хозяйственного опыта выполнили физиологические исследования, изучая при этом переваримость рационов у свиней, баланс в их организме азота и минеральных элементов.

Результаты и обсуждение. Переваримость корма – это способность организма животного расщеплять сложные вещества рационов (кормов) до более простых. Это происходит под действием ферментов желудочно-кишечного тракта и микрофлоры [1].

Однако уровень переваримости корма животными в большой степени зависит от биологической полноценности кормления и в сочетании с другими факторами.

Исследуя переваримость рационов под влиянием испытуемых кормовых добавок, весьма важным считается изучение переваримости сухого вещества потребляемого комбикорма. Результаты такого исследования показаны на рисунке 1.

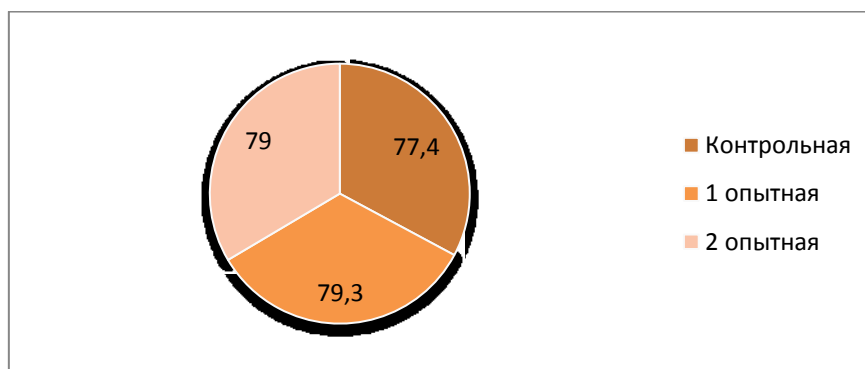


Рисунок 1 – Переваримость сухого вещества рациона свиньями, % (n=3)
Figure 1 – Digestibility of diet dry matter by pigs, % (n=3)

Полученные данные (рисунок 1) показывают, что свиньи в контроле имели в среднем коэффициент переваримости сухого вещества потреблённого комбикорма – 77,4%, а у молодняка 1 и 2 групп опыта этот показатель был с превышением, соответственно на 1,9 (P<0,01) и 1,6% (P<0,05).

Исследованиями по переваримости рационов предусмотрено изучение такого важного показателя, как коэффициент переваримости органического вещества, полученные экспериментальные данные которого показаны на рисунке 2.

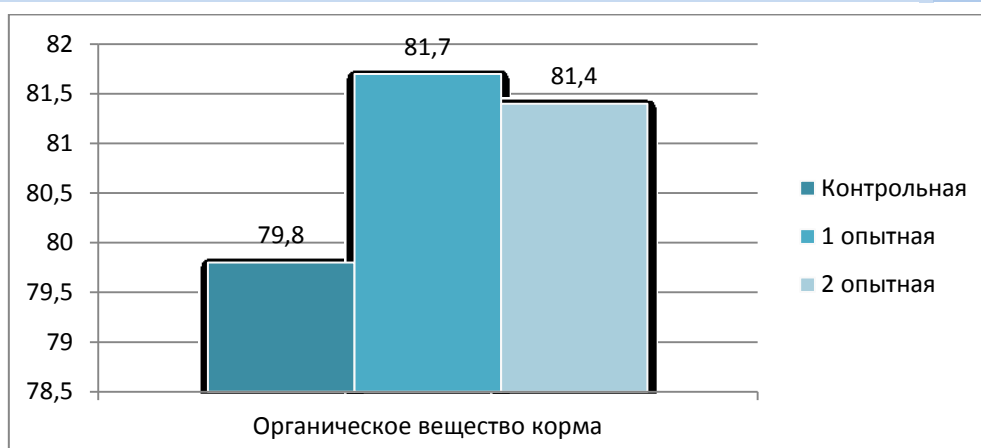


Рисунок 2 – Переваримость органического вещества комбикорма свиньями, % (n=3)
Figure 2 – Digestibility of organic matter of mixed feed by pigs, % (n=3)

Так (рисунок 2), у животных в контроле коэффициент переваримости органического вещества комбикорма – 79,8% уступал такому показателю в 1 группе опыта – на 1,9 ($P<0,01$) и во 2 группе опыта – на 1,6% ($P<0,01$).

Исследуя переваримость рационов, при использовании испытуемых кормовых добавок установили, что также важными показателями служат переваримость сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки и БЭВ потребляемого комбикорма. Результаты данного исследования показаны на рисунке 3.

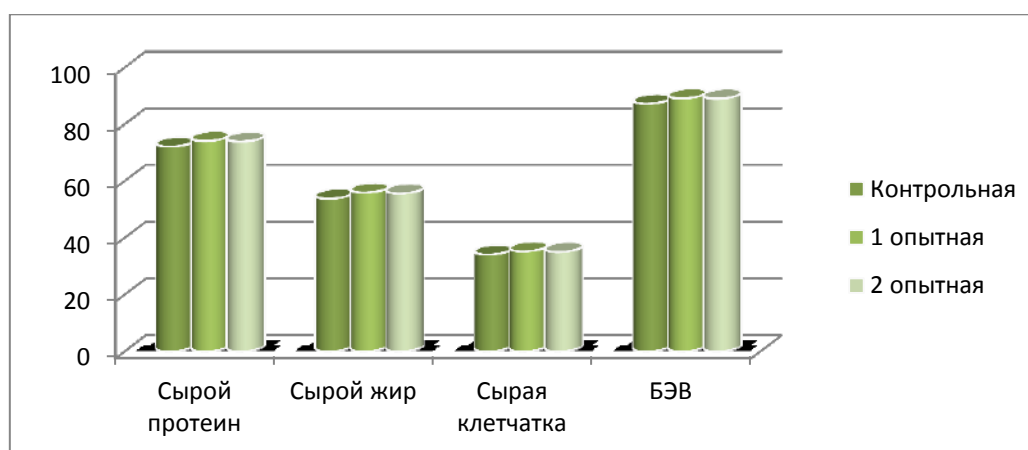


Рисунок 3 – Переваримость сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки и БЭВ из потреблённого корма свиньями, % (n=3)
Figure 3 – Digestibility of crude protein, crude fat, crude fiber and BEVs of feed consumed by pigs, % (n=3)

Полученные результаты (рисунок 3) свидетельствуют о том, что в 1 группе опыта коэффициент переваримости сырого протеина был с превышением – на 2,0 ($P<0,01$) и во 2 группе опыта – на 1,8% ($P<0,01$), в сравнении с контрольной группой – 72,1%.

Животные в 1 и 2 группах опыта имели коэффициент переваримости сырого жира выше, соответственно – на 2,1 ($P<0,01$) и 1,8% ($P<0,05$), чем в контроле – 53,8%.

У свиней контрольной группы коэффициент переваримости сырой клетчатки составил – 34,1%, и поэтому они уступали 1 группе опыта – на 1,1 ($P<0,01$) и 2 группе опыта – на 0,9% ($P<0,01$).

Молодняк в контроле имел коэффициент переваримости БЭВ равный 87,2%, что ниже показателей в 1 и 2 группах опыта соответственно на 1,9 ($P<0,01$) и 1,8% ($P<0,01$).

Авторами отмечено, что органическая часть корма включает азот, который используется при построении у животного мышечной ткани [17].

Поэтому весьма значимыми являются исследования по изучению баланса азота и его усвоения подопытными свиньями.

Результаты потребления азота из рационов молодняком в сравниваемых группах показаны на рисунке 4.

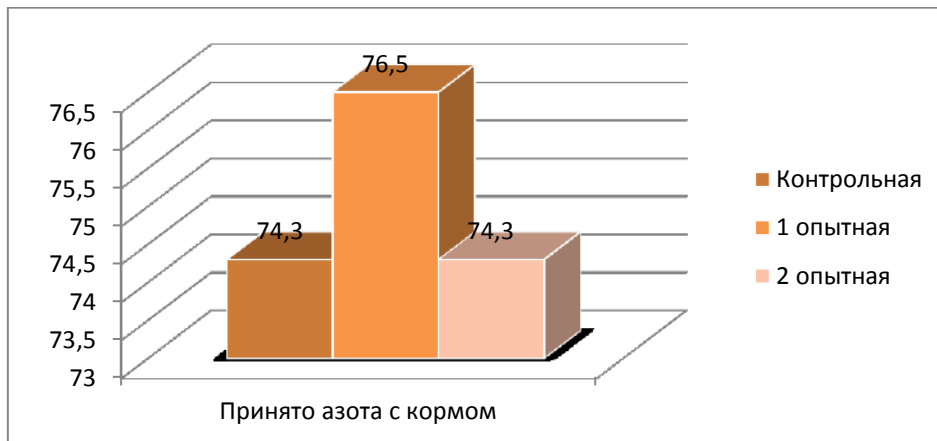


Рисунок 4 – Потреблено азота с рационом, г (n=3)

Figure 4 – Nitrogen consumed in diet, g (n=3)

Согласно полученным экспериментальным данным (рисунок 4), потребление азота с рационом было больше у животных 1 группы опыта – 76,5 г, сравнительно с контролем и 2 группой опыта, соответственно – на 2,2 (3,0%) и 2,2 г (3,0%).

При этом выделено с калом азота в контрольной группе было – 20,7 г, что на 0,9 (4,3%; $P < 0,01$) и 0,7 г (3,4 %; $P < 0,05$) выше, чем у свиней опытных групп.

Большое значение имеет переваримость азота в организме свиней, результаты исследования которого показаны на рисунке 5.

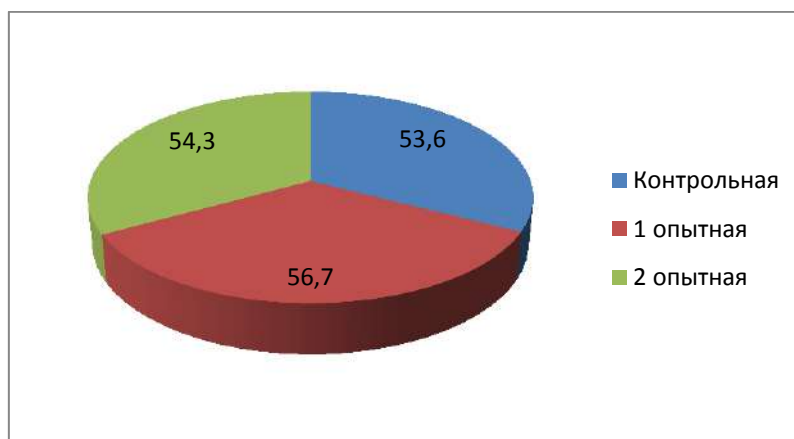


Рисунок 5 – Переварено азота в организме свиней, г (n=3)

Figure 5 – Nitrogen digested in the body of pigs, g (n=3)

При этом (рисунок 5) в 1 и 2 группах опыта переваренного азота составило больше – на 3,1 (5,8%; $P < 0,01$) и 0,7 г (1,3%; $P < 0,05$), соответственно, в сравнении с контрольной – 53,6 г. Выявлено, что различие по данному показателю между 1 и 2 группами было 2,4 г (4,4%; $P < 0,01$), в пользу 1 группы.

Количество выделенного с мочой азота у животных определяется от величины поступившего с его кормом. Самое большое количество азота, выделенного с мочой, установлено у молодняка 2 группы опыта, с разницей в 1,0 (2,8%; $P < 0,01$) и 2,0 г (5,7%; $P < 0,01$), сравнительно с контролем и 2 группой опыта.

Важными являются исследования по изучению баланса азота в организме свиней, результаты которого показаны на рисунке 6.

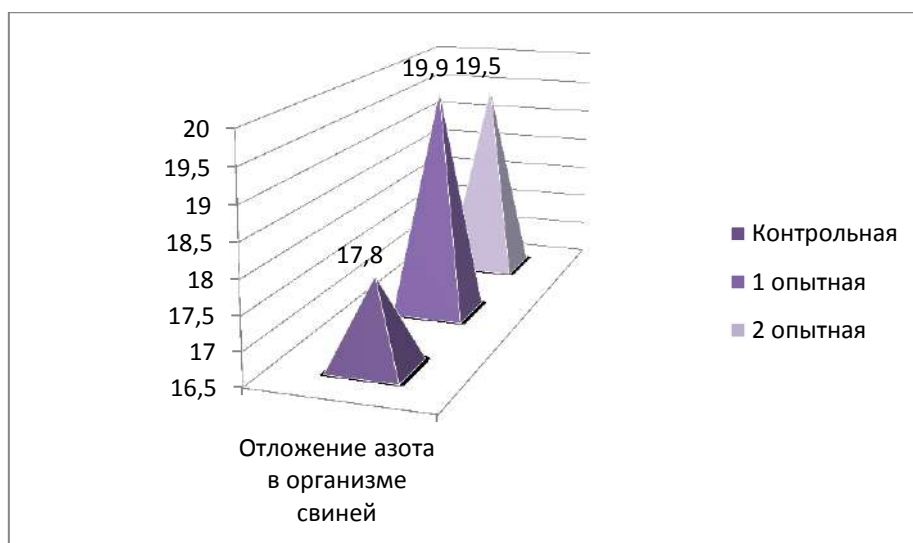


Рисунок 6 – Баланс азота у свиней, г (n=3)

Figure 6 – Nitrogen balance in pigs, g (n=3)

Так (рисунок 6), животные опытных групп (1 и 2), принимавшие кормовые добавки, имели в организме отложение азота больше, чем в группе контроля – 17,8 г, соответственно на 2,1 (11,8%; $P < 0,01$) и 1,7 г (9,6%; $P < 0,01$).

Исследования по изучению баланса азота у свиней сопровождаются экспериментальными данными по его усвоению от принятого с кормом. Такие результаты показаны на рисунке 7.

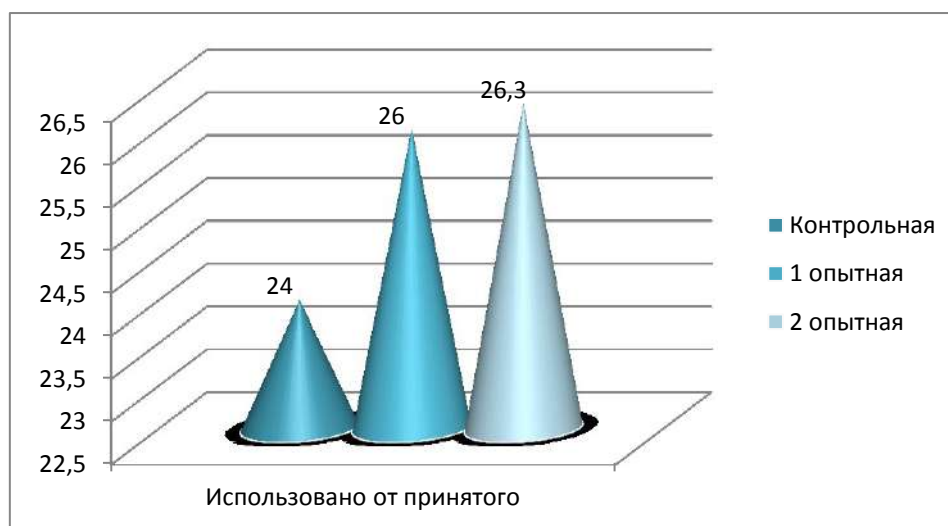


Рисунок 7 – Усвоение азота от принятого с кормом свиньями, % (n=3)

Figure 7 – Assimilation of nitrogen taken with feed by pigs, % (n=3)

Так (рисунок 7), использование азота от принятого с рационом в контроле составило – 24,0%, а в 1 группе опыта было с превышением – на 2,0 ($P < 0,01$) и во 2 группе опыта – на 2,3% ($P < 0,01$).

В исследованиях по балансу азота у свиней предусматривают изучение его усвоения от переваренного количества. Полученные результаты показаны на рисунке 8.



Рисунок 8 – Усвоение азота свиньями от переваренного количества из корма, % (n=3)
Figure 8 – Nitrogen absorption by pigs from the digested amount from feed, % (n=3)

При этом (рисунок 8) в группе контроля использование азота от переваренного составило – 33,2%, а молодняк 1 группы опыта имел данный показатель с превышением – на 1,9 ($P<0,05$) и 2 группы опыта – на 2,7% ($P<0,05$).

Таким образом, лучшее использование азота корма выявлено у молодняка свиней, в комбикорма которым дополнительно вносили испытываемые кормовые добавки.

Исследователи отмечают, что для нормального роста и развития молодняка свиней важны жизненно необходимые макроэлементы – кальций и фосфор, так как они играют важную роль в обмене веществ в организме [13].

Согласно результатам исследования баланс кальция и фосфора в организме свиней был положительным и с преимуществом 1 и 2 групп опыта сравнительно с контрольными животными.

Так, в теле молодняка в контроле было отложено в среднем кальция – 10,3 г, а в 1 группе опыта больше – на 0,4 г и во 2 группе опыта – на 0,2 г. В организме контрольных животных отложение фосфора составило – 6,9 г, а в 1 и 2 группах опыта было с превышением, соответственно – на 1,2 (17,4%; $P<0,01$) и 0,1 г (1,4%).

Отмечено, что биогенные минеральные элементы: кальций и фосфор, принимают участие в образовании костной ткани, а это особенно важно при интенсивном росте молодняка животных [10].

По величине использования кальция от принятого с рационом группа контроля – 41,4% уступала свиньям 1 группы опыта – на 1,2 и 2 группе опыта – на 0,8%. Усвоение фосфора от принятого с кормом в группе контроля составило – 34,5% и было ниже, чем у свиней 1 и 2 групп опыта, соответственно – на 4,3 ($P<0,05$) и 0,5%.

Введение испытываемых кормовых добавок в рационы свиней положительно отразилось на интенсивности роста и мясной продуктивности. Животные 1 и 2 групп опыта, сравнительно с группой контроля, имели выше среднесуточный прирост живой массы, а также убойный выход, соответственно – на 2,1 и 1,7%, массу мяса – на 11,35 и 6,35%.

Выводы. Следовательно, откорм молодняка свиней с введением в рационы кормовых добавок «Тетра+» и «Глималаск», соответственно в количестве 40 г и 40 мг на 1 кг комбикорма позволяет улучшить переваримость питательных веществ потреблённого корма, при более высоких показателях баланса азота и минеральных элементов в организме, по сравнению с контрольной группой. Исследованиями также установлено, что молодняк свиней, которым добавляли кормовую добавку «Тетра+» имел наиболее высокие коэффициенты переваримости питательных веществ корма и лучшие результаты по балансу азота, кальция и фосфора в организме, чем в контроле и 2 опытной группе.

Conclusions. Consequently, fattening young pigs with the introduction of feed additives “Tetra+” and “Glimalask” into the diets, respectively in the amount of 40 g and 40 mg per 1 kg of feed allows you to improve the digestibility of nutrients in consumed feed, with higher levels of balance of

nitrogen and mineral elements in the body, compared to the control group. Research has also found that that young pigs to which the "Tetra+" feed additive was added had the highest coefficients of digestibility of feed nutrients and better results in the balance of nitrogen, calcium and phosphorus in the body, than in the control and experimental group 2.

Библиографический список

1. Алиев М. М., Гулиева К. А. Переваримость питательных веществ комплексного рациона с биоактивными веществами. Вестник АПК Ставрополя. 2018. № 1 (29). С. 57-59.
2. Батанов С. Д., Березкина Г. Ю., Килин В. В. Влияние минеральной добавки «Стимул» на биохимические показатели крови. Учёные записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана. 2014. Т. 220. С. 38-42.
3. Варакин А. Т. и др. Влияние кормовой добавки «Крезацин» на обмен веществ у ремонтных свинок. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 332-338.
4. Варакин А. Т. и др. 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. Варакин А. Т. и др. Гематологические показатели бычков при введении в рационы селенсодержащих добавок. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 209-218.
6. Варакин А. Т. и др. Обмен веществ у телят-молочников в зависимости от уровня крезацина в рационах. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 2 (74). С. 170-178.
7. Варакин А. Т. и др. Органический селен и дрожжевой пробиотик в рационах лактирующих свиноматок. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 152-161.
8. Варакин А. Т. и др. Продуктивность и качество молока лактирующих коров чёрно-пёстрой породы в связи с оптимизацией минерального питания. Эффективное животноводство. 2023. № 5 (187). С. 40-42.
9. Варакин А. Т. и др. Производство говядины с использованием кормовых добавок. Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 282-291.
10. Ермолов С. М. Переваримость и использование питательных веществ рациона супоросных свиноматок под влиянием трепела камышловского месторождения Свердловской области. Аграрный вестник Урала. 2013. № 2 (108). С. 15-17.
11. Казарян Р. В., Фабрицкая А. А., Мирошниченко П. В. Влияние полифункциональной кормовой добавки «Тетра+» на улучшение прижизненного состояния здоровья кур и их продуктивность. Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 3. С. 100-103.
12. Павлова С. В., Козлова Н. А., Щавликова Т. Н. Состояние и развитие племенного сектора отечественного свиноводства. Эффективное животноводство. 2018. № 8 (147). С. 72-75.
13. Рассолов С. Н., Еранов А. М. Баланс азота, кальция и фосфора в рационе ремонтных свинок при скормливании препаратов селена и йода в комплексе с пробиотиком. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 10 (84). С. 54-56.
14. Саломатин В. В. и др. Обмен веществ и естественная резистентность телят при включении в рацион комплексной минеральной добавки. Ветеринария. 2017. № 2. С. 57-59.
15. Симонов Г. А. и др. Влияние минеральной добавки на уровень общего белка и его фракций в сыворотке крови коров. Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 73-79.
16. Степурина М. А. и др. Кормовые добавки для повышения питательной ценности рационов и продуктивности лактирующих коров. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 4 (56). С. 170-179.
17. Херувимских Е. С. и др. Биоконверсия кормов у молодняка свиней под воздействием новой фитобиологической добавки Гербафарм Л. Аграрно-пищевые инновации. 2018. № 1 (1). С. 58-63.
18. Varakin A. T., et al. Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet. International Journal of Innovative. Technology and Exploring Engineering. 2019. V. 9. I. 1. Pp. 3837-3841.

References

1. Aliev M. M., Gulieva K. A. Digestibility of nutrients in a complex diet with bioactive substances. Bulletin of the agrarian and industrial complex of Stavropol region. 2018. No 1 (29). Pp. 57-59.
2. Batanov S. D., Berezkina G. Yu., Kilin V. V. Influence of mineral additive "Stimulus" on blood biochemical parameters. Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman. 2014. V. 220. Pp. 38-42.
3. Varakin A. T., et al. The influence of the feed additive "Krezacin" on the metabolism of replacement pigs. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2023. No 1 (69). Pp. 332-338.
4. Varakin A. T., et al. The effect of a new feed additive on the productivity and physiological parameters of dairy cows. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2021. No 1 (61). Pp. 222-231.

5. Varakin A. T., et al. Hematological parameters of calves with the introduction of selenium-containing additives into diets. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2021. No 3 (63). Pp. 209-218.
6. Varakin A. T., et al. Metabolism in dairy calves depending on the level of crezacin in diets. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2024. No 2 (74). Pp. 170-178.
7. Varakin A. T., et al. Organic selenium and yeast probiotic in the diets of lactating sows. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2021. No 4. (64). Pp. 152-161.
8. Varakin A. T., et al. Productivity and quality of milk of lactating cows of the black-and-white breed in connection with the optimization of mineral nutrition. Efficient livestock farming. 2023. No 5 (187). Pp. 40-42.
9. Varakin A. T., et al. Production of beef using feed additives. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2021. No 3 (63). Pp. 282-291.
10. Ermolov S. M. Digestibility and nutrient utilization of pregnant sow diets under the influence of tripoli from the kamyshevskiy deposit in the Sverdlovsk region. Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. No 2 (108). Pp. 15-17.
11. Kazaryan R. V., Fabritskaya A. A., Miroshnichenko P. V. The influence of the multifunctional feed additive "Tetra+" on improving the lifetime health of chickens and their productivity. Bulletin of the agrarian and industrial complex of Stavropol region. 2015. No 3. Pp.100-103.
12. Pavlova S. V., Kozlova N. A., Shchavlikova T. N. The state and development of the breeding sector of domestic pig farming. Efficient livestock farming. 2018. No 8 (147). Pp. 72-75.
13. Rassolov S. N., Eranov A. M. Balance of nitrogen, calcium and phosphorus in the diet of replacement gilts when feeding selenium and iodine preparations in combination with a probiotic. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2011. No 10 (84). Pp. 54-56.
14. Salomatin V. V., et al. Metabolism and natural resistance of calves when included in the diet of a complex mineral supplement. Veterinary medicine. 2017. No 2. Pp. 57-59.
15. Simonov G. A., et al. The influence of mineral supplements on the level of total protein and its fractions in the blood serum of cows. Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2022. No 1. Pp. 73-79.
16. Stepurina M. A., et al. Feed additives to increase the nutritional value of diets and the productivity of lactating cows. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2019. No 4 (56). Pp. 170-179.
17. Kherubimskikh E. S., et al. Bioconversion of feed in young pigs under the influence of the new phytobiological additive Gerbafarm L. Agricultural and food innovations. 2018. No 1 (1). Pp. 58-63.
18. Varakin A. T., et al. Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet. International Journal of Innovative. Technology and Exploring Engineering. 2019. V. 9. I. 1. Pp. 3837-3841.

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), ORCID 0000-0003-0182-8435, e-mail: zlepkina@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), ORCID 0000-0001-6663-1663, e-mail: viktor.salomatin@internet.ru

Ряднов Алексей Анатольевич, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), ORCID 0000-0003-2364-4944, e-mail: radnov@mail.ru

Варакин Александр Тихонович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Частная зоотехния», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0375-7108>, e-mail: varakinat58@mail.ru

Злепкин Виктор Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Частная зоотехния», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID 0000-0002-0804-7634, e-mail: vzlepkina@mail.ru

Author's Information

Zlepkina Natalia Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of "Production Technologies and Expertise of Goods", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID 0000-0003-0182-8435, e-mail: zlepkina@mail.ru

Salomatin Viktor Vasilievich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of "Particular Animal Science", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID 0000-0001-6663-1663, e-mail: viktor.salomatin@internet.ru

Ryadnov Aleksey Anatolyevich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of "Veterinary and Sanitary Expertise, Contagious Diseases and Morphology", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID 0000-0003-2364-4944, e-mail: radnov@mail.ru

Varakin Aleksander Tikhonovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of "Particular Animal Science", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0375-7108>, e-mail: varakinat58@mail.ru

Zlepkina Viktor Aleksandrovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of "Particular Animal Science", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID 0000-0002-0804-7634, e-mail: vzlepkina@mail.ru

BIOLOGICAL EFFECT OF ZN-C NANOCOMPOSITE ON THE FISH ORGANISM¹Kilyakova Yu. V., ¹Miroshnikova E. P., ¹Arinzhanov A. E., ^{1,2}Mingazova M. S.¹Orenburg State University²Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences
Orenburg, Russian Federation

Corresponding author E-mail: fish-ka06@mail.ru

Received 15.05.2024

Submitted 01.10.2024

*This work was supported by the Russian Science Foundation, project No. 23-76-10054***Abstract**

Introduction. Metal particles in nanoform have found application in animal husbandry in the creation of feed rations. Due to their ultra-small size, such particles penetrate the body much faster and become more active. Micronutrients in the form of nanocomposite influence all processes of vital activity of the organism, composition of intestinal microbiome, immunity, and increase antioxidant activity. Zinc (Zn) is one of the most important trace elements in the nutrition of both warm-blooded and cold-blooded animals. As an immunomodulatory element, zinc stabilizes microflora and creates a protective layer in the small intestine. Metal nanoparticles in aquaculture have potential applications in several areas: as an antibacterial agent to improve water quality and prevent infectious diseases, as a sorbent of various contaminants, to increase the nutritional properties of feed, to stimulate growth and to enhance immune defense. The aim of the study was to evaluate the biological effect of Zn-C nanocomposite on growth, morphological and biochemical blood parameters of young carp. **Object.** Carp (*Cyprinus carpio*) seedlings weighing 25.0 ± 0.2 g were reared in grow-out ponds on domestic starter feeds. **Materials and methods.** The studies were conducted at the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Orenburg State University". Three groups of fish ($n = 15$) were formed by the method of pair-analogs. The control group received the main diet (OR), experimental groups in addition to the main diet received Zn-C nanocomposite in the amount of 0.8 mg/kg of feed (I group), 2 mg/kg of feed (II experimental group). During the experiment, the dynamics of body weight was determined to study the growth and development of carp. The study of hematological blood picture included the study of morphological and biochemical parameters. **Results and conclusions.** In the form of nanocomposite Zn-C is more bioavailable and better absorbed in the intestine. The best result was obtained in the experimental group, in which Zn-C nanocomposite was added in addition to the main diet in the amount of 0.8 mg/kg of feed.

Keywords: carp, carp feeding, nanocomposite, carp growth, biochemical parameters of carp blood, feed additives.

Citation. Kilyakova Yu. V., Miroshnikova E. P., Arinzhanov A. E., Mingazova M. S. Biological effect of Zn-C nanocomposite on the fish organism. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 249-255 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-27.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in planning, conducting and analyzing the results obtained. The submitted article was approved by all authors.

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

УДК 577.1:639.3.043

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ НАНОКОМПОЗИТА ZN-C НА ОРГАНИЗМ РЫБ¹Килякова Ю. В., кандидат биологических наук, доцент¹Мирошникова Е. П., доктор биологических наук, профессор¹Аринжанов А. Е., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент^{1,2}Мингазова М. С., аспирант¹ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»²ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН

г. Оренбург, Российская Федерация

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-76-10054

Актуальность. Частицы металлов в наноформе нашли применение в животноводстве при создании кормовых рационов. Благодаря своим ультрамалым размерам такие частицы гораздо быстрее проникают в организм и активнее начинают действовать. Микроэлементы в форме наноконкомпозита оказывают влияние на все процессы жизнедеятельности организма, состав микробиома кишечника, иммунитет, повышают антиоксидантную активность. Цинк (Zn) – один из важнейших микроэлементов в питании как теплокровных, так и холоднокровных животных. Являясь иммуномодули-

рующим элементом, цинк стабилизирует микрофлору и создает защитный слой в тонком отделе кишечника. Наночастицы металлов в аквакультуре имеют потенциальное применение в нескольких областях: в качестве антибактериального средства для улучшения качества воды и профилактики инфекционных болезней, сорбента различных загрязнителей, для увеличения питательных свойств корма, стимуляции роста и усиления иммунной защиты. Цель исследования – оценить биологическое действие нанокompозита Zn-C на рост, морфологические и биохимические показатели крови молоди карпа. **Объект.** Сеголетки карпа (*Cyprinus carpio*) навеской $25,0 \pm 0,2$ г, которые выращивались в выростных прудах на отечественных стартовых кормах. **Материалы и методы.** Исследования были проведены на базе кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет». Методом пар-аналогов были сформированы три группы рыб ($n = 15$). Контрольная группа получала основной рацион (ОР), опытные группы дополнительно к основному рациону получали нанокompозит Zn-C в количестве 0,8 мг/кг корма (I группа), 2 мг/кг корма (II опытная группа). В ходе эксперимента для исследования роста и развития карпа определяли динамику массы тела. Изучение гематологической картины крови включало в себя исследование морфологических и биохимических показателей. **Результаты и выводы.** В форме нанокompозита Zn-C более биодоступен и лучше абсорбируется в кишечнике. Наилучший результат был получен в опытной группе, в которой дополнительно к основному рациону добавлялся нанокompозит Zn-C в количестве 0,8 мг/кг корма.

Ключевые слова: карп, кормление карпа, нанокompозит, прирост карпа, биохимические показатели крови карпа, кормовые добавки.

Цитирование. Киякова Ю. В., Мирошникова Е. П., Аринжанов А. Е., Мингазова М. С. Биологическое действие нанокompозита Zn-C на организм рыб. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 249-255. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-27.

Авторский вклад. Все авторы данного исследования принимали непосредственное участие в планировании, проведении и анализе полученных результатов. Представленная статья одобрена всеми авторами.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Человеку во все времена для нормальной жизнедеятельности необходимы были качественные продукты питания как растительного, так и животного происхождения. Рыба признана источником высококачественного белка, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов [1]. На фоне сокращающегося количества естественных запасов гидробионтов в мировом океане на первое место по обеспечению людей рыбной продукцией выходит аквакультура.

Аквакультура в настоящее время в Российской Федерации и во многих других странах мира – активно развивающаяся отрасль сельского хозяйства. Увеличение масштабов производства товарной рыбы невозможно без сбалансированных рационов кормления, оптимальных условий выращивания и механизации. Для интенсификации процессов выращивания рыб и снижения себестоимости получаемой продукции необходимы новые исследования в этой области.

Частицы металлов в наноформе нашли применение в животноводстве при создании кормовых рационов. Благодаря своим ультрамалым размерам такие частицы гораздо быстрее проникают в организм и активнее начинают действовать. Микроэлементы в форме нанокompозита оказывают влияние на все процессы жизнедеятельности организма, состав микробиома кишечника, иммунитет, повышают антиоксидантную активность [2].

Цинк (Zn) – один из важнейших микроэлементов в питании как теплокровных, так и холоднокровных животных. Являясь иммуномодулирующим элементом, цинк стабилизирует микрофлору и создает защитный слой в тонком отделе кишечника. Проявляется таким образом подавление воспалительных процессов цинком в организме и пищеварительном тракте [3].

Наночастицы металлов в аквакультуре имеют потенциальное применение в нескольких областях: в качестве антибактериального средства для улучшения качества воды и профилактики инфекционных болезней, сорбента различных загрязнителей, для увеличения питательных свойств корма, стимуляции роста и усиления иммунной защиты [4]. Однако необходимо отметить, что использование наночастиц металлов в рыбоводстве также может иметь негативные последствия. Излишнее применение или неправильно выбранная концентрация могут оказывать токсические воздействия на рыб и окружающую среду [5]. Поэтому необходимо проводить дальнейшие исследования для оценки безопасности и выявления допустимых дозировок для различных объектов аквакультуры.

Цель исследования – оценить биологическое действие нанокompозита Zn-C на рост, морфологические и биохимические показатели крови молоди карпа.

Материалы и методы. Исследования были проведены на базе кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет». Объект исследования – сеголетки карпа (*Cyprinus carpio*) навеской $25,0 \pm 0,2$ г, которые выращивались в выростных прудах на отечественных стартовых кормах. Длительность учетного периода – 56 суток.

Методом пар-аналогов были сформированы три группы рыб ($n = 15$). Контрольная группа получала основной рацион (ОР), опытные группы дополнительно к основному рациону получали нанокompозит Zn-C в количестве 0,8 мг/кг корма (I группа), 2 мг/кг корма (II опытная группа).

В качестве основного рациона использовался комбикорм «КРК-110» компании ОАО «Оренбургский кормовой завод» (Россия, г. Оренбург).

Нанокompозит Zn-C (40-60 нм) представляет собой углеродную матрицу с наночастицами цинка. Нанокompозит получен плазменно-дуговой технологией синтеза на углеродной матрице в Институте теплофизики им. С. С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН. Способ синтеза включает распыление в плазме электрического дугового разряда постоянного тока в атмосфере инертного газа композитного электрода в виде графитового стержня с просверленной полостью, в которую запрессована смесь порошков металла и углерода в виде графита.

Условия содержания рыб во время проведения исследования соответствовали оптимальным для роста и развития: плотность посадки 15 штук карпа на аквариум объемом 300 литров, температура 24 ± 1 °C, концентрация кислорода в воде 6,0-8,0 мг/л, водородный показатель (pH) 6,5-7,0 (слабокислая-нейтральная среда). Кормление проводилось в светлое время суток с помощью автоматических кормушек «Automatic Pond-Fish Feeder» 3 раза в сутки (в 7 ч, 13 ч и 19 ч), суточная норма корма 5% от массы тела [6].

В ходе эксперимента для исследования роста и развития карпа определяли динамику массы тела. Изучение гематологической картины крови включало в себя исследование морфологических и биохимических показателей. Гематологические исследования проводились по общепринятым методикам [7] в Испытательном центре ЦКП ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН.

Обработка результатов исследований проводилась с помощью программы Microsoft Excel. Уровень различий оценивали с помощью критерия достоверности Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Масса рыбы, а также прирост за период выращивания – одни из значимых показателей во время поиска оптимальных дозировок безопасных кормовых добавок. Анализ результатов нашего исследования показал достоверное значительное увеличение живой массы карпа в опытных группах, начиная с четвертой недели эксперимента (в I группе на 7,6% ($P \leq 0,05$), во II группе на 8,8% ($P \leq 0,05$) относительно контроля). Такая тенденция сохранялась до конца учетного периода. Наилучший ростостимулирующий эффект был получен в группе, получавшей в качестве кормовой добавки нанокompозит Zn-C в дозировке 0,8 мг/кг корма (достоверное превышение живой массы молоди карпа на 18,3% ($P \leq 0,05$)) (рисунок 1).

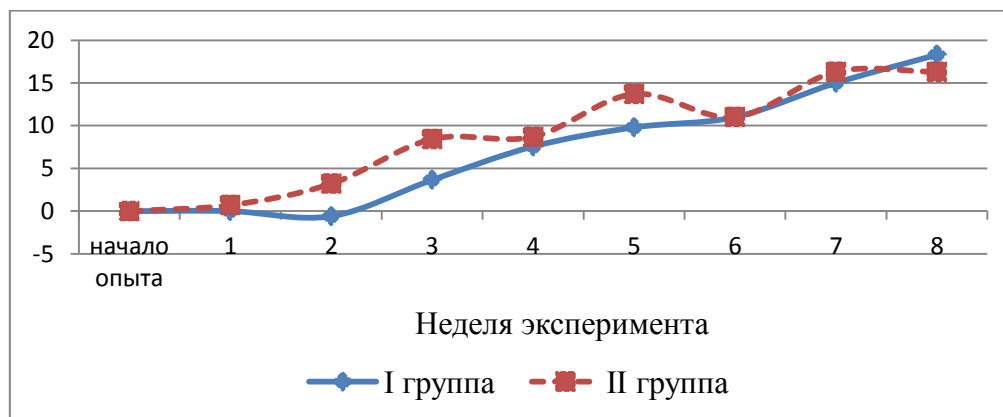


Рисунок 1 – Динамика прироста живой массы карпа, г
Figure 1 – Dynamics of carp live weight gain, g

Кровь очень активно реагирует на все изменения, происходящие в организме. Включение в рацион УДЧ цинка в форме нанокомпозита Zn-C повлияло также на гематологические показатели молоди карпа (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Морфологические показатели крови карпа

Table 1 – Morphological indices of carp blood

Наименование показателей / Name of indicators	Контроль / Control	I	II
Эритроциты, $10^{12}/л$ / Erythrocytes, $10^{12}/l$	$0,75 \pm 0,045$	$0,76 \pm 0,038$	$0,87 \pm 0,045^*$
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	$132,1 \pm 2,7$	$145,6 \pm 3,5^{**}$	$138 \pm 5,0$
Лейкоциты, $10^9/л$ / Leukocytes, $10^9/l$	$117,5 \pm 4,1$	$112,8 \pm 3,5$	$115,1 \pm 4,4$
Гематокрит, % / Hematocrit, %	$15,9 \pm 1,2$	$16,3 \pm 1,0$	$18,8 \pm 0,7^*$
Тромбоциты, $10^9/л$ / Platelets, $10^9/L$	$15,1 \pm 0,8$	$14,4 \pm 1,3$	$15,2 \pm 1,2$
Средний объем эритроцитов, % / Average erythrocyte volume, %	$210,1 \pm 3,3$	$208,6 \pm 3,95$	$216,5 \pm 4,78$
Индекс распределения эритроцитов, % / Erythrocyte distribution index, %	$34,4 \pm 1,4$	$40 \pm 1,47$	$35,3 \pm 1,45$
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л / Average hemoglobin concentration in an erythrocyte, g/l	$825,2 \pm 18,7$	$956,6 \pm 36,7^*$	$722 \pm 20,1^{**}$

Примечание: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$.

Note: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$.

Таблица 2 – Биохимические показатели сыворотки крови карпа

Table 2 – Biochemical parameters of carp blood serum

Наименование показателей / Name of indicators	Группа / Group		
	контроль / control	I	II
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	$8,83 \pm 0,06$	$9,13 \pm 0,32$	$8,91 \pm 0,07$
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	$31,5 \pm 1,24$	$32,53 \pm 1,67$	$31,61 \pm 1,33$
Альбумин, г/л / Albumin, g/l	$23,1 \pm 1,1$	$23,67 \pm 1,15$	$23,6 \pm 0,58$
АСТ, Ед/л / AST, U/l	$31,9 \pm 2,25$	$33,6 \pm 1,23$	$32,0 \pm 1,75$
АЛТ, Ед/л / ALT, U/l	$32,5 \pm 1,71$	$42,9 \pm 1,9^*$	$32,1 \pm 2,1$
Билирубин общий, мкмоль/л / Total bilirubin, $\mu\text{mol}/l$	$12,34 \pm 1,58$	$13,41 \pm 1,61$	$11,82 \pm 1,49$
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	$1,56 \pm 0,21$	$1,47 \pm 0,12$	$1,54 \pm 0,17$
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmol/l	$2,94 \pm 0,25$	$2,82 \pm 0,21$	$2,93 \pm 0,3$
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	$6,7 \pm 0,3$	$6,0 \pm 0,35$	$6,4 \pm 0,27$
Мочевая кислота, мкмоль/л / Uric acid, $\mu\text{mol}/l$	$314 \pm 12,5$	$300 \pm 16,1$	$269 \pm 12,5$
Креатинин, мкмоль/л / Creatinine, $\mu\text{mol}/l$	$0,73 \pm 0,05$	$0,19 \pm 0,023^{***}$	$0,57 \pm 0,067^*$
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l	$1,1 \pm 0,09$	$0,97 \pm 0,09$	$1,10 \pm 0,12$
Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/l	$1,86 \pm 0,15$	$1,87 \pm 0,09$	$1,86 \pm 0,12$
Железо, мкмоль/л / Iron, $\mu\text{mol}/l$	$22,4 \pm 1,4$	$29,7 \pm 2,72^*$	$21,1 \pm 1,55$

Примечание: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$; *** - $P \leq 0,001$.

Note: * - $P \leq 0,05$; ** - $P \leq 0,01$; - $P \leq 0,001$.

Количество эритроцитов в опытных группах было несколько выше контроля, во II группе превышение составило 16% ($P \leq 0,05$). Содержание гемоглобина аналогично количеству эритроцитов оказалось выше физиологической нормы во всех опытных группах, достоверное отклонение в большую сторону относительно контроля зафиксировано в I группе (на 10,2% ($P \leq 0,01$)). Высокие значения этих показателей говорят об активации физиологических процессов у рыб (дыхание, метаболизм, иммунологическая защита) [8, 9]. Об активных окислительно-восстановительных реакциях в организме карпа свидетельствует повышенный гематокрит относительно контрольной группы (во II группе на 18,2% – ($P \leq 0,05$)). Средняя концентрация гемоглобина в эритроците оказалась достоверно выше в I опытной

группе на 15,9% ($P \leq 0,05$) относительно контроля, а во II группе ниже контроля на 12,5% ($P \leq 0,01$). Средний объем эритроцитов, индекс распределения эритроцитов, а также количество лейкоцитов и тромбоцитов не имели достоверных отличий с контрольной группой и были в пределах физиологической нормы для молоди карпа. Нормальные показатели морфологического состава крови рыб в опытных группах свидетельствуют о стабильности белков плазмы крови, оптимальном насыщении кислородом тканей и органов, а также отсутствии воспалительных процессов и патологических состояний в организме [10].

Для более полной оценки биологического действия нанокompозита Zn-C на организм карпа проведен биохимический анализ сыворотки крови. Глюкоза, общий белок и альбумин в опытных группах незначительно превышали значения этих показателей в контрольной группе и были выше физиологической нормы [8]. Превышение показателей связано с усилением защитных функций организма, активацией роста, синтеза белка и обменных процессов. А белки в свою очередь способствуют поддержанию оптимального объема крови в организме [9]. Включение нанокompозита Zn-C в основной рацион повлияло на активность ферментов аланинаминотрансферазы (АЛТ) и аспартатаминотрансферазы (АСТ) в опытных группах. Так, в I группе уровень АЛТ был достоверно выше контроля на 32% ($P \leq 0,05$). Цинк в формате нанокompозита проявил себя как активатор синтеза аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы [11]. Билирубин общий, холестерин, триглицериды, мочевины и мочевая кислота имели значения несколько ниже контрольной группы, но во всех группах в пределах физиологической нормы [8, 10]. Креатинин имел достоверно низкие значения по сравнению с контролем: в I группе на 74% ($P \leq 0,001$), во II группе – на 22% ($P \leq 0,05$).

Из минеральных соединений только содержание железа было достоверно выше в I группе на 32,6% ($P \leq 0,05$). Содержание кальция и фосфора в опытных группах не имело существенных различий с контролем, а значит, ингибирования ионами Zn^{2+} не происходило.

Цинк является микроэлементом, который играет значительную роль в организме рыб. Участвует в обмене веществ, включая углеводный, белковый и липидный обмен, синтезе белка, способствует активации иммунных клеток и антиоксидантной защите организма, помогая справляться с болезнями, необходим для нормального формирования тканей и органов [12, 13, 14]. Цинк имеет большое значение для процессов размножения рыб. Он участвует в синтезе гормонов, регулирующих процессы размножения и сперматогенеза у самцов, а также функции яичников и яйцеклеток у самок. Цинк способствует сохранению здоровья кожи и чешуи рыб. Он помогает поддерживать нормальную структуру эпителиальных тканей и укреплять защитные барьеры организма от внешних факторов. Цинк участвует в обмене оксида азота, который играет важную роль в регуляции сосудистого тонуса и давления у рыб. Это влияет на общее здоровье сердечно-сосудистой системы [15, 16].

В целом значения морфологических и биохимических показателей молоди карпа в проведенном исследовании подтверждают физиологически нормальное состояние рыб на фоне активации многих жизненно важных процессов и отсутствии воспалительных реакций.

Заключение. Являясь компонентом органов и тканей организма, цинк оказывает ростостимулирующее влияние, улучшает пищеварение, стимулируя синтез пищеварительных ферментов и регулируя количество патогенной микрофлоры, активизирует метаболизм и иммунные реакции. В форме нанокompозита Zn-C более биодоступен и лучше абсорбируется в кишечнике [17, 18, 19]. Наилучший результат был получен в опытной группе, в которой дополнительно к основному рациону добавлялся нанокompозит Zn-C в количестве 0,8 мг/кг корма.

Conclusions. Being a component of organs and tissues of the body, zinc has a growth-stimulating effect, improves digestion by stimulating the synthesis of digestive enzymes and regulating the amount of pathogenic microflora, activates metabolism and immune reactions. In nanocomposite form, Zn-C is more bioavailable and better absorbed in the intestine [17, 18, 19]. The best result was obtained in the experimental group, in which Zn-C nanocomposite was added in addition to the main diet in the amount of 0.8 mg/kg of feed.

Библиографический список

1. Агапова В. Н., Ранделин Д. А., Кравченко Ю. В., Новокшченнова А. И. Эффективность применения белкового сырья микробного синтеза – гаприн на показатели роста и развития стерляди. Известия НВ АУК. 2023. № 2 (70). С. 401-407.
2. Аринжанова М. С. Ультрадисперсные препараты металлов микроэлементов: опыт использования и перспективы применения в аквакультуре (обзор). Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 1. С. 8-30.
3. Лютых О. Большая роль микроэлементов. Эффективное животноводство. 2020. № 4 (161). С. 95-99.
4. Аринжанова М. С., Мирошникова Е. П., Аринжанов А. Е., Килякова Ю. В. Влияние ультрадисперсных частиц цинка и фитобиотической добавки на основе эфирных масел на рост и элементный состав мышечной ткани карпа. Ветеринария и кормление. 2024. № 1. С. 21-23.
5. Abdel-Daim M. M., Eissa I. A. M., Abdeen A., Abdel-Latif H. M. R., Ismail M., Dawood M. A. O., Hassan A. M. Lycopene and resveratrol ameliorate zinc oxide nanoparticles-induced oxidative stress in Nile tilapia. *Oreochromis niloticus*. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2019. V. 69. Pp. 44-50.
6. Мирошникова Е. П., Клычкова М. В., Аринжанов А. Е. Практикум по кормлению рыб. Оренбург: ОГУ, 2016. 127 с.
7. Басонов О. А., Судакова А. В. Сравнительная характеристика гематологических показателей осетровых разных генотипов, выращенных в условиях замкнутого водоснабжения. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (96). С. 330-334.
8. Ахметова В. В., Васина С. Б. Оценка морфологической и биохимической картины крови карповых рыб, выращиваемых в ООО «Рыбхоз» Ульяновского района Ульяновской области. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3 (31). С. 53-58.
9. Мирошникова Е. П., Аринжанов А. Е., Килякова Ю. В. Изменение гематологических параметров карпа под влиянием наночастиц металлов. Достижения науки и техники АПК. 2013. № 5. С. 55-57.
10. Ахметова В. В., Васина С. Б. Влияние условий обитания на морфофункциональные показатели крови карпа. Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: материалы национальной научно-практической конференции. 2016. С. 10-12.
11. Мусаева М. Н. Значение микроэлементов в кормлении крупного рогатого скота (обзор). Прикаспийский вестник ветеринарии. 2023. № 4 (5). С. 69-75.
12. Мирошникова Е. П., Аринжанов А. Е., Килякова Ю. В. Особенности обмена химических элементов в организме рыб при введении в рацион биодобавок и наночастиц железа. Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 6 (206). С. 80-84.
13. El-Badawy A. S., Hassaan M. S., Abdel-Hameid N. H., El-Ezaby M. M., El-Serafy S. Synergistic Effects Between Dietary Zinc Form Supplementation and Dietary Protein Levels on Performance, Intestinal Functional Topography, Hemato-biochemical Indices, Immune, Oxidative Response, and Associated Gene Expression of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*. *Biol Trace Elem Res*. 2022. No 200 (7). Pp. 3412-3428.
14. Awad A., Zagloul A. W., Ahmed S. A. A., Khalil S. R. Transcriptomic profile change, immunological response and disease resistance of *Oreochromis niloticus* fed with conventional and Nano-Zinc oxide dietary supplements. *Fish Shellfish Immunol*. 2019. No 93. Pp. 336-343.
15. Mahboub H. H., Shahin K., Zagloul A. W., Roushdy E. M., Ahmed S. A. A. Efficacy of nano zinc oxide dietary supplements on growth performance, immunomodulation and disease resistance of African catfish *Clarias gariepinus*. *Dis Aquat Organ*. 2020. V. 17. No 142. Pp. 147-160.
16. Kumar N., Singh D. K., Chandan N. K., Thorat S. T., Patole P. B., Gite A., Reddy K. S. Nano-zinc enhances gene regulation of non-specific immunity and antioxidative status to mitigate multiple stresses in fish. *Sci Rep*. 2023. V. 28. No 13 (1). P. 5015.
17. Кузьмина В. В. Влияние цинка и меди на активность протеаз пищеварительного тракта, обеспечивающих неспецифическую защиту рыб. Труды ВНИРО. 2016. Т. 162. С. 64-72.
18. Мирошникова Е. П., Сизенцов А. Н., Аринжанов А. Е., Килякова Ю. В. Обзор метааналитических эмпирических данных использования наночастиц эссенциальных элементов в аквакультуре. Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 1. С. 21-34.
19. Ibrahim M. S., El-Gendi G. M. I., Ahmed A. I., El-Haroun E. R., Hassaan M. S. Nano Zinc Versus Bulk Zinc Form as Dietary Supplied: Effects on Growth, Intestinal Enzymes and Topography, and Hemato-biochemical and Oxidative Stress Biomarker in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758). *Biol Trace Elem Res*. 2022. No 200 (3). Pp. 1347-1360.

References

1. Agapova V. N., Randelin D. A., Kravchenko Y. V., Novokshchenova A. I. Efficiency of application of protein raw materials of microbial synthesis - haprin on growth and development indicators of sterlet. *Izvestiya NV AUK*. 2023. No 2 (70). Pp. 401-407.
2. Arinzhanova M. S. Ultradisperse preparations of trace element metals: experience of use and prospects of application in aquaculture (review). *Animal husbandry and fodder production*. 2022. V. 105. № 1. Pp. 8-30.
3. Lyutykh O. The big role of microelements. *Effektivnoe zhivodstvo*. 2020. № 4 (161). Pp. 95-99.
4. Arinzhanova M. S., Miroshnikova E. P., Arinzhanov A. E., Kilyakova Y. V. Effect of ultradisperse zinc particles and phytobiotic additive based on essential oils on growth and elemental composition of carp muscle tissue. *Veterinary science and feeding*. 2024. № 1. Pp. 21-23.
5. Abdel-Daim M. M., Eissa I. A. M., Abdeen A., Abdel-Latif H. M. R., Ismail M., Dawood M. A. O., Hassan A. M. Lycopene and resveratrol ameliorate zinc oxide nanoparticles-induced oxidative stress in Nile tilapia. *Oreochromis niloticus*. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2019. V. 69. Pp. 44-50.

6. Miroshnikova E. P., Klychkova M. V., Arinzhanov A. E. Practicum on fish feeding. Orenburg State University. Orenburg: OGU, 2016. 127 p.
7. Basonov O. A., Sudakova A. V. Comparative Characteristics of Hematological Indicators of Sturgeon of Different Genotypes Grown in Conditions of Confined Water Supply. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2022. № 4 (96). Pp. 330-334.
8. Akhmetova V. V., Vasina S. B. Evaluation of morphological and biochemical blood picture of carp fishes grown in LLC "Rybkhoz" of Ulyanovsky district of Ulyanovsk region. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2015. № 3 (31). Pp. 53-58.
9. Miroshnikova E. P., Arinzhanov A. E., Kilyakova Y. V. Changes in hematological parameters of carp under the influence of metal nanoparticles. Achievements of science and technology of agroindustrial complex. 2013. № 5. Pp. 55-57.
10. Akhmetova V. V., Vasina S. B. Influence of habitat conditions on morphofunctional indices of carp blood. State and ways of development of aquaculture in the Russian Federation in the light of import substitution and ensuring food security of the country: materials of the national scientific-practical conference. 2016. Pp. 10-12.
11. Musaeva M. N. Significance of trace elements in cattle feeding (review). Caspian Veterinary Gazette. 2023. № 4 (5). C. 69-75.
12. Miroshnikova E. P., Arinzhanov A. E., Kilyakova Y. V. Features of chemical elements metabolism in fish organism at introduction of bioadditives and iron nanoparticles into the diet. Bulletin of Orenburg State University. 2017. № 6 (206). C. 80-84.
13. El-Badawy A. S., Hassaan M. S., Abdel-Hameid N. H., El-Ezaby M. M., El-Serafy S. Synergistic Effects Between Dietary Zinc Form Supplementation and Dietary Protein Levels on Performance, Intestinal Functional Topography, Hemato-biochemical Indices, Immune, Oxidative Response, and Associated Gene Expression of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*. Biol Trace Elem Res. 2022. No 200 (7). Pp. 3412-3428.
14. Awad A., Zagloul A. W., Ahmed S. A. A., Khalil S. R. Transcriptomic profile change, immunological response and disease resistance of *Oreochromis niloticus* fed with conventional and Nano-Zinc oxide dietary supplements. Fish Shellfish Immunol. 2019. No 93. Pp. 336-343.
15. Mahboub H. H., Shahin K., Zagloul A. W., Roushdy E. M., Ahmed S. A. A. Efficacy of nano zinc oxide dietary supplements on growth performance, immunomodulation and disease resistance of African catfish *Clarias gariepinus*. Dis Aquat Organ. 2020. V. 17. No 142. Pp. 147-160.
16. Kumar N., Singh D. K., Chandan N. K., Thorat S. T., Patole P. B., Gite A., Reddy K. S. Nano-zinc enhances gene regulation of non-specific immunity and antioxidative status to mitigate multiple stresses in fish. Sci Rep. 2023. V. 28. No 13 (1). P. 5015.
17. Kuzmina V. V. Effect of zinc and copper on the activity of digestive tract proteases providing nonspecific defense of fish. Proceedings of VNIRO, 2016. V. 162. Pp. 64-72.
18. Miroshnikova E. P., Sizentsov A. N., Arinzhanov A. E., Kilyakova Y. V. Review of meta-analytical empirical data on the use of nanoparticles of essential elements in aquaculture. Animal husbandry and fodder production. 2023. V. 106. № 1. Pp. 21-34.
19. Ibrahim M. S., El-Gendi G. M. I., Ahmed A. I., El-Haroun E. R., Hassaan M. S. Nano Zinc Versus Bulk Zinc Form as Dietary Supplied: Effects on Growth, Intestinal Enzymes and Topography, and Hemato-biochemical and Oxidative Stress Biomarker in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758). Biol Trace Elem Res. 2022. No 200 (3). Pp. 1347-1360.

Информация об авторах

Килиякова Юлия Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» (Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, проспект Победы, д. 13), <https://orcid.org/0000-0002-2385-264X>, e-mail: fish-ka06@mail.ru

Мирошникова Елена Петровна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биотехнологии животного сырья и аквакультуры ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» (Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, проспект Победы, д. 13), <https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>, e-mail: elenaakva@rambler.ru

Аринжанов Азамат Ерсайнович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» (Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, проспект Победы, д. 13), <https://orcid.org/0000-0001-6534-7118>, e-mail: arin.azamat@mail.ru

Мингазова Марина Сергеевна, ассистент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» (Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, проспект Победы, д. 13), аспирант 2 года обучения Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской Академии наук (Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, проспект Победы, д. 13), <https://orcid.org/0000-0002-2818-1312>, e-mail: zueva@ms-98.ru

Author's Information

Kilyakova Julia Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University (Russian Federation, 460018, Orenburg, Pobedy Avenue, 13), <https://orcid.org/0000-0002-2385-264X>, e-mail: fish-ka06@mail.ru

Miroshnikova Elena Petrovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University (Russian Federation, 460018, Orenburg, Pobedy Avenue, 13), <https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>, e-mail: elenaakva@rambler.ru

Arinzhanov Azamat Ersainovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University (Russian Federation, 460018, Orenburg, Pobedy Avenue, 13), <https://orcid.org/0000-0001-6534-7118>, e-mail: arin.azamat@mail.ru

Mingazova Marina Sergeevna, assistant of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University (Russian Federation, 460018, Orenburg, Pobedy Avenue, 13), 2nd year postgraduate student of the Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460018, Orenburg, Pobedy Avenue, 13), <https://orcid.org/0000-0002-2818-1312>, e-mail: zueva@ms-98.ru

BIOLOGICAL SUBSTANTIATION OF THE POSITIVE EFFECT ON EMBRYO DEVELOPMENT OF ELEVATED TEMPERATURES DURING THE FIRST DAYS OF AVIAN EGGS ARTIFICIAL INCUBATION¹Sudakov A. N., ²Andrianov E. A., ²Andrianov A. A., ¹Skuratov N. I.¹Moscow Zoo

Moscow, Russian Federation

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I
Voronezh, Russian Federation

Corresponding author E-mail: ansudak@gmail.com

Received 15.05.2024

Submitted 16.08.2024

Summary

The article presents a biological substantiation of the positive effect of elevated temperatures in the early period of artificial incubation of bird eggs. The data on the temperature of the heating zone of the egg under the brooder, where the embryo is located in the first day of development, are given. Data on the temperature in different zones of the egg are presented graphically. The justification of the temperature regime of poultry egg incubation, including high initial temperatures and continuous temperature reduction during incubation is given.

Abstract

Introduction. In modern industrial incubation of chicken eggs, it is common to set the incubator temperature at 38.0°C on the first day. However, increasing temperature during the first day of incubation has been shown to increase hatchability rates. However, continued high temperatures are dangerous for the embryos. One hypothesis suggests that embryos consume heat at an early stage. Perhaps the elevated embryo temperature during the first day of natural incubation has a biological rationale and is natural. **Object.** Characteristics of thermal effects on bird eggs during natural incubation. **Materials and methods.** The study was conducted in 2019-2024 at the Voronezh State Agrarian University and the hatchery of the Ornithology Department of the Moscow Zoo. We analyzed data from literature sources on temperature regimes of natural and artificial incubation. Search experiments were carried out. Special thermometers, thermal imager and specially made instruments were used. **Results and conclusion.** The positive effect of elevated temperatures in the early period of artificial incubation of bird eggs on embryo development has a biological basis. Because of evolutionary adaptation, bird eggs are equipped with a mechanism that ensures such a position of the embryo in the first few days of development, at which it is located in the upper point of the egg in close proximity to the body of the incubating bird. Due to the low thermal conductivity of the egg contents, at the point of embryo location the temperature of the egg contents and, consequently, of the embryo itself, is close to the bird's body temperature, which is 40-42 °C in most species. The body temperature of birds, which are homoeothermic animals, does not depend on the ambient temperature and provides a stable embryo temperature in case of temperature fluctuations of the nest bedding and parts of the egg away from the hen within a wide range. The development of the embryo's circulatory system ensures the removal of excess metabolic heat from the embryo during the zonal heating of eggs inherent in natural incubation. In traditional air incubators, which do not provide the presence of warm and cold zones of the egg, to ensure the optimal temperature regime of the bird embryo and avoid its hyperthermia, after the beginning of incubation at temperatures close to 40.0 °C, the temperature of the air in the incubator must be continuously reduced.

Keywords: artificial incubation of bird eggs, early embryonic development, elevated temperature, poultry embryos, embryo development.

Citation. Sudakov A. N., Andrianov E. A., Andrianov A. A., Skuratov N. I. Biological substantiation of the positive effect on embryo development of elevated temperatures during the first days of avian eggs artificial incubation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 256-263 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-28.

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 636.082.474

**БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ НА РАЗВИТИЕ
ЭМБРИОНОВ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР В ПЕРВЫЕ ДНИ
ИСКУССТВЕННОЙ ИНКУБАЦИИ ЯИЦ ПТИЦ**¹Судаков А. Н., кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий инкубаторием²Андрианов Е. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор²Андрианов А. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент¹Скуратов Н. И., заведующий отделом орнитологии¹ГАУ «Московский зоопарк»

г. Москва, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I»

г. Воронеж, Российская Федерация

Актуальность. Современные руководства по искусственной инкубации яиц кур содержат материалы о температурных режимах в инкубаторе. Рекомендуется устанавливать температуру в первые сутки инкубации на уровне 38 °С. Вместе с тем, ряд литературных источников содержит данные об улучшении результатов инкубации при поддержании на начальном этапе инкубации температур свыше 38,0 °С. Одна из гипотез предполагает, что эмбрионы потребляют тепло на ранней стадии. Возможно, повышенная температура эмбриона в первые сутки естественной инкубации имеет биологическое обоснование и является естественной. **Объект.** Характеристика теплового воздействия на яйца птиц при естественной инкубации. **Материалы и методы.** Исследование проводилось в 2019-2024 гг. на базе Воронежского государственного аграрного университета и инкубатория отдела орнитологии Московского зоопарка. Проанализированы данные литературных источников о температурных режимах естественной и искусственной инкубации. Проведены поисковые эксперименты. Использовались лабораторные термометры, тепловизор и специально изготовленные приборы. **Результаты и выводы.** Положительное влияние повышенных температур на раннем сроке искусственной инкубации яиц птиц на развитие эмбрионов имеет биологическое обоснование. В результате эволюционной адаптации яйца птиц снабжены механизмом, обеспечивающим положение эмбриона в первые несколько суток развития, при котором он находится в верхней точке яйца в непосредственной близости к телу насиживающей птицы. Благодаря низкой теплопроводности содержимого яйца, в точке расположения эмбриона температура содержимого яйца и, как следствие, самого эмбриона, приближается к температуре тела птицы, которая у большинства видов составляет 40-42 °С. Температура тела птиц, являющихся гомойотермными животными, не зависит от температуры окружающей среды и обеспечивает стабильную температуру эмбриона при колебаниях в широком диапазоне температуры подстилки гнезда и удаленных от наседки частей яйца. Развитие кровеносной системы эмбриона обеспечивает удаление излишков метаболического тепла эмбриона при зональном нагреве яиц, свойственном естественной инкубации. В традиционных воздушных инкубаторах, не обеспечивающих наличия теплых и холодных зон яйца, для обеспечения оптимального температурного режима эмбриона птиц и исключения его гипертермии, после начала инкубации при температурах, близких к 40,0 °С, температуру воздуха в инкубаторе необходимо непрерывно снижать.

Ключевые слова: искусственная инкубация яиц птиц, раннее эмбриональное развитие, повышенная температура, эмбрионы птицы, развитие эмбрионов.

Цитирование. Судаков А. Н., Андрианов Е. А., Андрианов А. А., Скуратов Н. И. Биологическое обоснование положительного влияния на развитие эмбрионов повышенных температур в первые дни искусственной инкубации яиц птиц. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 256-263. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-28.

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. Целесообразность применения повышенных температур в первые несколько суток искусственной инкубации яиц птиц является предметом, как научных дискуссий, так и обсуждений в среде птицеводов-любителей на протяжении многих лет [1, 2].

Промышленные руководства по инкубации современных кроссов кур рекомендуют в первые сутки поддерживать температуру воздуха в инкубаторе на уровне 38,0 °С (100,4-100,5 °F) [3, 4]. Вместе с тем, известно несколько запатентованных способов инкубации яиц птиц, характеризующихся нагревом воздуха в камере инкубатора свыше 38,0 °С на ранних

сроках эмбриогенеза (Патент РФ № 2588265 С1, Патент РФ № 2685112 С1). Ряд экспериментальных исследований, результаты которых представлены в научных публикациях, демонстрирует рост показателей выводимости и качества молодняка при использовании повышенных температур на ранних сроках эмбрионального развития птиц [5, 6] (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнение режимов инкубации яиц кур
Table 1 – Comparison of incubation modes of hen eggs

	Срок инкубации, сут. / Incubation period, days					Источник / Source
	1-2	3-4	5-6	7-16	17-21	
Температура, °C / Temperature, °C	37,8	37,7	37,7	37,6-37,4	37,2-36,5	[3]
	38,0	37,9	37,8	37,6-36,8	36,8	[4]
	39,5	39,5	39,5	37,6-37,6	37,6	Патент РФ № 2588265 С1 / Patent RF No 2588265 C1
	39,5	37,6	37,6	37,6	37,6-37,2	Патент РФ № 2685112 С1 / Патент РФ № 2685112 C1
	37,8	38,5	37,6	37,6-37,2	37,2	[5]
	38,6	38,6	37,8	37,8	37,8	[6]

Несмотря на общее сходство режимов, предполагающих применение повышенных температур на раннем сроке инкубации, можно отметить широкий диапазон, как значений начальной температуры, так и продолжительности теплового воздействия (рисунок 1).

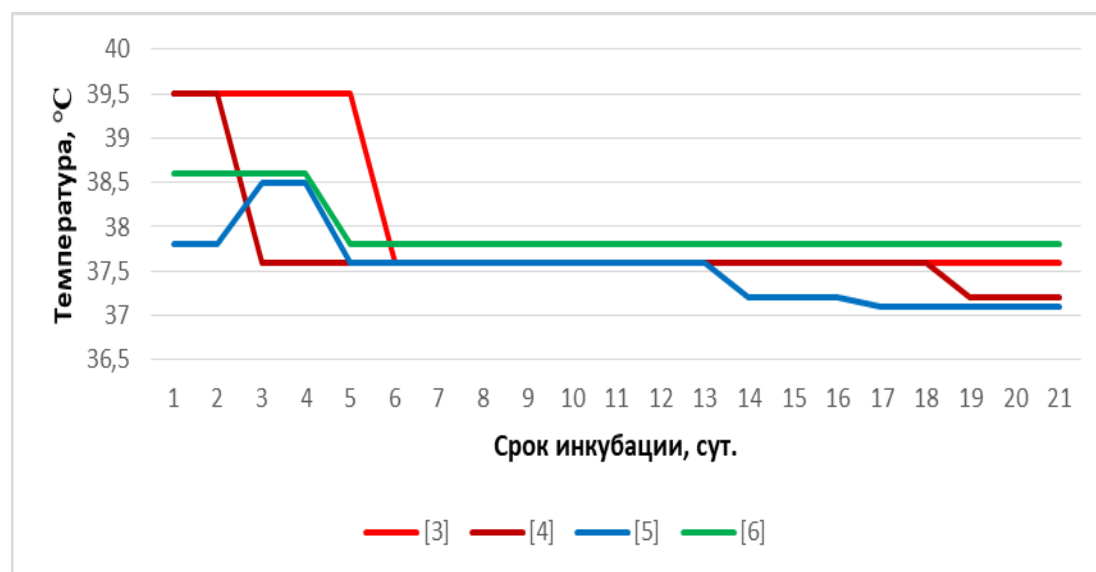


Рисунок 1 – Сравнительная диаграмма температурных режимов инкубации яиц кур
Figure 1 – Comparative diagram of the temperature regimes of incubation of chicken eggs

Цифрами на графике указаны номера литературных источников [3 – Патент РФ № 2588265 С1, 4 – Патент РФ № 2685112 С1, 5, 6].

The numbers on the graph indicate the numbers of literary sources [3 – Patent of the Russian Federation No 2588265 C1, 4 – Patent of the Russian Federation No 2685112 C1, 5, 6].

Принимая во внимание тот факт, что большинство разработок в области оптимизации параметров температурных режимов инкубации, позволяющих получать высокие показатели выводимости и качества молодняка, имеют биологическое обоснование и имитируют воздействие на яйцо наседкой при естественном гнездовании, следует предположить, что установленная экспериментально положительная роль высоких температур на раннем сроке эмбрионального развития птиц представляет собой часть сформированного эволюционно механизма адаптации яйца к условиям естественной инкубации и является необходимым параметром температурного режима развития эмбрионов.

Цель исследования – определить биологическую основу положительного воздействия повышенных температур на раннее эмбриональное развитие птиц.

Методика. Исследование проводили в 2019-2024 годах на кафедре механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности Воронежского ГАУ и в инкубатории отдела орнитологии Московского зоопарка. Анализировали данные литературных источников по температурным режимам естественной и искусственной инкубации. Проводили поисковые эксперименты. Использовали следующие измерительные приборы: термометр медицинский В. Well WT-03 base, термометр медицинский инфракрасный Braun ThermoScan 7, тепловизор Milesee TR120E, термометрический комплекс [7].

Применяли инкубатор, разработанный для целей исследования и обеспечивающий зональный нагрев яиц, свойственный естественной инкубации [8].

Результаты и обсуждение. Для проверки гипотезы о биологической обоснованности положительного влияния повышенных температур на начальном этапе искусственной инкубации требовалось определить температуру эмбриона на ранней стадии инкубации естественной. Несмотря на то, что наиболее достоверные результаты о температуре эмбрионов птиц могут быть получены при традиционной инвазивной термометрии, в настоящее время отсутствуют технические средства, позволяющие безопасно для жизни эмбриона ввести термометр непосредственно в его организм. Тем более сложной представляется задача непрерывно измерять температуру растущего эмбриона в яйце, находящемся под наседкой.

С учетом указанной нетривиальной технической проблемы, в исследовании сопоставили результаты биологических и зоотехнических исследований, а также результаты собственных экспериментов.

На раннем сроке естественной инкубации, до начала выработки эмбрионом значимых объемов метаболического тепла, единственным источником тепла для яйца является тело наседки (рисунок 2), температура которого у большинства видов птиц находится в диапазоне 40-42 °С, при этом температура наседного пятна, которое непосредственно контактирует с яйцом, близка к температуре тела насиживающей птицы [9, 10, 11].

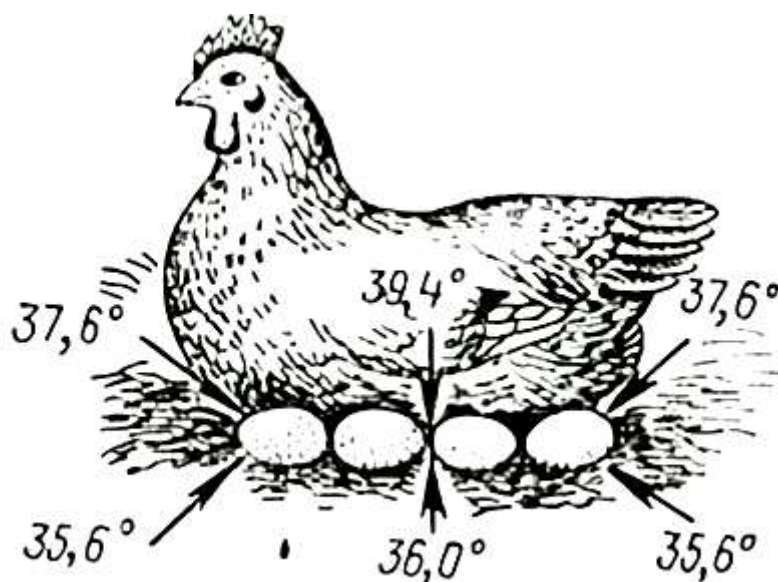


Рисунок 2 – Значения температуры в различных зонах гнезда при естественной инкубации [11]

Figure 2 – Temperature values in different nest zones during natural incubation [11]

Температура участка поверхности яйца, который находится в непосредственном контакте с наседным пятном, также уравнивается с температурой тела птицы через непродолжительный период времени (рисунок 3).

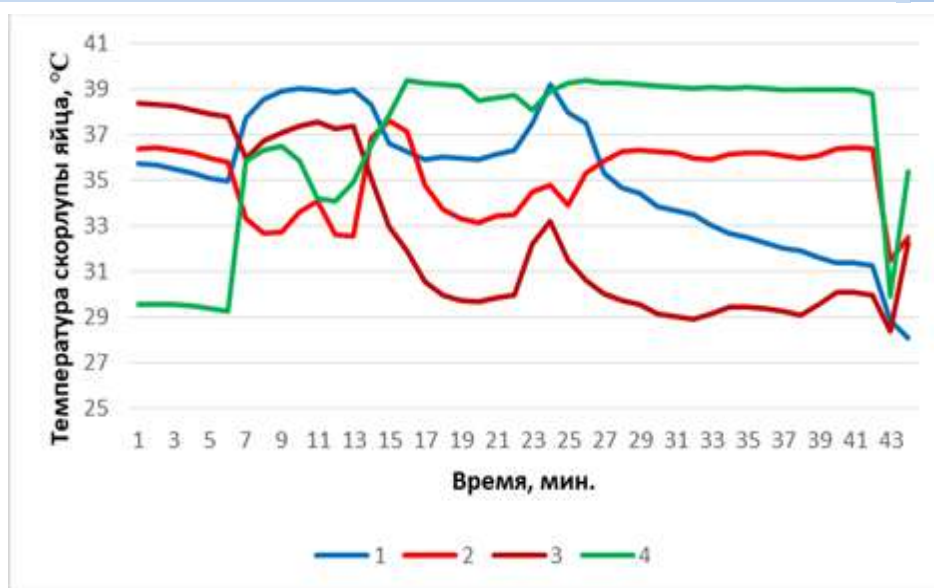


Рисунок 3 – Температура поверхности скорлупы яйца под наседкой. 1, 2, 3, 4 – номера термодатчиков, равномерно-распределенных по малому радиусу муляжа яйца
Figure 3 – Temperature of the surface of the egg shell under the hen. 1, 2, 3, 4 are the numbers of thermal sensors evenly distributed over the small radius of the egg dummy

Температура участков поверхности скорлупы яйца, не контактирующих с телом наседки, неоднородна, и на ранней стадии инкубации, до начала производства эмбрионом метаболического тепла, приближена к температуре среды, окружающей яйцо. С учетом существенной разности температур различных зон поверхности скорлупы, а также низкой теплопроводности содержимого, во внутреннем объеме яйца формируется температурный градиент (рисунок 4) [12].

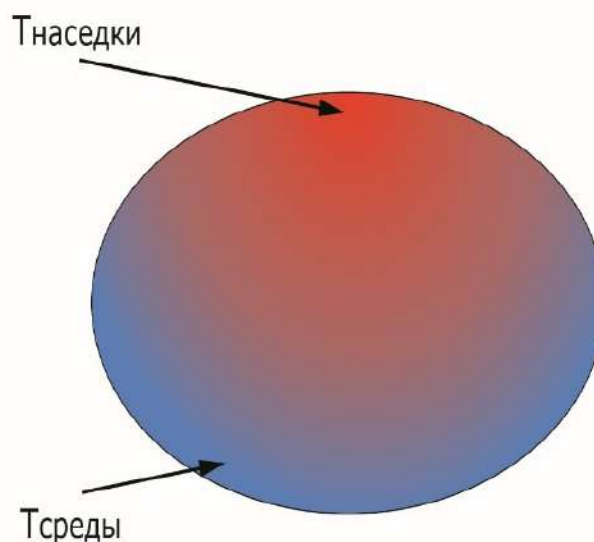


Рисунок 4 – Температурный градиент содержимого яйца при естественной инкубации
Figure 4 – Temperature gradient of egg contents during natural incubation

При этом, наименее зависимой от изменений температуры среды, окружающей яйцо, является зона, находящаяся в непосредственной близости к телу насиживающей птицы (таблица 2).

Таблица 2 – Температура содержимого яйца в зоне контакта с телом наседки при изменении температуры окружающей среды

Table 2 – Temperature of the egg contents in the contact zone with the mother hen's body when the ambient temperature changes

№	Температура поверхности скорлупы в зоне контакта с телом наседки, °C / Shell surface temperature in the contact zone with the mother hen's body, °C	Температура поверхности скорлупы нижней стороны яйца, °C / Surface temperature of the shell of the lower side of the egg, °C	Температура верхней точки желтка, °C / Temperature of the upper point of the yolk, °C
1	40,0	36,0	39,8
2	40,0	34,0	39,7
3	40,0	32,0	39,6
4	40,0	30,0	39,5

Из таблицы следует, что даже при значительном охлаждении нижней стороны температура содержимого яйца в зоне контакта с телом наседки остается стабильно высокой.

С учетом описанных тепловых характеристик яйца при естественной инкубации решающее влияние на температуру эмбриона оказывает функционирование биологического механизма эволюционной адаптации, выражающееся в стабилизации положения желтка в яйце таким образом, чтобы обеспечивалось верхнее положение эмбриона при вращении яйца вокруг оси его малого радиуса (рисунок 5) [13].

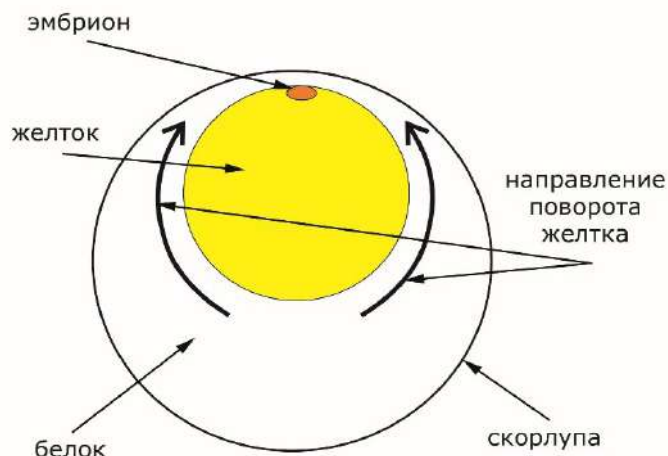


Рисунок 5 – Схематическое изображение реализации механизма стабилизации положения желтка в яйце

Figure 5 – Schematic representation of the implementation of the mechanism for stabilizing the position of the yolk in the egg

Указанный механизм обеспечивает постоянство высоких температур эмбриона на раннем сроке естественной инкубации при любом положении яйца в гнезде.

Следует отметить, что с ростом сосудов, охватывающих желток и внутреннюю поверхность скорлупы, изменяются характеристики теплообмена эмбриона и его истинная температура, а для обеспечения наиболее благоприятных условий развития эмбриона начинают функционировать иные механизмы терморегуляции, позволяющие отводить метаболическое тепло в более холодные зоны яйца, тем самым предотвращая гипертермию [14, 15].

Заключение. На ранних сроках естественной инкубации температура эмбриона птиц близка к температуре тела насиживающей птицы.

Положительное влияние высоких температур на ранней стадии эмбрионального развития птиц обусловлено эволюционной адаптацией яйца к температурному воздействию, характерному для зонального нагрева верхней части яйца.

Учитывая высокие темпы роста эмбрионов птиц, применение повышенных температур воздуха в традиционных инкубаторах, не обеспечивающих наличия холодных зон яйца, требует разработки специализированных режимов инкубации, включающих непрерывное снижение температуры для предотвращения гипертермии.

Современные микроконтроллерные системы управления инкубаторами позволяют в полной мере реализовать необходимую динамику изменения температуры воздуха в автоматическом режиме.

Учитывая высокий потенциал применения режимов инкубации, включающих повышенные температуры на раннем сроке эмбрионального развития птиц, необходимо продолжать исследования естественных терморегуляторных механизмов яйца птиц.

Conclusions. In the early stages of natural incubation, the temperature of the bird embryo is close to the body temperature of the incubating bird. The positive effect of high temperatures at the early stage of embryonic development of birds is due to the evolutionary adaptation of the egg to the temperature effect characteristic of zonal heating of the upper part of the egg. Given the high growth rate of bird embryos, the use of elevated air temperatures in traditional incubators, which do not provide the presence of cold zones of the egg, requires the development of specialized incubation regimes that include continuous temperature reduction to prevent hyperthermia. Modern microcontroller control systems of incubators allow to fully realizing the necessary dynamics of air temperature change in automatic mode. Considering the high potential of application of incubation regimes that include elevated temperatures at the early stage of embryonic development of birds, it is necessary to continue research of natural thermoregulatory mechanisms of bird eggs.

Библиографический список

1. Челнокова М. И., Челноков А. А., Аржанкова Ю. В. Эффект воздействия переменной температуры инкубации на рост и метаболизм куриных эмбрионов яичных кроссов и развитие их висцеральных органов. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 6. С. 112-128.
2. Долгорукова А. М. и др. Влияние различной температуры и влажности при инкубации перепелиных яиц породы радонежские от матерей разного возраста на развитие эмбрионов. Птицеводство. 2021. № 11. С. 46-50.
3. Руководство по технологии инкубации яиц Lohmann Tierzucht. Cuxhaven, 2020. 13 с.
4. Руководство по инкубации Hubbard. Quintin, 2022. 56 с.
5. Щербатов В. И., Яровая Л. Д. Дифференцированный режим инкубации яиц кур мясных пород. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 103. С. 1191-1200.
6. Avşar K. O., Uçar A., Ozlu S., Elibol O. Effect of high eggshell temperature during the early period of incubation on hatchability, hatch time, residual yolk and first-week broiler performance. Journal of Applied Poultry Research. 2021. V. 31. 100197. 10. 1016/j.japr.2021.100197.
7. Судаков А. Н. и др. Роль наседки в формировании температурного режима яиц птиц при естественной инкубации. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 264-269.
8. Судаков А. Н. и др. Зональный нагрев яиц птиц при искусственной инкубации. Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2023. № 2 (21). С. 36-50.
9. King J. R., Farnel D. S. Energy Metabolism, Thermoregulation and Body Temperature. Biology and Comparative Physiology of Birds. Academic Press, 1961. Pp. 215-288.
10. Люлеева Д. С. О наседном пятне у воробьиных птиц. Русский орнитологический журнал. 2019. Т. 28. № 1857. С. 5649-5658.
11. Щербатов В. И., Смирнова Л. И., Щербатов О. В. Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2015. 184 с.
12. Henriksen R., Svensson A.-Ch. Effect of contact incubation on stress, behavior and body composition in the precocial Red jungle fowl. Hormones and Behavior. 2021. V. 128. 10.1016/j.yhbeh.2020.104892.
13. Guo Binbin, et al. Wider Angle Egg Turning during Incubation Enhances Yolk Utilization and Promotes Goose Embryo Development. Animals. 2021. N 11. 2485. 10.3390/ani11092485.
14. Du W., Shine R., Ma L., Sun B. Adaptive responses of the embryos of birds and reptiles to spatial and temporal variations in nest temperatures. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2019. N 286 (1915). P. 8.
15. Yalcin S., Ozkan S., Shah T. Incubation Temperature and Lighting: Effect on Embryonic Development, Post-Hatch Growth, and Adaptive Response. Frontiers in Physiology. 2022. N 13. Pp. 1-16.

References

1. Chelnokova M. I., Chelnokov A. A., Arzhankova Y. V. Effect of variable incubation temperature on the growth and metabolism of chicken embryos of egg crosses and the development of their visceral organs. Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy. 2021. № 6. Pp. 112-128.
2. The effect of different temperature and humidity during the incubation of quail eggs of the Radonezh breed from mothers of different ages on the development of embryos. Poultry. 2021. № 11. Pp. 46-50.
3. Guide to Lohmann Tierzucht egg incubation technology. Cuxhaven, 2020. 13 p.
4. Hubbard Incubation Guide. Quintin, 2022. 56 p.
5. Shcherbatov V. I., Yarovaya L. D. Differentiated Incubation Regime of Eggs of Meat Chickens. Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2014. № 103. Pp. 1191-1200.
6. Avşar K. O., Uçar A., Ozlu S., Elibol O. Effect of high eggshell temperature during the early period of incubation on hatchability, hatch time, residual yolk and first-week broiler performance. Journal of Applied Poultry Research. 2021. V. 31. 100197. 10. 1016/j.japr.2021.100197.

7. The role of the hen in the formation of the temperature regime of bird eggs during natural incubation. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 4 (68). Pp. 264-269.
8. Zonal heating of bird eggs during artificial incubation. Technologies and commodity science of agricultural products. 2023. № 2 (21). Pp. 36-50.
9. King J. R., Farnel D. S. Energy Metabolism, Thermoregulation and Body Temperature. Biology and Comparative Physiology of Birds. Academic Press, 1961. Pp. 215-288.
10. Lyuleeva D. S. On the Brood Spot in Passerine Birds. Russian Ornithological Journal. 2019. T. 28. № 1857. Pp. 5649-5658.
11. Shcherbatov V. I., Smirnova L. I., Shcherbatov O. V. Incubation of agricultural poultry eggs. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2015. 184 p.
12. Henriksen R., Svensson A.-Ch. Effect of contact incubation on stress, behavior and body composition in the precocial Red jungle fowl. Hormones and Behavior. 2021. V. 128. 10.1016/j.yhbeh.2020.104892.
13. Guo Binbin, et al. Wider Angle Egg Turning during Incubation Enhances Yolk Utilization and Promotes Goose Embryo Development. Animals. 2021. N 11. 2485. 10.3390/ani11092485.
14. Du W., Shine R., Ma L., Sun B. Adaptive responses of the embryos of birds and reptiles to spatial and temporal variations in nest temperatures. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2019. N 286 (1915). P. 8.
15. Yalcin S., Ozkan S., Shah T. Incubation Temperature and Lighting: Effect on Embryonic Development, Post-Hatch Growth, and Adaptive Response. Frontiers in Physiology. 2022. N 13. Pp. 1-16.

Информация об авторах

Судаков Александр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий инкубаторием отдела орнитологии ГАУ «Московский зоопарк» (Российская Федерация, 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 1), e-mail: ansudak@gmail.com

Андрянов Евгений Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I» (Российская Федерация, 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1), e-mail: evgeniy377@gmail.com

Андрянов Алексей Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I» (Российская Федерация, 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1), e-mail: alexey739@gmail.com

Скуратов Николай Игоревич, заведующий отделом орнитологии ГАУ «Московский зоопарк» (Российская Федерация, 123242, г. Москва, ул. Б. Грузинская, д. 1), e-mail: aixgal@yandex.ru

Author's Information

Sudakov Aleksander Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Hatchery of the Department of Ornithology of the State Autonomous Institution "Moscow Zoo" (Russian Federation, 123242, Moscow, Bolshaya Gruzinskaya Street, 1), e-mail: ansudak@gmail.com

Andrianov Evgeny Aleksandrovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Agricultural Mechanization and Life Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I (Russian Federation, 394087, Voronezh, Michurina Street, 1), e-mail: evgeniy377@gmail.com

Andrianov Aleksey Aleksandrovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technological Equipment, Processes of Processing Industries, Agricultural Mechanization and Life Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I (Russian Federation, 394087, Voronezh, Michurina Street, 1), e-mail: alexey739@gmail.com

Skuratov Nikolay Igorevich, Head of the Department of Ornithology, Moscow Zoo (Russian Federation, 123242, Moscow, Bolshaya Gruzinskaya Street, 1), e-mail: aixgal@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-29

WEIGHT GROWTH AND SLAUGHTER QUALITIES OF SHEEP OF THE EDILBAEV BREED WHEN USING THE «LACTUVET-1» FEED ADDITIVE IN FEEDING DIETS¹Shperov A. S., ¹Chamurliev N. G., ²Mosolov A. A., ¹Abdulkhalikov A. M.¹Volgograd State Agrarian University²Volga Region Scientific Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: shperov2011@mail.ru

Received 22.07.2024

Submitted 30.09.2024

Abstract

Introduction. Ensuring the population's need for animal protein is achieved through the use of meat and dairy products from various livestock industries. The sheep industry allows us to produce a wide range of products in demand among the population – mutton, wool, milk, sheepskins, leather, fat and much more. Mutton, a source of high-grade protein, minerals and vitamins, is widely used both in Russia and abroad. New approaches to obtaining sheep are economically justified, and aimed at increasing the productivity of sheep. One of the promising directions for increasing sheep productivity is the use of biologically active feed additives in diets. **Object.** The object of these studies is sheep of the Edilbaevsky breed and a sample of

the Lactuvet-1 feed additive. **Materials and methods.** Scientific and economic experience on the use of lactulose-containing feed additives in the diets of young sheep of the Edilbaev breed was conducted in the conditions of the IP farm Abdulkhalikov M. A., located in the Svetloyarsky district of the Volgograd region. **Results and conclusions.** When tested, the average live weight of the control and experimental sheep ranged from 33.25 to 33.61 kg, and the difference was unreliable. At the age of 6 months, the difference in live weight in favor of experienced sheep was 1.94 kg, but it was unreliable. At the age of 8 months, a significant difference in favor of experienced sheep was found to be 2.99 kg ($P < 0.05$). The absolute increase in live weight in experienced sheep during the experiment period was 20.29 kg, which is 3.35 kg higher compared to peers of the control group. At the same time, the average daily increase in live weight in experimental animals over the entire study period was 169.08 g versus 141.17 g in control peers. The difference in favor of the experimental animals was 27.91 g. Animals of the experimental group spent 71.86 MJ of metabolic energy per 1 kg of body weight gain compared to 84.65 MJ in control sheep. The savings in exchange energy in favor of experienced sheep amounted to 12.79 MJ. The experimental sheep saved 134 g of digestible protein per 1 kg of live weight gain. A significant difference in slaughter parameters was established by pre-slaughter weight, carcass weight and slaughter weight in favor of the animals of the experimental group. The difference in favor of experienced sheep was 3.11 kg ($P < 0.05$) in pre-slaughter weight, 2.11 kg in carcass weight and 2.27 kg in slaughter weight ($P < 0.05$). At the same time, the slaughter yield of the carcass in experienced sheep was 1.25% higher compared to the same indicator in their control peers. The conditional profit per 1 head in the experimental group amounted to 1538.0 rubles, which is 860.4 rubles more than in the control group. The profitability of mutton production when using a feed additive by sheep of the experimental group was 41.02% compared to the same indicator for control sheep – 18.18%. Thus, the use of Lactuvet-1 feed additive at the rate of 1.5 g per head per day in the ration of sheep of the experimental group contributed to an increase in the profitability of mutton production by 22.8%.

Keywords: rams, Edilbaev breed of sheep, Laktuvet-1, live weight of rams, control slaughter of rams, rations of rams.

Citation. Shperov A. S., Chamurliев N. G., Mosolov A. A., Abdulkhalikov A. M. Weight growth and slaughter qualities of sheep of the edilbaev breed when using the «Lactuvet-1» feed additive in feeding diets. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 263-270 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-29.

Author's contribution. The team of authors of this study, stated in the article, was 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 636.32/.38.087.72

ВЕСОВОЙ РОСТ И УБОЙНЫЕ КАЧЕСТВА БАРАНЧИКОВ ЭДИЛЬБАЕВСКОЙ ПОРОДЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В РАЦИОНАХ КОРМЛЕНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «ЛАКТУВЕТ-1»

¹Шперов А. С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Чамурлиев Н. Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

²Мосолов А. А., доктор биологических наук, главный научный сотрудник

¹Абдулхаликов А. М., аспирант

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

²Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Обеспечение потребности населения в белке животного происхождения достигается за счет использования мясной и молочной продукции различных отраслей животноводства. Отрасль овцеводства позволяет производить широкий спектр продукции, пользующийся спросом у населения – баранину, шерсть, молоко, овчины, кожу, курдючный жир и многое другое. Широким спросом, как в России, так и зарубежом пользуется баранина – источник полноценного белка, минеральных веществ и витаминов. Новые подходы к получению баранины экономически оправданы, и направлены на повышение продуктивности овец. Одним из перспективных направлений повышения продуктивности овец является использование в рационах биологически активных кормовых добавок. **Объект.** Объектом настоящих исследований являются баранчики эдильбаевской породы овец и образец кормовой добавки «Лактувет-1». **Материалы и методы.** Научно-хозяйственный опыт по использованию лактулозосодержащей кормовой добавки в рационах молодняка овец эдильбаевской породы был проведен в условиях ИП КФХ Абдулхаликова М. А., расположенного в Светлоярском районе Волгоградской области. **Результаты и выводы.** При постановке на опыт средняя живая масса контрольных и опытных баранчиков колебалась от 33,25 до 33,61 кг и разница была недостоверной. В 6-месячном возрасте разница в живой массе в пользу опытных баранчиков составила 1,94 кг, но она была недостоверной. В 8-месячном возрасте установлена достоверная разница в

пользу опытных баранчиков 2,99 кг ($P < 0,05$). Абсолютный прирост живой массы у опытных баранчиков за период опыта составил 20,29 кг, что на 3,35 кг выше по сравнению со сверстниками контрольной группы. При этом среднесуточный прирост живой массы у опытных животных за весь период исследований составил 169,08 г против 141,17 г у контрольных сверстников. Разница в пользу опытных животных составила 27,91 г. Животные опытной группы на 1 кг прироста живой массы затратили 71,86 МДж обменной энергии против 84,65 МДж у контрольных баранчиков. Экономия обменной энергии в пользу опытных баранчиков составила 12,79 МДж. Переваримого протеина на 1 кг прироста живой массы опытные баранчики сэкономили 134 г. Достоверная разница по убойным показателям установлена по предубойной массе, массе туши и убойной массе в пользу животных опытной группы. Разница в пользу опытных баранчиков составила по предубойной массе 3,11 кг ($P < 0,05$), массе туши 2,11 кг и убойной массе 2,27 кг ($P < 0,05$). При этом убойный выход туши у опытных баранчиков был выше на 1,25% по сравнению с аналогичным показателем у их контрольных сверстников. Условная прибыль в расчете на 1 голову в опытной группе составила 1538,0 руб., что на 860,4 руб. больше, чем в контрольной группе. Рентабельность производства баранины при использовании кормовой добавки баранчиками опытной группы составила 41,02% против аналогичного показателя у контрольных баранчиков – 18,18%. Таким образом, использование в рационах баранчиков опытной группы кормовой добавки «Лактувет-1» из расчета 1,5 г на голову в сутки способствовало повышению рентабельности производства баранины на 22,8%.

Ключевые слова: баранчики, эдильбаевская порода овец, Лактувет-1, живая масса баранчиков, контрольный убой баранчиков, рационы баранчиков.

Цитирование. Шперов А. С., Чамурлиев Н. Г., Мосолов А. А., Абдулхаликов А. М. Весовой рост и убойные качества баранчиков эдильбаевской породы при использовании в рационах кормления кормовой добавки «Лактувет-1». *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 263-270. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-29.

Авторский вклад. Авторский коллектив настоящего исследования, заявленный в статье принимал прямое 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. Овцеводство направлено на обеспечение продовольственной безопасности страны и решением стратегических задач по устойчивому развитию сельских территорий [6, 12]. Производство овцеводческой продукции может сопровождаться рядом факторов, снижающих продуктивность животных. Обеспечение овец кормами высокого качества, а также применение кормовых добавок – неотъемлемая часть технологии производства высококачественной баранины [1, 2, 4, 5, 7, 9, 10, 11]. Опыт применения про- и пребиотических кормовых добавок выявил оздоровительный эффект на организм животных, тем самым благотворно влияя на их продуктивные характеристики. Функционал применения пребиотиков в современном кормопроизводстве более совершенен в отличие от пробиотиков, так как они имеют большую степень неприхотливости к условиям хранения, но при этом их значительно легче производить по сравнению с живыми формами микроорганизмов. Наиболее известным и доказавшим эффективность своего применения в животноводстве пребиотиком является лактулоза [8]. Кормовые добавки на её основе (такие как Лактувет-1), попадая в организм животных, обладают идентичным механизмом действия, основанным на ферментативном расщеплении в толстом отделе кишечника данного дисахарида бифидо- и лактобактериями, что запускает ряд взаимосвязанных процессов, оказывающих благотворный физиологический эффект [3].

Целью настоящих исследований являлось изучение результатов использования кормовой добавки «Лактувет-1» в кормлении овец эдильбаевской породы в условиях ИП КФХ Абдулхаликов М. А. Светлоярского района Волгоградской области.

Материал и методы. Научно-хозяйственный опыт по использованию лактулозосодержащей кормовой добавки в рационах молодняка овец эдильбаевской породы был проведён в условиях ИП КФХ Абдулхаликова М. А., расположенного в Светлоярском районе Волгоградской области.

В исследованиях были использованы 2 группы баранчиков эдильбаевской породы по 15 голов в каждой (таблица 1). Животные в группы формировались по принципу аналогов с учётом породности, возраста, живой массы, состояния здоровья. Баранчики контрольной группы получали основной рацион (ОР) (трава злаковой степи, зерносмесь), а опытной группы – основной рацион (ОР) + 0,5% «Лактувет-1» от массы зерносмеси. В под-

готовительный период путём перемещения животных из одной группы в другую окончательно были сформированы аналогичные группы: контрольная и опытная. В переходный период опыта баранчики контрольной группы получали основной рацион, а опытные группы приучались к поеданию оптимальной дозы кормовой добавки «Лактувет-1»: в первый день – 0,1% от массы зерносмеси, во второй – 0,2%, в третий день – 0,3%, в четвёртый день – 0,4% и в пятый день 0,5%. В течение 120 дней главного периода контрольные животные получали основной рацион, а опытные группы основной рацион + 0,5% «Лактувет-1» от массы зерносмеси. В заключительном периоде опыта изучали остаточное действия кормовой добавки «Лактувет-1» на показатели продуктивности подопытных животных. Существенной достоверной разницы по живой массе животных разных групп не установлено. Весовой рост животных определяли классическим методом, принятым в зоотехнии, – путём индивидуального взвешивания на электронных весах с точностью 0,5 кг утром до кормления. Живую массу определяли при постановке на опыт в 4 месячном возрасте и далее в 6 и 8 месячном возрасте. Абсолютный прирост живой массы рассчитывали по формуле $M_k - M_n$, где M_n – масса животного в начале опыта, кг; M_k – масса животного в конце опыта, кг. Среднесуточный прирост живой массы определяли по следующей формуле $(M_k - M_n) / t$, где t – промежуток времени между измерениями, сут. Затраты кормов на единицу продукции рассчитывали как отношение количества затраченных энергетических кормовых единиц, обменной энергии и переваримого протеина за период опыта на количество полученного прироста живой массы. Предубойную массу животных определяли после голодной выдержки в течение 24 часов без корма и 12 часов без воды. Убойные качества баранчиков оценивали путем контрольного убоя 3-х типичных животных из каждой группы в 8-месячном возрасте. Массу туши определяли как массу животного без крови, головы, шкуры, внутренних органов, передних конечностей без запястных суставов, задних – без скакательных суставов, без внутреннего жира. Убойную массу определяли как сумму массы туши и массы внутреннего жира и курдюка. Убойный выход оценивали как отношение убойной массы к предубойной, выраженное в процентах. Цифровой материал исследований статистически обработан по методике Плохинского Н. А. (1969) с использованием пакета программ Microsoft Office на ПК с расчётом критерия достоверности по Стьюденту – Фишеру по трём уровням вероятности: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

Таблица 1 – Общая схема научно-хозяйственного опыта
Table 1 – General scheme of scientific and economic experience

Период опыта / Experience Period	Группа животных / Animal Group	Кол-во голов / number of cattle	Продолжительность опыта, дней / Duration of the experiment, days	Особенности кормления / Feeding features
Подготовительный / Preparatory	Контрольная / Control	15	10	Основной рацион (OP) / Basic diet (BD)
	Опытная / Experience	15	10	Основной рацион (OP) / Basic diet (BD)
Переходный / Transitional	Контрольная / Control	15	5	OP / BD
	Опытная / Experience	15	5	OP + приучение 0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5 г; «Лактувет-1» / BD+ training 0.3; 0.6; 0.9; 1.2; 1.5 g; Lactuvet-1
Главный / Main	Контрольная / Control	15	120	OP / BD
	Опытная / Experience	15	120	OP + 1,5 г «Лактувет -1» / BD + 1.5 g of Lactuvet-1
Заключительный / Final	Контрольная / Control	15	15	OP / BD
	Опытная / Experience	15	15	OP / BD

Результаты и обсуждение. В вопросах оптимизации рационов особое внимание отводится использованию различных кормовых добавок, позволяющих в условиях промышленной технологии восполнить недостаток некоторых питательных веществ, необходимых для роста и развития и повышению продуктивных качеств молодняка овец. Пробиотик лактулоза является основой кормовой добавки «Лактувет-1», содержит в себе комплекс минеральных веществ, органических кислот и др., попадая в желудочно-кишечный тракт овец, запускает череду метаболических процессов.

При проведении экспериментальных исследований баранчики имели одинаковые условия содержания и кормления в соответствии с технологией, принятой в хозяйстве. Зелёные корма они получали путём пастбы, а концентрированные – стационарно. Животные контрольной и опытной групп получали основной рацион, указанный в таблице 2. Разница в кормлении баранчиков заключалась в том, что опытные в дополнение к основному рациону получали «Лактувет-1» в количестве 0,5% от массы концентрированных кормов, то есть 1,5 г на голову в сутки.

Таблица 2 – Рационы кормления баранчиков
Table 2 – Sheep feeding rations

Показатели / Indicators	Возраст, мес. / Age, months			
	4-6		6-8	
	Контроль / Control	Опытные / Experience	Контроль / Control	Опытные / Experience
Трава злаковой степи, кг / Grass of the cereal steppe, kg	3,5	3,5	4,0	4,0
Зерносмесь, кг / Grain mixture, kg	0,3	0,3	0,3	0,3
Поваренная соль, г / Table salt, g	8,0	8,0	10,0	10,0
Лактовет-1, г / Lactovet-1, g		1,5		1,5
В рационе содержится: / The diet contains:				
ЭКЕ / ECE	1,11	1,13	1,28	1,30
Обменной энергии, МДж / Exchangeable energy, MJ	11,1	11,3	12,8	13,0
Сухого вещества, кг / Dry matter, kg	1,25	1,26	1,39	1,40
Сырого протеина, г / Crude protein, g	166,6	168,1	182,2	183,7
Переваримого протеина, г / Digestible protein, g	118,3	119,2	123,6	125,0
Кальция, г / Calcium, g	6,1	6,15	6,92	6,97
Фосфора, г / Phosphorus, g	3,7	3,7	4,10	4,10
Серы, г / Sulfur, g	11,2	11,7	10,0	10,5
Каротина, мг / Carotene, mg	122,5	122,5	140,0	140,0

Энергетическая питательность рационов подопытных баранчиков колебалась от 1,11 до 1,13 ЭКЕ, 11,1 до 11,3 МДж обменной энергии в возрасте от 4 до 6 месяцев и 1,28-1,30 и 12,8 и 13,0 в возрасте от 6 до 8 месяцев. Обеспеченность одной ЭКЕ переваримым протеином колебалась от 105,50 до 106,57 г в возрасте 4-6 месяцев и от 95,77 до 96,00.

Основным прижизненным показателем, характеризующим рост и развитие животных, является динамика их живой массы за определённый период времени (таблица 3).

Таблица 3 – Возрастные изменения живой массы баранчиков (n = 15)
Table 3 – Age-related changes in the live weight of sheep (n = 15)

Возраст, мес. / Age, months	Живая масса, кг / Live weight, kg	Абсолютный прирост, кг / Absolute increase, kg	Среднесуточный прирост, г / Average daily increase, g
Контрольная группа / Control group			
4	33,61±0,72	-	-
6	43,44±0,81	9,83	163,83
8	50,55±0,88	7,11	118,5
4-8	-	16,94	141,17
Опытная группа / Experimental group			
4	33,25±0,90	-	-
6	45,38±0,88	12,13	202,17
8	53,54±0,94*	8,16	136,00
4-8	-	20,29	169,08

* P<0,05.

При постановке на опыт средняя живая масса контрольных и опытных баранчиков колебалась от 33,25 до 33,61 кг и разница была недостоверной. В 6-месячном возрасте разница в живой массе в пользу опытных баранчиков составила 1,94 кг, но она была недостоверной. В 8-месячном возрасте установлена достоверная разница в пользу опытных баранчиков 2,99 кг ($P < 0,05$). Абсолютный прирост живой массы у опытных баранчиков за период опыта составил 20,29 кг, что на 3,35 кг выше по сравнению со сверстниками контрольной группы. При этом среднесуточный прирост живой массы у опытных животных за весь период исследований составил 169,08 против 141,17 у контрольных сверстников. Разница в пользу опытных животных составила 27,91.

На основании учёта фактически потреблённых кормов (таблица 2) и количества полученного прироста мы рассчитали затраты кормов на единицу продукции (таблица 4). За период опыта баранчики контрольной группы затратили 143,4 энергетических кормовых единиц, 1434 МДж обменной энергии и 15,70 кг переваримого протеина, а опытные баранчики 145,8 энергетических кормовых единиц, 1458 МДж обменной энергии и 15,82 кг переваримого протеина. За этот же период прирост живой массы у контрольных баранчиков составил 14,04 кг, а у опытных животных – 17,99 кг.

Таблица 4 – Затраты кормов на единицу продукции
Table 4 – Feed costs per unit of production

Показатели / Indicators	Группа / Group	
	Контрольная / Control	Опытная / Experimental
Затрачено за период опыта / Spent during the experiment period		
обменной энергии, МДж / Exchangeable energy, MJ	1434	1458
переваримого протеина, кг / digestible protein, kg	14,50	14,65
Получено прироста, кг / Gains obtained, kg	16,94	20,29
Затраты кормов на 1 кг прироста живой массы / Feed costs per 1 kg of live weight gain		
обменной энергии, МДж / Exchangeable energy, MJ	84,65	71,86
переваримого протеина, кг / digestible protein, kg	856,0	722,0

Животные опытной группы на 1 кг прироста живой массы затратили 71,86 МДж обменной энергии против 84,6 МДж у контрольных баранчиков. Экономия обменной энергии в пользу опытных баранчиков составила 12,79 МДж. Переваримого протеина на 1 кг прироста живой массы опытные баранчики сэкономят 134 г.

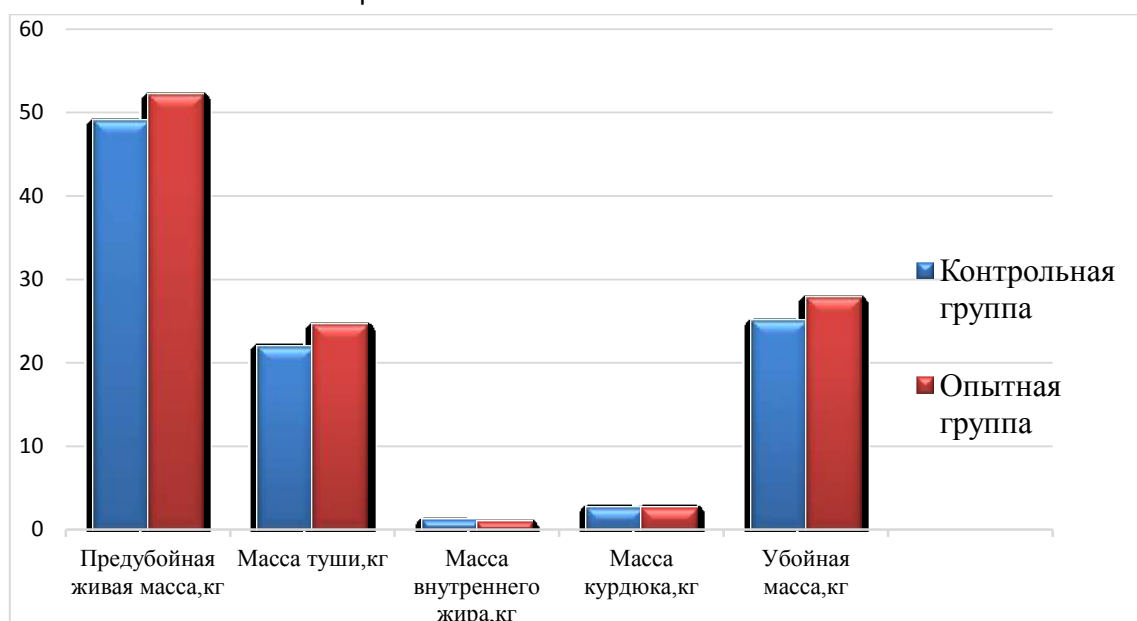


Рисунок 1 – Контрольный убой подопытных баранчиков (n = 3)

Figure 1 – Control slaughter of experimental sheep (n = 3)

В возрасте 8 месяцев проведён контрольный убой подопытных баранчиков по 3 головы из каждой группы. Подобранные для убоя животные в среднем отражали подопытные группы. Результаты убоя отражены на рисунке 1.

Достоверная разница по убойным показателям установлена по предубойной массе, массе туши и убойной массе в пользу животных опытной группы. Разница в пользу опытных баранчиков составила по предубойной массе 3,11 кг ($P<0,05$), массе туши 2,11 кг и убойной массе 2,27 кг ($P<0,05$). При этом убойный выход туши у опытных баранчиков составил 53,34%, что выше на 1,25% по сравнению с аналогичным показателем у их контрольных сверстников.

Заключение. Исследование по использованию в кормлении баранчиков кормовой добавки «Лактувет-1» на основе лактулозы в количестве 1,5 г на голову в сутки подтвердило ее способность эффективно влиять на весовой рост и убойные качества баранчиков, стимулировать сопротивляемость организма к негативным факторам окружающей среды. Применение лактулозосодержащей кормовой добавки позволило снизить затраты обменной энергии в расчете на 1 кг прироста живой массы на 12,79 МДж. Переваримого протеина на 1 кг прироста живой массы опытные баранчики сэкономили 134 г соответственно. Баранчики опытной группы достоверно превосходили своих аналогов контрольной группы по предубойной массе на 3,11 кг ($P<0,05$), массе туши 2,11 кг и убойной массе 2,27 кг ($P<0,05$). При этом убойный выход туши у опытных баранчиков был выше на 1,25% по сравнению с аналогичным показателем у их контрольных сверстников.

Conclusions. A study on the use of lactulose-based Lactuvet-1 feed additive in the feeding of sheep in an amount of 1.5 g per head per day confirmed its ability to effectively influence the growth, development and slaughter qualities of sheep, stimulating the body's resistance to negative environmental factors. The use of a lactulose-containing feed additive made it possible to reduce the cost of metabolic energy and digestible protein per 1 kg of live weight gain by 12.79 MJ. The experienced sheep saved 134 g of digestible protein per 1 kg of body weight gain, respectively. The sheep of the experimental group significantly exceeded their counterparts of the control group with a pre-slaughter weight of 3.11 kg ($P<0.05$), a carcass weight of 2.11 kg and a slaughter weight of 2.27 kg ($P<0.05$). At the same time, the slaughter yield of the carcass in experienced sheep was 1.25% higher compared to the same indicator in their control peers.

Библиографический список

1. Абонеев В. В., Колосов Ю. А. О проблемах сохранения племенных ресурсов овцеводства России. Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 1. С. 43-45.
2. Арилов А. Н., Юлдашбаев Ю. А., Абдулмуслимов А. М., Чылбак-оол С. О., Магомадов Т. А. Влияние кормовой добавки "Энервит" на мясную продуктивность баранчиков дагестанской горной породы. Зоотехния. 2022. № 10. С. 11-14.
3. Брехова С. А., Сложенкина М. И., Обрушников Л. Ф. Лактулозосодержащие кормовые добавки как фактор прижизненного формирования качественной и безопасной продукции. Аграрно-пищевые инновации. 2022. Т. 20. № 4. С. 51-64.
4. Двалишвили В. Г., Опакай Ч. М. О. Мясная продуктивность молодняка мясо-шерстных овец разного происхождения. Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. № 4. С. 21-22.
5. Колосов Ю. А., Абонеев В. В., Коцаев А. Г., Засемчук И. В., Романец Т. С. Откормочные качества и мясная продуктивность овец сальской породы улучшенных генотипов. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 154. С. 360-382.
6. Лушников В. П., Стрильчук А. А., Фетисова Т. О. Эффективность использования баранчиков эдильбаевской и татарстанской породы в производстве молодой баранины. Аграрная наука и инновационное развитие животноводства – основа экологической безопасности продовольствия: материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием. Саратов, 2023. С. 107-110.
7. Погодаев В. А., Рачков И. Г., Кононова Л. В., Смирнова Л. М., Ворсина Л. В. Влияние пробиотиков нового поколения «Бифидум Схж» и «Зоонорм» на продуктивность молодняка овец. Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 1 (17). С. 130-141.
8. Рябцева С. А., Храмцов А. Г., Будкевич Р. О., Анисимов Г. С., Чукло А. О., Шпак М. А. Физиологические эффекты, механизмы действия и применение лактулозы. Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 2. С. 5-20.
9. Убушаев Б. С., Натиров А. К., Салаев Б. К., Мороз Н. Н., Кугультинова Д. А. Эффективность использования природной минеральной кормовой добавки при выращивании молодняка овец. Аграрно-пищевые инновации. 2021. № 2 (14). С. 59-67.
10. Шперов А. С., Чамурлиев Н. Г., Ряднов А. А., Горлов И. Ф., Мосолов А. А., Коцаев А. Г. Влияние кормовой добавки «Кумелакт-1» на весовой рост и убойные качества баранчиков эдильбаевской породы. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 112. С. 276-282.

11. Юлдашбаев Ю. А., Егемкулов Н. А., Дошанов Д. А., Ертаев А. Б., Фейзуллаев Ф. Р. Технологические приемы откорма ягнят тонкорунных овец в условиях юга Казахстана. Современное состояние и перспективы селекционно-племенной работы в животноводстве: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Москва, 2024. С. 163-170.

12. Юлдашбаев Ю. А., Ибрагимов А. Г., Романюк М. А., Сухарникова М. А., Чекмарева Н. В. Развитие овцеводства в России: история, тенденции и перспективы. Зоотехния. 2024. № 6. С. 27-29.

References

1. Aboneev V. V., Kolosov Y. A. On the Problems of preserving the breeding resources of sheep breeding in Russia. Sheep, goats, woollen making. 2020. № 1. Pp. 43-45.

2. Arilov A. N., Yuldashbaev Y. A., Abdulmuslimov A. M., Chylbak-ool S. O., Magomadov T. A. Effect of the feed additive "Enervit" on the meat productivity of sheep of the Dagestan mountain breed. Animal Science. 2022. № 10. Pp. 11-14.

3. Brekhova S. A., Slozhenkina M. I., Obruchnikova L. F. Lactulose-containing feed additives as a factor in the lifetime formation of high-quality and safe products. Agrarian and food innovations. 2022. V. 20. № 4. Pp. 51-64.

4. Dvalishvili V. G., Opakay Ch. M. O. Meat Productivity of Young Meat and Wool Sheep of Different Origin. Sheep, goats, woollen making. 2018. № 4. Pp. 21-22.

5. Kolosov Y. A., Aboneev V. V., Koshchaev A. G., Zasemchuk I. V., Romanets T. S. Fattening Qualities and Meat Productivity of Salskaya Sheep of Improved Genotypes. Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2019. № 154. Pp. 360-382.

6. Lushnikov V. P., Strilchuk A. A., Fetisova T. O. Efficiency of Using Rams of the Edilbaev and Tatarstan Breeds in the Production of Young Mutton. Agrarian Science and Innovative Development of Animal Husbandry as the Basis of Environmental Safety of Food: Materials of the II National Scientific and Practical Conference with International Participation. Saratov, 2023. Pp. 107-110.

7. Pogodaev V. A., Rachkov I. G., Kononova L. V., Smirnova L. M., Vorsina L. V. Effect of the new generation probiotics "Bifidum Skhzh" and "Zoonorm" on the productivity of young sheep. Agricultural Journal. 2024. № 1 (17). Pp. 130-141.

8. Ryabtseva S. A., Khramtsov A. G., Budkevich R. O., Anisimov G. S., Chuklo A. O., Shpak M. A. Physiological Effects, Mechanisms of Action and Application of Lactulose. Nutrition issues. 2020. V. 89. № 2. Pp. 5-20.

9. Ubushaev B. S., Natyrov A. K., Salaev B. K., Moroz N. N., Kugultinova D. A. Efficacy of Using a Natural Mineral Feed Additive in Growing Young Sheep. Agrarian and food innovations. 2021. № 2 (14). Pp. 59-67.

10. Shperov A. S., Chamurlijev N. G., Ryadnov A. A., Gorlov I. F., Mosolov A. A., Koshchaev A. G. Effect of the feed additive "Kumelakt-1" on the weight growth and slaughter qualities of rams of the Edilbaev breed. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2024. № 112. Pp. 276-282.

11. Yuldashbayev Y. A., Egemkulov N. A., Doshanov D. A., Ertay A. B., Feyzullaev F. R. Technological methods of fattening lambs of fine-wooled sheep in the conditions of the south of Kazakhstan. Current state and prospects of selection and breeding work in animal husbandry: collection of scientific works based on the materials of the International Scientific and Practical Conference. Moscow, 2024. Pp. 163-170.

12. Yuldashbayev Y. A., Ibragimov A. G., Romanyuk M. A., Sukharnikova M. A., Chekmareva N. V. Development of sheep breeding in Russia: history, trends and prospects. Animal Science. 2024. № 6. Pp. 27-29.

Информация об авторах

Шперов Александр Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Частная зоотехния», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: shperov2011@mail.ru

Чамурлиев Нодари Георгиевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Частная зоотехния», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: zootexnia@mail.ru

Мосолов Александр Анатольевич, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. Рокоссовского, д. 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Абдулхаликов Абдулла Махмудович, аспирант, Волгоградский государственный аграрный университет (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: zootexnia@mail.ru

Author's Information

Shperov Aleksander Sergeevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department "Particular Animal Science", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: shperov2011@mail.ru

Chamurlijev Nodari Georgievich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department "Particular Animal Science", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: zootexnia@mail.ru

Mosolov Aleksander Anatolyevich, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo str., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Abdulkhalikov Abdulla Makhmudovich, PhD student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: zootexnia@mail.ru

STUDY OF FEED SUPPLY FOR BEEF CATTLE AND SHEEP IN THE KAVKAZSKY DISTRICT OF KUBAN THROUGH THE USE OF NATURAL MEADOWS AND PASTELANDS**Yurin D. A., Bedilo N. A., Osepchuk D. V., Golovan V. T.***Krasnodar Scientific Centre for Animal Science and Veterinary Medicine
Krasnodar, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: 4806144@mail.ru

Received 26.07.2024

Submitted 23.09.2024

The research was carried out within the framework of the State Contract with the Ministry of Agriculture and Processing Industry of the Krasnodar Territory No. 48 dated 08.08.2022**Summary**

The article presents the results of the research was to assess the prospects of meadows and pastures in the Caucasus district of the Kuban for supporting beef cattle and sheep breeding. The yield of growing grasses was determined and the nutritional value of green mass was assessed. In the studied region, the studied meadows and pastures have a diverse floristic composition. Thanks to this, beef cattle and sheep on natural grassland can be provided with nutrients.

Abstract

Introduction. Sustainable livestock production systems are critical to ensuring food security. Pastures are an important component of these systems, providing the necessary feed resources for livestock. Most pasture-based systems face challenging production conditions (e.g. long dry seasons, low soil fertility, pests and diseases), which affect both the quantity and quality of forage produced and, thus, determine livestock productivity. In this regard, it is important to study the provision of beef cattle and sheep with forage through the use of natural meadows and pastures. **Object.** The object of the study is pastures of the Caucasus district of Kuban. **Materials and methods.** During the vegetation period of grasses in 2022, a stable yield of green mass was obtained on the studied grass stands. In the Caucasus district of the Central zone of Kuban, studies were conducted at ten sites. During the 3rd cutting from September 1 to 10, there were high air temperatures. There was no precipitation during this time. Based on long-term indicators of average air temperature in the studied areas, the duration of the grazing period was established. It amounted to two hundred days. The species composition of meadow grasses in the studied areas of land was studied. The yield of growing grasses was determined, the nutritional value of green mass was estimated. The climate parameters in the Caucasus district of the Central zone of Krasnodar Krai were determined. **Results and conclusion.** In the Caucasus district of the Central zone of Kuban, meadows and pastures have a diverse floristic composition. Due to this, beef cattle and sheep on natural grass stands can be provided with nutrients. In the studied areas, the number of eaten species ranged from 60.8 to 90.0%. The yield in all the studied areas in the Caucasus district of Kuban ensured the possibility of beef cattle breeding. In the surveyed area, the need for energy feed units (EFU) per conventional head was established. For the year, the need for EFU was determined in the amount of 3746.15. Including during the grazing period – 2144, and in winter – 1602.15. The profitability of meat sheep and cattle breeding was calculated. On the surveyed meadows and pastures of the Caucasus district, the values of 16.1% and 27.65%, respectively, were obtained.

Keywords: *beef cattle, feeding of beef cattle, natural pastures, pasture productivity.***Citation.** Yurin D. A., Bedilo N. A., Osepchuk D. V., Golovan V. T. Study of feed supply for beef cattle and sheep in in the Kavkazsky district of Kuban through the use of natural meadows and pastelands. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 271-278 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-30.**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 633.2.032

ИЗУЧЕНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОРМАМИ МЯСНОГО СКОТА И ОВЕЦ В КАВКАЗСКОМ РАЙОНЕ КУБАНИ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЛУГОВ И ПАСТБИЩ**Юрин Д. А., кандидат сельскохозяйственных наук****Бедило Н. А., кандидат сельскохозяйственных наук****Осепчук Д. В., доктор сельскохозяйственных наук****Головань В. Т., доктор сельскохозяйственных наук***ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии»
г. Краснодар, Российская Федерация***Исследования проведены в рамках Государственного Контракта с Министерством сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края № 48 от 8.08.2022**

Актуальность. Устойчивые системы животноводства имеют решающее значение для обеспечения продовольственной безопасности. Пастбища являются важным компонентом этих систем, обеспечивая необходимые кормовые ресурсы для скота. Большинство систем, основанных на паст-

бищах, сталкивается со сложными производственными условиями (например, длительными засушливыми сезонами, низким плодородием почвы, вредителями и болезнями), которые влияют как на количество, так и на качество производимых кормов и, таким образом, определяют продуктивность животноводства. В связи с этим важно изучение обеспечения кормами мясного скота и овец за счет использования естественных лугов и пастбищ. **Объект.** Объект исследований – пастбища Кавказского района Кубани. **Материалы и методы.** В период вегетации трав в 2022 году получен стабильный по укосам урожай зеленой массы на исследуемых травостоях. В Кавказском районе Центральной зоны Кубани провели исследования на десяти участках. Во время осуществления 3-го укоса с 1 по 10 сентября были высокие температуры воздуха. Осадки в это время отсутствовали. На основании многолетних показателей средней температуры воздуха в изучаемых районах была установлена продолжительность пастбищного периода. Она составила двести дней. Исследовали видовой состав луговых трав на изучаемых участках земельных угодий. Определена урожайность произрастающих трав, оценена питательность зеленой массы. Были определены параметры климата в Кавказском районе Центральной зоны Кубани. **Результаты и выводы.** В Кавказском районе Центральной зоны Кубани луга и пастбища имеют разнообразный флористический состав. Благодаря этому мясной скот и овцы на естественных травостоях могут быть обеспечены питательными веществами. На изученных участках количество поедаемых видов колебалось от 60,8 до 90,0%. Урожайность на всех изученных участках в Кавказском районе Краснодарского края обеспечивала возможность ведения мясного скотоводства. В обследованном районе установлена потребность в энергетических кормовых единицах (ЭКЕ) на одну условную голову. За год потребность в ЭКЕ определена в количестве 3746,15. В том числе во время пастбищного периода – 2144, а в зимнее время – 1602,15. Была рассчитана рентабельность мясного овцеводства и скотоводства. На обследованных лугах и пастбищах Кавказского района получены значения равные соответственно 16,1% и 27,65%.

Ключевые слова: мясной скот, кормление мясного скота, естественные пастбища, продуктивность пастбищ.

Цитирование. Юрин Д. А., Бедило Н. А., Осепчук Д. В., Головань В. Т. Изучение обеспечения кормами мясного скота и овец в Кавказском районе Кубани за счет использования естественных лугов и пастбищ. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 271-278. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-30.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Животноводство является важным видом экономической деятельности и обеспечения продовольственной безопасности во многих частях мира. Потребности жвачных животных в значительной степени зависят от питательных веществ естественных пастбищ. Возможности повышения рентабельности выпаса животных зависят от продуктивности пастбищ. Высокие доли бобовых на пастбище весьма желательны из-за их вклада в сбалансированный рацион, энергии, витаминов и минеральных веществ [1].

Устойчивые системы животноводства имеют решающее значение для обеспечения продовольственной безопасности. Пастбища являются важным компонентом этих систем, обеспечивая необходимые кормовые ресурсы для скота. Большинство систем, основанных на пастбищах, сталкиваются со сложными производственными условиями (например, длительными засушливыми сезонами, низким плодородием почвы, вредителями и болезнями), которые влияют как на количество, так и на качество производимых кормов и, таким образом, определяют продуктивность животноводства [2-4].

Увеличение использования пастбищ скотом часто обеспечивает более высокую рентабельность, поскольку вегетативная биомасса является одним из самых дешевых источников корма. Однако эффективному кормлению мясного скота на пастбищах препятствует временная (межсезонная изменчивость) и территориальная изменчивость продуктивности пастбищ, связанных с местным климатом, почвой и видами растений. От этих факторов зависят нормы поголовья, стратегии управления пастбищами и решения о дополнительном кормлении.

Изменение количества пастбищ является существенным источником бизнес-риска. Таким образом, наличие точных и своевременных количественных оценок возможного роста пастбищ положительно влияет на биологическую эффективность и финансовые результаты систем производства мясной продукции [5-8].

Крупный рогатый скот в основном выращивается при трех различных системах хозяйствования: экстенсивной, интенсивной и полунтенсивной. Крупный рогатый скот выпасают на свободных пастбищах при экстенсивной системе, тогда как стойловое содержание и кормление практикуется при интенсивной системе.

В рацион скота и овец в основном входят грубые, сочные, концентрированные, зеленые корма и различные минеральные добавки. Своевременно убранное клеверное или люцерновое сено является прекрасным кормом для овец, особенно молодняка, так как оно богато протеином и кальцием. Злаковое сено, в отличие от бобового, бедно протеином и минеральными веществами, но богато углеводами.

Во всех системах управления недостаток обеспечения качественными кормами является основным фактором, ограничивающим производство мясной продукции. Кормовые ресурсы либо отсутствуют в достаточных количествах из-за нестабильных погодных условий, либо даже если они имеются, то характеризуются низкой пищевой ценностью. Это можно объяснить отсутствием качественных пастбищ и отсутствием опыта создания и управления ими. Для поддержания продуктивности животноводства во время дефицита кормов используется ряд различных вариантов, таких как использование остатков сухого корма, стерни, летних активных видов/сортов умеренного пояса и дополнительных кормов [9-11].

Естественные травостой могут обеспечивать стабильную и даже повышенную продуктивность, а также богатый ботанический состав благодаря правильному использованию. Особенно важно вместо обычной вольной или бессистемной пастбы, обеспечить загонный выпас, а также соблюдать кратность выпаса и оптимальную нагрузку.

Низкое отщипывание луговых трав, на которое способны овцы (2-3 см), снижает припочвенную облиственность растений и замедляет темп роста после очередного стравливания. Поэтому оптимум интенсивности стравливания злаково-разнотравных пастбищ лежит в пределах 80-90%, то есть после каждого стравливания травостой высотой 20 см должна оставаться стерня высотой 4-5 см. Она позволит травостой наиболее полно и максимально восстановиться без отрицательного влияния на урожай в последующие годы. Такая степень стравливания легко контролируется опытным фермером и с годами улучшает как структуру травостоя, так и качество пастбищного корма [2, 12, 13].

Другим важным мероприятием поддержания высокой продуктивности естественных травостоев и необходимого соотношения злаков и бобовых является переменное (через 1 год) сенокосно-пастбищное использование их травостоев. Для обеспечения высокой продуктивности животных на пастбище существенное значение имеет густота и высота стравливаемого травостоя.

На пастбищах с густым травостоем нагул мясного скота происходит более успешно, так как при каждом скусывании животное захватывает больше травы – 3 г вместо 2 г на изреженном [8, 12].

Целью исследований было определение возможности использования лугов и пастбищ в Кавказском районе Кубани для снабжения кормами крупного рогатого мясного скота и овец.

В ходе работы были выполнены задачи:

Определен видовой состав на лугах и пастбищах Кавказского района.

Установлена урожайность травостоев и питательность зеленой массы. Рассчитан на основе результатов обследования выход сена, сухого вещества.

На обследованных участках в Кавказском районе определено количество видов, поедаемых мясным скотом и овцами трав.

Материалы и методы. В связи с достаточным объемом осадков в период вегетации трав в 2022 году получен стабильный по укосам урожай зеленой массы на исследуемых травостоях.

В Кавказском районе Центральной зоны Краснодарского края провели исследования на десяти участках. Во время осуществления 3-го укоса с 1 по 10 сентября были высокие температуры воздуха. Осадки в это время отсутствовали.

На основании многолетних показателей средней температуры воздуха в изучаемых районах была установлена продолжительность пастбищного периода. Она составила двести дней: 15.04 – 01.11.

Были определены параметры климата в Кавказском районе Центральной зоны Кубани (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры климата в Кавказском районе Центральной зоны Краснодарского края
Table 1 – Climate parameters in the Kavkazsky district of the Central zone of the Krasnodar Region

Параметры климата / Climate parameters	Апрель / April	Май / May	Июнь / June	Июль / July	Август / August	Сентябрь / September	За вегетационный период / During the growing season
Температура воздуха, °C / Air temperature, °C	15,3	18,6	21,4	23,0	25,4	24,0	21,3
Количество осадков, мм / Precipitation, mm	9,0	75,0	103,0	93,0	30,1	49,0	359,1

Результаты и обсуждение. В Кавказском районе Центральной зоны Кубани нами были изучены десять участков.

№ 1. Станица Казанская Кавказского р-на Кубани.

Направление использования: сенокос и пастбище. Количество растений (шт./м²): Тысячелистник обыкновенный *Achillaea millefolium*: 2; цикорий обыкновенный *Cichorium intybus*: 2; овсяница луговая *Festuca pratensis*: 3; пырей ползучий *Elytrigia repens*: 2; клевер луговой *Trifolium pratense*: 8; кострец безостый *Brömus inermis*: 2. Поедаемые виды составляют 78,9%.

№ 2. Юго-западнее ст. Казанской Кавказского р-на Кубани.

Направление использования: сенокос и пастбище. Количество растений (шт./м²): Кострец безостый *Brömus inermis*: 4; клевер луговой *Trifolium pratense*: 3; костер кровельный *Bromus tectorum*: 2; пырей ползучий *Elytrigia repens*: 4; тысячелистник обыкновенный *Achillaea millefolium*: 3; кострец безостый *Brömus inermis*: 4; овсяница луговая *Festuca pratensis*: 5. Поедаемые виды составляют 88,0%.

№ 3. Юго-западнее ст. Казанской Кавказского р-на Кубани.

Направление использования: сенокос и пастбище. Количество растений (шт./м²): Пырей ползучий *Elytrigia repens*: 9; подорожник ланцетовидный *Plantago lanceolata*: 2; цикорий обыкновенный *Cichorium intybus*: 2; овсяница луговая *Festuca pratensis*: 3; клевер луговой *Trifolium pratense*: 8; кострец безостый *Brömus inermis*: 2. Поедаемые виды составляют 84,6%.

№ 4. Юго-западнее ст. Казанской Кавказского р-на Кубани.

Направление использования: сенокос и пастбище. Количество растений (шт./м²): Овсяница луговая *Festuca pratensis*: 6; шалфей *Salvia*: 2; цикорий обыкновенный *Cichorium intybus*: 2; пырей ползучий *Elytrigia repens*: 2; клевер луговой *Trifolium pratense*: 3; кострец безостый *Brömus inermis*: 2. Поедаемые виды составляют 76,4%.

№ 5. Ст. Кавказская Кавказского р-на Кубани.

Направление использования: сенокос и пастбище. Количество растений (шт./м²): Тысячелистник обыкновенный *Achillaea millefolium*: 6; овсяница луговая *Festuca pratensis*: 4; пырей ползучий *Elytrigia repens*: 8; костер кровельный *Bromus tectorum*: 4; мятлик луговой *Poa pratensis*: 7. Поедаемые виды составляют 79,3%.

№ 6. Ст. Кавказская Кавказского р-на Кубани.

Направление использования: сенокос и пастбище. Количество растений (шт./м²): Тмин обыкновенный *Cárum cárvi*: 2; овсяница луговая *Festuca pratensis*: 5; пырей ползучий *Elytrigia repens*: 6; кострец безостый *Brömus inermis*: 2. Поедаемые виды составляют 86,6%.

№ 7. Ст. Казанская Кавказского р-на Кубани.

Направление использования: сенокос и пастбище. Количество растений (шт./м²): Цикорий обыкновенный *Cichorium intybus*: 2; тмин обыкновенный *Cárum cárvi*: 5; лядвенец рогатый *Lótus corniculátus*: 2; овсяница луговая *Festuca pratensis*: 4; тысячелистник обыкновенный *Achillaea millefolium*: 2; пырей ползучий *Elytrigia repens*: 5; кострец безостый *Brömus inermis*: 3. Поедаемые виды составляют 60,8%.

№ 8. Ст. Казанская Кавказского р-на Кубани.

Направление использования: сенокос и пастбище. Количество растений (шт./м²): Люцерна посевная: 2; овсяница луговая *Festuca pratensis*: 4; пырей ползучий *Elytrigia répens*: 4; тысячелистник обыкновенный *Achilléa millefólium*: 2; кострец безостый *Brómus inērmis*: 6. Поедаемые виды составляют 88,8%.

№ 9. Ст. Казанская Кавказского р-на Кубани.

Направление использования: сенокос и пастбище. Количество растений (шт./м²): Клевер луговой *Trifolium pratense*: 2; лядвенец рогатый *Lótus corniculátus*: 4; овсяница луговая *Festuca pratensis*: 4; пырей ползучий *Elytrigia répens*: 4; подмаренник цепкий *Gálium aparíne*: 2; кострец безостый *Brómus inērmis*: 4. Поедаемые виды составляют 90,0%.

№ 10. Станица Кавказская Кавказского р-на Кубани.

Направление использования: сенокос и пастбище. Количество растений (шт./м²): Лядвенец рогатый *Lótus corniculátus*: 3; овсяница луговая *Festuca pratensis*: 3; пырей ползучий *Elytrigia répens*: 4; кострец безостый *Brómus inērmis*: 3; подорожник большой *Plantágo lanceoláta*: 2. Поедаемые виды составляют 86,6%.

Урожайность на участках Кавказского района Кубани приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Урожайность по 3 укосам, ц/га

Table 2 – Productivity for 3 cuttings, c/ha

№ участка / No of the plot	Зеленая масса по укосам / Green mass for mowing				Воздушно-сухая масса по укосам / Air-dry mass by mowing				Абсолютно сухая масса по укосам / Absolutely dry mass on mowing				% выхода сена по укосам / % of hay yield by mowing		
	1	2	3	всего	1	2	3	всего	1	2	3	всего	1	2	3
1	101,2	90,2	86,2	277,6	27,4	24,3	23,2	74,9	24,0	21,7	21,0	66,7	27,1	26,9	26,9
2	48,8	44,8	39,8	133,4	14,3	13,1	11,7	39,1	12,5	11,7	10,6	34,8	29,3	29,2	29,4
3	36,4	33,2	29,7	99,3	10,1	9,2	8,2	27,5	8,8	8,2	7,4	24,4	27,7	27,7	27,6
4	62,3	58,3	53,3	173,9	18,8	17,6	16,2	52,6	16,5	15,7	14,6	46,8	30,2	30,2	30,4
5	73,4	69,8	61,2	204,4	21,5	20,5	18,0	60,0	18,8	18,3	16,3	53,4	29,3	29,4	29,4
6	72,0	68,0	62,0	202	19,4	18,3	16,7	54,4	17,0	16,4	15,1	48,5	26,9	26,9	26,9
7	48,8	45,6	38,3	132,7	13,9	13,0	10,9	37,8	12,2	11,6	9,9	33,7	28,5	28,5	28,5
8	56,7	53,4	47,8	157,9	15,7	14,8	13,2	43,7	13,8	13,2	11,9	38,9	27,7	27,7	27,6
9	62,7	58,4	48,4	169,5	17,4	16,2	13,4	47,0	15,2	14,5	12,1	41,8	27,8	27,7	27,7
10	48,8	46,3	38,2	133,3	13,1	12,5	10,3	35,9	11,5	11,2	9,3	32,0	26,8	27,0	27,0
11	101,2	90,2	86,2	277,6	27,4	24,3	23,2	74,9	24,0	21,7	21,0	66,7	27,1	26,9	26,9
12	48,8	44,8	39,8	133,4	14,3	13,1	11,7	39,1	12,5	11,7	10,6	34,8	29,3	29,2	29,4

Средние показатели питательности трав за три укоса на участках Кавказского района показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Средние показатели питательности трав за три укоса

Table 3 – Average nutritional values of grasses for three cuttings

№ участка / No of the plot	Показатель / Index								
	абсолютно сухая масса, ц/га / absolutely dry weight, cwt/ha	питательность, ЭКЕ / Nutrition, ECE	сырой протеин, ц/га / crude protein, cwt/ha	сырая клетчатка, ц/га / crude fiber, cwt/ha	сырой жир, ц/га / crude fat, cwt/ha	зола, ц/га / ash, cwt/ha	Ca, ц/га / Ca, cwt/ha	P, ц/га / P, cwt/ha	каротин, кг/га / carotene, kg/ha
1	66,7	1,79	6,5	31,55	2,00	5,85	0,43	0,127	0,32
2	34,8	1,80	3,5	15,03	0,77	3,03	0,17	0,087	0,13
3	24,4	1,80	2,3	12,42	0,85	2,13	0,17	0,042	0,11
4	46,8	1,80	4,8	20,21	1,04	4,08	0,23	0,117	0,18
5	53,4	1,83	5,0	28,77	1,97	4,62	0,38	0,100	0,20
6	48,5	1,78	4,9	21,07	1,20	4,26	0,27	0,103	0,23
7	33,7	1,83	3,1	18,15	1,24	2,92	0,24	0,063	0,13
8	38,9	1,80	3,9	16,80	0,86	3,39	0,19	0,097	0,15
9	41,8	1,79	4,1	19,78	1,25	3,66	0,27	0,081	0,20
10	32,0	1,83	3,0	17,24	1,18	2,77	0,23	0,060	0,12

Была подсчитана потребность гектаров естественных пастбищ на 1 условную голову. Расчет был произведен на основе данных об урожайности на обследованных участках (таблица 4).

Таблица 4 – Потребность в естественных пастбищах в Кавказском районе Краснодарского края, га на 1 условную голову

Table 4 – Demand for natural pastures in the Kavkazsky district of the Krasnodar Region, hectares per 1 conventional head

№ участка / No of the plot	Расположение / Location	Количество га/гол. / Number of hectares/head of cattle
1	Станица Казанская / Cossack village Kazanskaya	0,63
2	Юго-западнее ст. Казанской / Southwest Cossack village Kazanskaya	1,2
3	Юго-западнее ст. Казанской / Southwest Cossack village Kazanskaya	1,71
4	Юго-западнее ст. Казанской / Southwest Cossack village Kazanskaya	0,89
5	Ст. Кавказская / Cossack village Kavkazskaya	0,78
6	Ст. Кавказская / Cossack village Kavkazskaya	0,86
7	Ст. Казанская / Cossack village Kazanskaya	1,24
8	Ст. Казанская / Cossack village Kazanskaya	1,07
9	Ст. Казанская / Cossack village Kazanskaya	1
10	Ст. Кавказская / Cossack village Kavkazskaya	1,3

Была определена урожайность произрастающих трав, оценена питательность зеленой массы. В Кавказском районе Центральной зоны Краснодарского края изучаемые луга и пастбища имеют разнообразный флористический состав. Благодаря этому мясной скот и овцы на естественных травостоях могут быть обеспечены питательными веществами.

В обследованном районе Кубани установлена потребность в энергетических кормовых единицах (ЭКЕ) на одну условную голову. За год потребность в ЭКЕ определена в количестве 3746,15. В том числе во время пастбищного периода – 2144, а в зимнее время – 1602,15.

На обследованных лугах и пастбищах видовой состав состоит преимущественно из злаковых трав, и в меньшей степени – из бобовых.

На изученных участках Кавказского района Кубани количество поедаемых видов колебалось от 60,8 до 90,0%.

Была рассчитана рентабельность мясного овцеводства и скотоводства. На обследованных лугах и пастбищах изученного района получены значения равные соответственно 16,1 % и 27,65%.

Заключение. В Кавказском районе Центральной зоны Кубани луга и пастбища имеют разнообразный флористический состав. Благодаря этому мясной скот и овцы на естественных травостоях могут быть обеспечены питательными веществами.

Была установлена продолжительность пастбищного периода. Она составила двести дней в период: 15.04-01.11.

На изученных участках количество поедаемых видов колебалось от 60,8 до 90,0%.

Урожайность на всех изученных участках в Кавказском районе Краснодарского края обеспечивала возможность ведения мясного скотоводства.

В обследованном районе установлена потребность в энергетических кормовых единицах (ЭКЕ) на одну условную голову. За год потребность в ЭКЕ определена в количестве 3746,15. В том числе во время пастбищного периода – 2144, а в зимнее время – 1602,15.

Была рассчитана рентабельность мясного овцеводства и скотоводства. На обследованных лугах и пастбищах Кавказского района получены значения равные соответственно 16,1% и 27,65%.

Conclusions. In the Caucasian region of the Central zone of the Kuban, meadows and pastures have a diverse floristic composition. Thanks to this, beef cattle and sheep on natural grass stands can be provided with nutrients. The duration of the pasture period was established. It was two hundred days in the period: 15.04-01.11. In the studied areas, the number of eaten species ranged from 60.8 to 90.0 %.

The yield in all the studied plots in the Kavkazsky District of the Krasnodar Territory provided the possibility of beef cattle breeding. In the surveyed area, the need for energy fodder units (ECU) per conventional head was established. For the year, the need for ECU was determined in the amount of 3746.15. Including during the pasture period – 2144, and in winter – 1602.15. The profitability of beef sheep breeding and cattle breeding was calculated. In the surveyed meadows and pastures of the Kavkazsky District, the values were equal to 16.1% and 27.65%, respectively.

Библиографический список

1. Sanou L., Ouédraogo S., Savadogo P., Bindelle J. et al. Plant biomass and seed production of the legumes *Aeschynomene histrix* and *Stylosanthes hamata* and the potential of endozoochory by cattle and sheep in semi-arid native pastures. *Heliyon*. 2023. Vol. 9 (7). P. e18202.
2. Jayasinghe J. M. P., Pembleton K. G., Donaghy D. J., Ramilan T., Barber D. G. Long-term evaluation of pasture production, seasonality, and variability: An application of the DairyMod pasture model for three tropical species. *European Journal of Agronomy*. 2024. Vol. 156. P. 127103.
3. Badgery W., Broadfoot K., Millar G., Harris C., Boschma S. Tropical pastures add value to grazing systems in temperate environments of Eastern Australia. *Field Crops Research*. 2024. Vol. 312. P. 109402.
4. Bo P. T., Bai Y., Dong Y., Shi H. Influence of Different Harvesting Stages and Cereals-Legume Mixture on Forage Biomass Yield, Nutritional Compositions, and Quality under Loess Plateau Region. *Plants (Basel)*. 2022. Vol. 11 (20). P. 2801.
5. Bo P. T., Dong Y., Zhang R., Htet M. N. S. Optimization of Alfalfa-Based Mixed Cropping with Winter Wheat and Ryegrass in Terms of Forage Yield and Quality Traits. *Plants (Basel)*. 2022. Vol. 11 (13). P. 1752.
6. Скамарохова А. С., Горковенко Л. Г., Ригер А. Н., Бедило Н. А., Осецкий С. И. Актуальные варианты сочетания злаково-бобовых травосмесей для создания культурных пастбищ в условиях Краснодарского края. Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. 2017. Т. 6. № 3. С. 146-149.
7. Скамарохова А. С., Юрина Н. А., Гнеуш А. Н. Биоудобрение для повышения урожайности зеленой массы вико-пшеничной травосмеси. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021. № 7-1 (109). С. 137-140.
8. Лукьянов В. А., Прущик И. А. Плотность и твёрдость чернозёма типичного на фоне разных агротехнологий и способов обработки почвы. *Пермский Аграрный Вестник*. 2022. № 4. С. 29-37.
9. Юрина Н. А., Мачнева Н. Л., Козлова М. С., Колесник Ю. Н. Использование нетрадиционного компонента в качестве кормовой добавки. *Аграрный научный журнал*. 2019. № 2. С. 53-56.
10. Brown A. N., Ferreira G., Teets C. L., Thomason W. E., Teutsch C. D. Nutritional composition and in vitro digestibility of grass and legume winter (cover) crops. *Dairy Sci*. 2018. Vol. 101 (3). Pp. 2037-2047.
11. Romero-Ruiz A., Rivero M. J., Andrew P. et al. Grazing livestock move by Lévy walks: Implications for soil health and environment. *Journal of Environmental Management*. 2023. 118835.
12. Xu R., Shi W., Kamran M. Grass-legume mixture and nitrogen application improve yield, quality, and water and nitrogen utilization efficiency of grazed pastures in the loess plateau. *Front Plant Sci*. 2023. Vol. 14. P. 1088849.
13. Zhang X. Q., Luo H. L., Hou X. Y. et al. Effect of restricted time at pasture and indoor supplementation on ingestive behaviour, dry matter intake and weight gain of growing lambs. *Livestock Science*. 2014. Vol. 167. Pp. 137-143.

References

1. Sanou L., Ouédraogo S., Savadogo P., Bindelle J. et al. Plant biomass and seed production of the legumes *Aeschynomene histrix* and *Stylosanthes hamata* and the potential of endozoochory by cattle and sheep in semi-arid native pastures. *Heliyon*. 2023. Vol. 9 (7). P. e18202.
2. Jayasinghe J. M. P., Pembleton K. G., Donaghy D. J., Ramilan T., Barber D. G. Long-term evaluation of pasture production, seasonality, and variability: An application of the DairyMod pasture model for three tropical species. *European Journal of Agronomy*. 2024. Vol. 156. P. 127103.
3. Badgery W., Broadfoot K., Millar G., Harris C., Boschma S. Tropical pastures add value to grazing systems in temperate environments of Eastern Australia. *Field Crops Research*. 2024. Vol. 312. P. 109402.
4. Bo P. T., Bai Y., Dong Y., Shi H. Influence of Different Harvesting Stages and Cereals-Legume Mixture on Forage Biomass Yield, Nutritional Compositions, and Quality under Loess Plateau Region. *Plants (Basel)*. 2022. Vol. 11 (20). P. 2801.
5. Bo P. T., Dong Y., Zhang R., Htet M. N. S. Optimization of Alfalfa-Based Mixed Cropping with Winter Wheat and Ryegrass in Terms of Forage Yield and Quality Traits. *Plants (Basel)*. 2022. Vol. 11 (13). P. 1752.
6. Skamarohova A. S., Gorkovenko L. G., Riger A. N., Bedilo N. A., Osetsky S. I. Actual Variants of Cereal-Leguminous Grass Mixtures for the Creation of Cultivated Pastures in the Krasnodar Territory. Collection of scientific works of the North Caucasian Research Institute of Animal Husbandry. 2017. V. 6. № 3. Pp. 146-149.
7. Skamarohova A. S., Yurina N. A., Gneush A. N. Biofertilizer for increasing the yield of green mass of vetch-wheat grass mixture. *International Research Journal*. 2021. № 7-1 (109). Pp. 137-140.
8. Lukyanov V. A., Prushchik I. A. Density and hardness of typical chernozem against the background of different agricultural technologies and methods of tillage. *Perm Agrarian Bulletin*. 2022. № 4. Pp. 29-37.
9. Yurina N. A., Machneva N. L., Kozlova M. S., Kolesnik Y. N. Use of the Non-Traditional Component as a Feed Additive. *Agrarian Scientific Journal*. 2019. № 2. Pp. 53-56.
10. Brown A. N., Ferreira G., Teets C. L., Thomason W. E., Teutsch C. D. Nutritional composition and in vitro digestibility of grass and legume winter (cover) crops. *Dairy Sci*. 2018. Vol. 101 (3). Pp. 2037-2047.
11. Romero-Ruiz A., Rivero M. J., Andrew P. et al. Grazing livestock move by Lévy walks: Implications for soil health and environment. *Journal of Environmental Management*. 2023. 118835.

12. Xu R., Shi W., Kamran M. Grass-legume mixture and nitrogen application improve yield, quality, and water and nitrogen utilization efficiency of grazed pastures in the loess plateau. *Front Plant Sci.* 2023. Vol. 14. P. 1088849.

13. Zhang X. Q., Luo H. L., Hou X. Y. et al. Effect of restricted time at pasture and indoor supplementation on ingestive behaviour, dry matter intake and weight gain of growing lambs. *Livestock Science.* 2014. Vol. 167. Pp. 137-143.

Информация об авторах

Юрин Денис Анатольевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела технологии животноводства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (Российская Федерация, 350055, г. Краснодар, пос. Знаменский, ул. Первомайская, д. 4), ORCID: 0000-0003-1517-4858, e-mail: 4806144@mail.ru

Бедило Наталья Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории полевого кормопроизводства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (Российская Федерация, 350055, г. Краснодар, пос. Знаменский, ул. Первомайская, д. 4), e-mail: 4806144@mail.ru

Осепчук Денис Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела технологии животноводства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (Российская Федерация, 350055, г. Краснодар, пос. Знаменский, ул. Первомайская, д. 4), ORCID: 0000-0003-4327-205X, e-mail: 4806144@mail.ru

Головань Валентин Тимофеевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела технологии животноводства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии», (Российская Федерация, 350055, г. Краснодар, пос. Знаменский, ул. Первомайская, д. 4), ORCID: 0000-0001-9916-2277, e-mail: 4806144@mail.ru

Author's Information

Yurin Denis Anatolyevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Livestock Technology, Krasnodar Scientific Centre for Animal Science and Veterinary Medicine (Russian Federation, 350055, Krasnodar, Znamensky, Pervomaiskaya Street, 4), ORCID: 0000-0003-1517-4858, e-mail: 4806144@mail.ru

Bedilo Natalia Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Field Fodder Production, Krasnodar Scientific Centre for Animal Science and Veterinary Medicine (Russian Federation, 350055, Krasnodar, Znamensky, Pervomaiskaya Street, 4), e-mail: 4806144@mail.ru

Osepchuk Denis Vasilyevich, Doctor of Agricultural Sciences, leading researcher at the Department of Livestock Technology, Krasnodar Scientific Centre for Animal Science and Veterinary Medicine (Russian Federation, 350055, Krasnodar, Znamensky, Pervomaiskaya Street, 4), ORCID: 0000-0003-4327-205X, e-mail: 4806144@mail.ru

Golovan Valentin Timofeevich, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher at the Department of Livestock Technology, Krasnodar Scientific Centre for Animal Science and Veterinary Medicine (Russian Federation, 350055, Krasnodar, Znamensky, Pervomaiskaya Street, 4), ORCID: 0000-0001-9916-2277, e-mail: 4806144@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-31

HELMINTH FAUNA OF BROILERS GROWN AT SMALL-SCALE POULTRY FARMS WITH FLOOR AND PADDOCK HOUSING IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN

Dagayeva A. B., Makhieva B. M., Kabardiev S. Sh.

*Caspian Zonal Veterinary Research Institute – branch of Federal State Budgetary National Institution
“Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan”
Makhachkala, Republic of Dagestan, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: journal1977@mail.ru

Received 17.06.2024

Submitted 12.09.2024

The research was carried out in accordance with the State Subject: ‘To develop a comprehensive system of measures to prevent and control the most common invasive diseases of farm animals and birds using modern chemotherapeutic and insectoacaricidal preparations of a wide spectrum of action in the conditions of the Caspian region of Russia’ (FNMN-2024-0013). Reg. NIOCTR 122022400197-4

Summary

The article presents data on the study of helminth fauna in broilers grown on small-scale poultry farms with floor-paddock housing in the conditions of the Republic of Dagestan. As a result of the studies it was established that in broilers the species composition includes protozoa class – *E. tenella*, *E. acervulina*, *E. mitis*, *E. necatrix* and *Cr. baileyi*; helminths of Nematoda class – *Ascaridia galli*, *Heterakis gallinarum*, *Capillaria obsignata*; parasites of Cestoda class – *Raillietina tragona*, *Skrjabina caucasica*, *Skrjabina cesticillus*. Parasitoses are manifested as monoinvasions and in the form of mixtinvasions.

Abstract

Poultry production is an important and dynamic branch of agriculture in many countries of the world. Its main objective is to produce high quality dietary products such as eggs and meat. However, the development of poultry production is hampered by infectious and invasive diseases including helminthic diseases. These parasitoses in birds are widespread and often run chronically without obvious clinical manifestations. Birds that appear healthy do not receive treatment. Many researchers have noted that nematode species (*Ascaridia galli*, *Heterakis gallinarum*, *Capillaria obsignata*, *Thominx collaris*, *Eucoleus annulatus*, and

Singamus trachea,); *Eimeria* species (*E. tenella*, *E. acervulina*, *E. mitis*, *E. necatrix*, *E. maxima*, *E. praecox*, *E. brunetti*,) and *Cryptosporidia* (*Cr. baileyi*) are most commonly reported in broilers. **Object.** The object of the study was 800 heads of broilers raised on small-scale poultry farms with floor-standing housing. **Materials and methods.** Fauna of endoparasites was determined by means of methods of lifetime and postmortem diagnostics, using coprological methods of research (ovoscopy, larvoscopy, helminthoscopy). Flotation methods (according to Fülleborn), sedimentation methods (sequential washing) and combined flotation-sedimentation methods (according to Demidov) were also used. **Results and conclusions.** As a result of the conducted researches it has been established that in broilers of floor-standing cultivation in small-scale farms of Dagestan the species composition includes: protozoa class – *E. tenella*, *E. acervulina*, *E. mitis*, *E. necatrix* and *Cr. baileyi*; helminths of Nematoda class – *Ascaridia galli*, *Heterakis gallinarum*, *Capillaria obsignata*; parasites of Cestode class – *Raillietina tragona*, *Skrjabina caucasica*, *Skrjabina cesticillus*. In the majority of cases in broilers of floor-standing cultivation there are associative forms – "*Ascaridia galli* + *Eimeria tenella*. + *Cr. baileyi*".

Keywords: broilers, broiler housing technologies, broiler helminth fauna, poultry farms, broiler housing conditions.

Citation. Dagayeva A. B., Makhieva B. M., Kabardiev S. Sh. Helminth fauna of broilers grown at small-scale poultry farms with floor and paddock housing in the conditions of the republic of Dagestan. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 278-283 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-31.

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

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

УДК 619:616.995.128.095

ГЕЛЬМИНТОФАУНА БРОЙЛЕРОВ, ВЫРАЩИВАЕМЫХ НА МЕЛКОТОВАРНЫХ ПТИЦЕФАБРИКАХ С НАПОЛЬНО-ВЫГУЛЬНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

Дагаева А. Б., научный сотрудник

Махиева Б. М., кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник

Кабардиев С. Ш., доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник

Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт –
филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»
г. Махачкала, Республика Дагестан, Российская Федерация

Исследования выполнены в рамках Государственной тематики «Усовершенствовать способы, методы борьбы и профилактики с особо-опасными инвазионными болезнями сельскохозяйственных животных и птиц, с учетом эпизоотологических особенностей паразитов в условиях Северо-Кавказского региона России»

Актуальность. Птицеводство является важной и динамичной отраслью сельского хозяйства во многих странах мира. Его основной целью является производство высококачественных диетических продуктов, таких как яйца и мясо. Однако развитию птицеводства мешают инфекционные и инвазионные болезни, включая гельминтозы. Эти паразитозы у птиц широко распространены и часто протекают хронически, без явных клинических проявлений. Птицы, кажущиеся здоровыми, не получают лечения. Многие исследователи отмечают, что чаще всего у бройлеров регистрируются виды нематод (*Ascaridia galli*, *Heterakis gallinarum*, *Capillaria obsignata*, *Thominx collaris*, *Eucoleus annulatus* и *Singamus trachea*,); эймерии – (*E. tenella*, *E. acervulina*, *E. mitis*, *E. Necatrix*, *E. maxima*, *E. praecox*, *E. brunetti*,) и криптоспоридии (*Cr. baileyi*). **Объект.** Объектом исследования являлись 800 голов бройлеров, выращиваемых на мелкотоварных птицефабриках с напольно-выгульным содержанием. **Материалы и методы.** Фауну эндопаразитов определяли с помощью методов прижизненной и посмертной диагностики, используя для этого копрологические методы исследования (овоскопия, ларвоскопия, гельминтоскопия). Также применяли флотационные методы (по Фülleборну), седиментационные методы (последовательное промывание) и комбинированные флотационно-седиментационные (по Демидову). **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований установлено, что у бройлеров напольно-выгульного выращивания в мелкотоварных фермах Дагестана видовой состав включает: класс простейшие – *E. tenella*, *E. acervulina*, *E. mitis*, *E. necatrix* и *Cr. baileyi*; гельминты класса Nematoda – *Ascaridia galli*, *Heterakis gallinarum*, *Capillaria obsignata*; паразиты класса Цестода – *Raillietina tragona*, *Skrjabina caucasica*, *Skrjabina cesticillus*. В большинстве случаев у бройлеров напольно-выгульного выращивания встречаются ассоциативные формы – «*Ascaridia galli* + *Eimeria tenella* + *Cr. baileyi*».

Ключевые слова: бройлеры, технологии содержания бройлеров, гельминтофауна бройлеров, птицефабрики, условия содержания бройлеров.

Цитирование. Дагаева А. Б., Махиева Б. М., Кабардиев С. Ш. Гельминтофауна бройлеров, выращиваемых на мелкотоварных птицефабриках с напольно-выгульным содержанием в условиях Республики Дагестан. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 278-283. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-31.

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 большинстве стран мира птицеводство является важной и динамичной отраслью сельского хозяйства. Оно обеспечивает производство высококачественных диетических продуктов – яиц и мяса [1, 2]. Однако развитию птицеводства мешают инфекционные и инвазионные болезни, включая гельминтозы. Эти паразитозы у птиц широко распространены и часто протекают хронически, без явных клинических проявлений. Птицы, кажущиеся здоровыми, не получают лечения. По мнению исследователей, наиболее часто встречающимися у бройлеров видами нематод являются (*Ascaridia galli*, *Heterakis gallinarum*, *Capillaria obsignata*, *Thominx collaris*, *Eucoleus annulatus* и *Singamus trachea*); эймерии – (*E. tenella*, *E. acervulina*, *E. mitis*, *E. Necatrix*, *E. maxima*, *E. praecox*, *E. brunetti*), и криптоспоридии (*Cr. Baileyi*) [3, 4, 5, 6]. Некоторые авторы отмечают, что наиболее распространенными гельминтами у бройлеров являются аскаридии, гетеракисы и капиллярии, а цестоды встречаются реже [7, 8, 9, 10, 11]. Указанные паразиты могут заражать птиц в отдельности или в форме микст инвазий. Изучение ассоциативных заболеваний является одной из важных и новых проблем в гельминтологии, так как птицы часто заражены несколькими видами гельминтов одновременно. Исследование возрастной динамики заражения бройлеров паразитами показало, что с возрастом инвазированность птиц возрастает [12, 13, 14]. В Дагестане не в полной мере изучены эпизоотологические проблемы фауны эндопаразитов у бройлеров, выращиваемых в условиях напольно-выгульного содержания [15, 16]. **Цель** – изучить фауну эндопаразитов у бройлеров на мелкотоварных птицефабриках с напольно-выгульным содержанием в условиях Республики Дагестан.

Материал и методы. Научные исследования проводили на поголовье птиц мелкотоварных птицефабрик Республики Дагестан и в лаборатории института. Восприимчивость бройлеров, выращиваемых на полу и на выгуле, к эндопаразитам изучали с помощью методов прижизненной и посмертной диагностики.

С этой целью использованы копрологические методы исследования, такие как овоскопия, ларвоскопия и гельминтоскопия. Также применяли флотационные методы (по Фюллеборну), седиментационные методы (последовательное промывание) и комбинированные флотационно-седиментационные (по Демидову).

Фауну гельминтов у бройлеров, находящихся на напольно-выгульном выращивании, изучили в количестве 800 голов птицы. Для определения инвазированности бройлеров, видового состава паразитов¹ и локализации их в органах и тканях проведены полные и неполные гельминтологические вскрытия по К. И. Скрябину (1928)². Статистическую обработку полученных данных производили по компьютерной программе «Биометрия». **Результаты и обсуждение.** У бройлеров напольно-выгульного выращивания в мелкотоварных фермах Республики Дагестан видовой состав класса *простейшие* включает – *E. tenella*, *E. acervulina*, *E. mitis*, *E. necatrix* и *Cr. baileyi*, у которых экстенсивность инвазии составляет, соответственно, 34,0±2,6; 9,0±1,9; 4,0±2,2; 16,0±2,1 и 39,0%±2,2, в среднем – 20,2±2,2.

^{1 2} Рыжиков К. М., Черткова А. Н. Определитель гельминтов куриных птиц. М., 1968. 259 с.

² Скрябин К. И. Метод полных гельминтологических вскрытий позвоночных, включая человека. М. Изд-во МГУ, 1928. 45 с.

Таблица 1 – Инвазированность бройлеров напольно-выгульного выращивания, гельминтами класса простейшие (n=800)

Table 1 – Invasion of broilers of floor-range rearing, helminths of the class Protozoa (n=800)

№, п/п	Виды паразитов / Types of parasites	Инвазировано, особей / Infested, individuals	ЭИ, %
1.	<i>Eimeria tenella</i>	800/272	34,0±2,6
2.	<i>Eimeria acervulina</i>	800/72	9,0±1,9
4.	<i>Eimeria mitis</i>	800/32	4,0±2,2
6.	<i>Eimeria necatrix</i>	800/128	16,0±2,1
8.	<i>Cryptosporidium baileyi</i>	800/312	39,0±2,2
	В среднем / Average	-	20,2±2,2

Таблица 2 – Инвазированность бройлеров напольно-выгульного выращивания, гельминтами класса Nematoda (n=800)

Table 2 – Invasion of broilers of floor-range cultivation by helminths of the Nematoda class (n=800)

№№ п/п	Обнаруженные виды паразитов / Detected types of parasites	Исследовано, особей / Studied, individuals	Инвазировано, особей / Infested, individuals	ЭИ, %
1.	<i>Ascaridia galli</i>	800	96	12,0±2,1
2.	<i>Heterakis gallinarum</i>	800	88	10,0±0,9
3.	<i>Capillaria obsignata</i>	800	72	10,0±0,9
	В среднем / Average	-	-	10,0±1,3

По результатам научных исследований, у бройлеров указанного содержания, класс *Nematoda* представлен в основном видами – *Ascaridia galli*, *Heterakis gallinarum*, *Capillaria obsignata*, с экстенсивностью инвазий – 28,0±2,1; 16,0±0,9; 9,0±0,8; в среднем 14,3, (таблица 1).

Таблица 3 – Инвазированность бройлеров напольно-выгульного выращивания, гельминтами класса Цестода (n=800)

Table 3 – Invasion of broilers of floor-range cultivation by helminths of the class Cestode (n=800)

№ п/п	Виды паразитов / Types of parasites	Исследовано / инвазировано, особей / Examined/infested, individuals	ЭИ, %
1.	<i>Raillietina tragona</i>	800/80	10,0 ±1,4
2.	<i>Skrjabina caucasica</i>	800/96	12,0±1,2
3.	<i>Skrjabina cesticillus</i>	800/88	11,0 ±1,6
	В среднем / Average	-	11,0±1,4

Класс *Цестода* среди выявленной гельминтофауны представлен видами *Raillietina tragona*, *Skrjabina caucasica*, *Skrjabina cesticillus* с интенсивностью инвазии, соответственно 10,0 ±1,4, 12,0±1,2, 11,0 ±1,6, а в среднем 11,0±1,4.

Таблица 4 – Инвазированность бройлеров напольно-выгульного выращивания смешанными формами инвазий различных классов и видов (n=800)

Table 4 – Invasion of broilers of floor-range rearing with mixed forms of invasions of various classes and species (n=800)

№ п/п	Виды паразитов / Types of parasites	Исследовано, инвазировано, особей / Examined, infested, individuals	ЭИ, %
1.	<i>Ascaridia galli</i> + <i>Eimeria tenella</i> + <i>Skrjabina caucasica</i> + <i>Cr. baileyi</i>	800/96	12,0±2,1
2.	<i>Ascaridia galli</i> + <i>Cr. Baileyi</i> + <i>Raillietina tragona</i>	800/88	11,0±1,9
3.	<i>Ascaridia galli</i> + <i>Eimeria tenella</i> + <i>Cr. baileyi</i>	800/184	23,0±1,6%

Заключение. В Дагестане при проведении исследований, у бройлеров напольно-выгульного содержания часто выявлялись ассоциированные формы инвазий, где присутствовали нематоды, цестоды, простейшие (эймерии и криптоспоридии).

В основном это ассоциации *Ascaridia galli*, *Skrjabina caucasica*, *Eimeria tenella* и *Cr. Baileyi*. Например, ассоциация «*Ascaridia galli* + *Eimeria tenella*. + *Cr. Baileyi*» встречается с интенсивностью инвазии 23,0±1,6%, «*Ascaridia galli* + *Eimeria tenella*, *Skrjabina caucasica*, *Cr. baileyi*» – 12,0±2,1 и «*Ascaridia galli* + *Cr. Baileyi* + *Raillietina tragona*.» – 11,0±1,9% (см. таблицу 4).

Следует отметить, что у бройлеров, содержащихся на полу и выпасаемых на улице, чаще всего наблюдаются инвазии, вызванные аскаридиозом и эймериозом и криптоспориозом.

В результате проведенных исследований установлено, что у бройлеров напольно-выгульного выращивания в мелкотоварных фермах Дагестана видовой состав включает:

- класс *простейшие* – *E. tenella*, *E. acervulina*, *E. mitis*, *E. necatrix* и *Cr. baileyi*, с экстенсивностью инвазии, соответственно, $34,0 \pm 2,6$; $9,0 \pm 1,9$; $4,0 \pm 2,2$; $16,0 \pm 2,1$ и $39,0\% \pm 2,2$, в среднем $-20,2 \pm 2,2$;

- гельминты класса *Nematoda* – *Ascaridia galli*, *Heterakis gallinarum*, *Capillaria obsignata*, с экстенсивностью инвазий – $12,0 \pm 2,1$; $10,0 \pm 0,9$; $10,0 \pm 0,9$; в среднем $10,0 \pm 1,3$;

- паразиты класса *Цестода* – *Raillietina tragona*, *Skrjabina caucasica*, *Skrjabina cesticillus* с интенсивностью инвазии, соответственно $10,0 \pm 1,4$, $12,0 \pm 1,2$, $11,0 \pm 1,6$, а в среднем $11,0 \pm 1,4$.

Conclusions. In Dagestan, during research, associated forms of invasions were often detected in broilers with floor and paddock housing, where nematodes, cestodes, protozoa (eimeria and cryptosporidium) were present.

These are mainly associations of *Ascaridia galli*, *Skrjabina caucasica*, *Eimeria tenella* and *Cr. Baileyi*. For example, the association "*Ascaridia galli* + *Eimeria tenella* + *Cr. baileyi*" occurs with an invasion rate of $23,0 \pm 1,6\%$, "*Ascaridia galli* + *Eimeria tenella*, *Skrjabina caucasica*, *Cr. baileyi*" – $12,0 \pm 2,1$ and "*Ascaridia galli* + *Cr. baileyi* + *Raillietina tragona*." – $11,0 \pm 1,9\%$ (see Table 4).

It should be noted that broilers kept on the floor and grazed outdoors most often have invasions caused by ascariidiosis and eimeriosis and cryptosporidiosis. As a result of the studies carried out, it was found that in broilers of free-range cultivation in small-scale farms of Dagestan, the species composition includes:

- class of protozoa – *E. tenella*, *E. acervulina*, *E. mitis*, *E. necatrix* and *Cr. baileyi*, with the extensiveness of invasion, respectively, $34,0 \pm 2,6$; $9,0 \pm 1,9$; $4,0 \pm 2,2$; $16,0 \pm 2,1$ and $39,0\% \pm 2,2$, on average $-20,2 \pm 2,2$;

- helminths of the class *Nematoda* – *Ascaridia galli*, *Heterakis gallinarum*, *Capillaria obsignata*, with extensive invasions – $12,0 \pm 2,1$; $10,0 \pm 0,9$; $10,0 \pm 0,9$; average $10,0 \pm 1,3$;

- parasites of the class *Cestode* – *Raillietina tragona*, *Skrjabina caucasica*, *Skrjabina cesticillus* with invasion introduction, respectively $10,0 \pm 1,4$, $12,0 \pm 1,2$, $11,0 \pm 1,6$, and on average $11,0 \pm 1,4$.

Библиографический список

1. Бобылева Г. А. Российское птицеводство: проблемы и перспективы развития в 2020 г. Птица и птицепродукты. 2020. № 4. С. 9-14.
2. Быкова Н. В. Значение отрасли птицеводства в обеспечении продовольственной безопасности. Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 1 (41). С. 67-71.
3. Сафиуллин Р. Т., Чалышева Э. И. Кокцидиозы индеек в хозяйствах промышленного типа Центрального региона России. Российский паразитологический журнал. 2022. № 16 (2). С. 160-169.
4. Кагермазов Ц. Б., Биттиров А. М., Пашаев В. Ш. Эймериозная инвазия у цыплят-бройлеров в условиях птицефабрики ЗАО «Горец». Аграрная Россия. 2016. № 2. С. 21-23.
5. Пашаев В. Ш., Алиев Ш. К., Кабардиев С. Ш., Бегиев С. Ж., Биттиров А. М. Эпизоотологическая характеристика паразитарной фауны кур клеточного, напольного и выгульного содержания в Дагестане. Современные проблемы биологии и экологии материалы докладов II Международной научно-практической конференции. 2016. С. 143-145.
6. Войтенко Л. Г., Нижельская Е. И., Буров С. В., Войтенко О. С., Кузякин А. А., Кузякин С. А. Гельминтофауна кур в ЛПХ с напольно-выгульным содержанием. Научная жизнь. 2019. Т. 14. Вып. 9. С. 1458-1467.
7. Качанова Е. О., Сафиуллин Р. Т. Распространение эймериозной инвазии у бройлеров и ремонтного молодняка кур яичной и мясояичной породы. Труды Всероссийского НИИ экспериментальной ветеринарии им. Я. П. Коваленко. 2018. № 80 (2). С. 177-182.
8. Wuthijaree K., Lambert C., Gauly M. Prevalence of gastrointestinal helminth infections in free-range laying hens under mountain farming production conditions. British Poultry Science. 2017. N 10. P. 26.
9. Blake D. P., Knox J., Dehaeck B., Huntington B., Rathinam T., Ravipati V., et al. Re-calculating the cost of coccidiosis in chickens. Veterinary Research. 2020. No 51 (1). P. 115.
10. Сивкова А. С., Гагарин Е. М., Глазунова Л. А. Некоторые эпизоотологические особенности эймериоза у кур яичного направления продуктивности. АПК: инновационные технологии. 2020. № (1). С. 6-12. <https://elibrary.ru/pigpgz>
11. Кашковская Л. М., Балышев А. В., Абрамов В. Е., Зубарев В. Н. Современный подход к борьбе с эймериозом цыплят-бройлеров. Ветеринария. 2019. № 3. С. 31-33.
12. Baboolal V., et al. The prevalence of intestinal helminths in broiler chickens in Trinidad. Veterinarski Arhiv. 2012. V. 82 (6). Pp. 591-597.
13. Байрамов С. Ю. Динамика зараженности домашних птиц цестодами и нематодами. Аграрная наука. 2016. № 3. С. 28-30.

14. Коротова Д. М., Ларионов С. В. Сравнительная эффективность отечественных препаратов при эймериозе цыплят-бройлеров. Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2023. № 2. С. 10-14. <https://elibrary.ru/yjkvti>.

15. Пашаев В. Ш., Кабардиев С. Ш., Алиев Ш. К., Алиев М. А., Бегиев С. Ж., Биттиров А. М. Структурная организация паразитофауны домашних кур напольного содержания в приусадебных хозяйствах Дагестана. Современные проблемы биологии и экологии: материалы докладов II Международной научно-практической конференции. 2016. С. 145-147.

References

1. Bobyleva G. A. Russian poultry farming: problems and prospects of development in 2020. Poultry and poultry products. 2020. № 4. Pp. 9-14.
2. Bykova N. V. The importance of the poultry industry in ensuring food security. Vestnik AIC Verkhnevolzhye. 2018. № 1 (41). Pp. 67-71.
3. Safiullin R. T., Chalysheva E. I. Coccidiosis of turkeys in farms of industrial type of the Central region of Russia. Russian Parasitological Journal. 2022. No 16 (2). Pp. 160-169.
4. Kagermazov Ts. B., Bittirov A. M., Pashayev V. Sh. Eimeriosis infestation in broiler chickens in conditions of poultry farm ZAO 'Gorets'. Agrarnaya Rossiya. 2016. № 2. Pp. 21-23.
5. Pashayev V. Sh., Aliev Sh. K., Kabardiev S. Sh., Begiev S. J., Bittirov A. M. Epizootological characteristics of parasitic fauna of chickens of cage, floor and paddock housing in Dagestan. Modern problems of biology and ecology materials of reports of the II International scientific-practical conference. 2016. Pp. 143-145.
6. Voitenko L. G., Nizhelskaya E. I., Burov S. V., Voitenko O. S., Kuzyakin A. A., Kuzyakin S. A. Helminthofauna of chickens in LPH with floor-paddock housing. Scientific Life. 2019. V. 14. I. 9. Pp. 1458-1467.
7. Kachanova E. O., Safiullin R. T. Distribution of eimeriosis infestation in broilers and repair young chickens of egg and meat-egg breed. Proceedings of the All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Veterinary Science. Я. R. Kovalenko. 2018. No 80 (2). Pp. 177-182.
8. Wuthijaree K., Lambert C., Gauly M. Prevalence of gastrointestinal helminth infections in free-range laying hens under mountain farming production conditions. British Poultry Science. 2017. N 10. P. 26.
9. Blake D. P., Knox J., Dehaeck B., Huntington B., Rathinam T., Ravipati V., et al. Re-calculating the cost of coccidiosis in chickens. Veterinary Research. 2020. No 51 (1). P. 115.
10. Sivkova A. S., Gagarin E. M. M., Glazunova L. A. Some epizootological features of eimeriosis in hens of egg production direction. AIC: Innovative technologies. 2020. No 1. Pp. 6-12. <https://elibrary.ru/pigpgz>
11. Kashkovskaya L. M., Balyshev A.V., Abramov V.E., Zubarev V. N. Modern approach to the fight against eimeriosis of broiler chickens. Veterinary Science. 2019. No (3). Pp. 31-33.
12. Baboolal V., et al. The prevalence of intestinal helminths in broiler chickens in Trinidad. Veterinarski Arhiv. 2012. V. 82 (6). Pp. 591-597.
13. Bayramov S. Yu. Yu. Dynamics of infestation of domestic birds with cestodes and nematodes. Agrarian science. 2016. № 3. Pp. 28-30.
14. Korotova D. M., Larionov S. V. Comparative effectiveness of domestic preparations for eimeriosis of broiler chickens. Actual issues of agricultural biology. 2023. No 2. Pp. 10-14. <https://elibrary.ru/yjkvti>.
15. Pashayev V. Sh., Kabardiev S. Sh., Aliev Sh. K., Aliev M. A., Begiev S. J., Bittirov A. M. Structural organisation of parasitofauna of domestic chickens of floor keeping in household farms of Dagestan. Modern problems of biology and ecology materials of reports of the II International scientific-practical conference. 2016. Pp. 145-147.

Информация об авторах

Дагаева Асият Багаутдиновна, научный сотрудник лаборатории по изучению инвазионных болезней сельскохозяйственных животных и птиц Прикаспийского зонального НИВИ – филиала ФГБНУ «ФАНЦ РД» (Российская Федерация, 367014, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. А. Шахбанова, д. 88) e-mail: journal1977@mail.ru

Махияева Баху Магомедовна, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории по изучению инвазионных болезней сельскохозяйственных животных и птиц Прикаспийского зонального НИВИ – филиала ФГБНУ «ФАНЦ РД» (Российская Федерация, 367014, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. А. Шахбанова, д. 88).

Кабардиев Садрутдин Шамшитович, доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией по изучению инвазионных болезней сельскохозяйственных животных и птиц Прикаспийского зонального НИВИ – филиала ФГБНУ «ФАНЦ РД», (Российская Федерация, 367014, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. А. Шахбанова, д. 88).

Authors' Information

Dagayeva Asiyat Bagautdinovna, research associate of the laboratory for the study of invasive diseases of farm animals and birds of the Caspian Zonal Veterinary Research Institute – branch of Federal State Budgetary National Institution "Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan" (Russian Federation, 367014, Republic of Dagestan, Makhachkala, A. Shakhbanov St., 88).

Makhiyeva Bahu Magomedovna, Candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher of the Laboratory for the Study of Invasive Diseases of Farm Animals and Poultry of the Caspian Zonal Veterinary Research Institute – branch of Federal State Budgetary National Institution "Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan" (Russian Federation, 367014, Republic of Dagestan, Makhachkala, A. Shakhbanov St., 88).

Kabardiev Sadrutdin Shamshitovich, Doctor of Veterinary Sciences, Chief Researcher, Head of the Laboratory for the study of invasive diseases of farm animals and birds of the Caspian Zonal Veterinary Research Institute – branch of Federal State Budgetary National Institution "Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan" (Russian Federation, 367014, Republic of Dagestan, Makhachkala, A. Shakhbanov St., 88).

**THE RELATIONSHIP OF SOME GENES WITH ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS OF
KALMYK CATTLE (REVIEW)****Ubushieva V. S., Ubushieva A. V., Chimidova N. V., Badmaeva K. E.***Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov
Elista, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vicki_93g@mail.ru

Received 04.07.2024

Submitted 18.09.2024

Summary

The article presents a review of scientific studies by foreign and domestic authors, in which polymorphisms of candidate genes associated with meat productivity and quality of Kalmyk cattle meat were studied: somatotropin (GH), growth differentiation factor (GDF5), leptin (LEP), calpain (CAPN), calpastatin (CAST), thyroglobulin (TG). A review of publications on these genes showed that the considered genes have a positive effect on the live weight of Kalmyk cattle. The relationship of these genes to hematological and biochemical parameters of blood was noted, which indicates a high intensity of redox reactions and a beneficial effect on the metabolism and productivity of animals.

Abstract

Introduction. In animal husbandry, animal productivity is important. Kalmyk cattle are characterized by good meat productivity, therefore, when breeding this breed, it is of particular importance to increase meat productivity and the quality of the meat products obtained. Improving the productivity of cattle can be achieved through the correct selection of genetic lines and systematic breeding. The selection of animals is carried out taking into account genetic characteristics, animals with the best indicators are used for breeding the next generation. In recent years, the current trend in genetics has been the study of genetic polymorphism. **Object.** Genes interconnected with economically valuable traits of Kalmyk cattle. **Materials and methods.** The material for writing the article was scientific research by foreign and domestic authors, in which polymorphisms of candidate genes associated with meat productivity and meat quality of Kalmyk cattle were studied: somatotropin (GH), growth differentiation factor (GDF5), leptin (LEP), calpain (CAPN), calpastatin (CAST), thyroglobulin (TG). **Results and conclusions.** A review of publications on these genes showed that the considered genes have a positive effect on the live weight of Kalmyk cattle. Some studies have established the effect of polymorphisms T878C in the SCD gene, c.408A>G in the FABP4 gene, the MC4R gene on the live weight of Kalmyk bull calves. The GH and GDF5 genes have a positive effect on animal measurements. In addition, the relationship of these genes to hematological and biochemical parameters of blood was noted, which indicates a high intensity of redox reactions and a beneficial effect on the metabolism and productivity of animals. An analysis of studies on the CAPN and CAST genes showed their significant effect on the tenderness of meat. The study of the genetic structure of the herd and regular screening of desirable genotypes, which are interrelated with meat productivity and meat quality, make it possible to objectively assess the genetic potential of beef cattle. The identification of animals with marker alleles, as well as their use in the breeding process, will make it possible to increase the number of livestock with preferred genetic complexes.

Keywords: Kalmyk cattle, candidate genes, SNP, meat productivity of Kalmyk cattle, quality of meat of Kalmyk cattle.

Citation. Ubushieva V. S., Ubushieva A. V., Chimidova N. V., Badmaeva K. E. The relationship of some genes with economically valuable traits of kalmyk cattle (review). *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 284-293 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-32.

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

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

УДК 636.082:636.082.11

**ВЗАИМОСВЯЗЬ НЕКОТОРЫХ ГЕНОВ С ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫМИ ПРИЗНАКАМИ
КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА КАЛМЫЦКОЙ ПОРОДЫ (ОБЗОР)****Убушиева В. С., соискатель****Убушиева А. В., кандидат биологических наук****Чимидова Н. В., кандидат биологических наук****Бадмаева К. Е., кандидат биологических наук***ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова»
г. Елиста, Российская Федерация*

Актуальность. В животноводстве важное значение имеет продуктивность животных. Крупный рогатый скот калмыцкой породы отличается хорошей мясной продуктивностью, поэтому при разведении данной породы особое значение имеет повышение мясной продуктивности и качества

получаемой мясной продукции. Улучшения продуктивности крупного рогатого скота можно добиться благодаря правильному выбору генетических линий и планомерной селекции. Отбор животных при этом осуществляют с учетом генетических характеристик, животных с наилучшими показателями используют для разведения следующего поколения. В последние годы актуальным направлением в генетике является изучение генетического полиморфизма. **Объект.** Гены, взаимосвязанные с хозяйственно-ценными признаками крупного рогатого скота калмыцкой породы. **Материалы и методы.** Материалом для написания статьи служили научные исследования зарубежных и отечественных авторов, в которых были изучены полиморфизмы генов-кандидатов, ассоциированных с мясной продуктивностью и качеством мяса крупного рогатого скота калмыцкой породы: соматотропин (GH), фактор дифференциации роста (GDF5), лептин (LEP), кальпаин (CAPN), кальпастатин (CAST), тиреоглобулин (TG). **Результаты и выводы.** Обзор публикаций по данным генам показал, что рассмотренные гены положительно влияют на живую массу калмыцкого скота. В некоторых исследованиях установлено влияние полиморфизмов T878C в гене SCD, с.408A>G в гене FABP4, гена MC4R на живую массу бычков калмыцкой породы. Гены GH и GDF5 положительно влияют на промеры животных. Кроме того, отмечена связь этих генов на гематологические и биохимические показатели крови, что указывает на высокую интенсивность окислительно-восстановительных реакций и благоприятное влияние на метаболизм и продуктивность животных. Анализ исследований по генам CAPN и CAST показал их достоверное влияние на нежность мяса. Изучение генетической структуры стада и регулярный скрининг желательных генотипов, которые взаимосвязаны с мясной продуктивностью и качеством мяса, позволяют объективно оценить генетический потенциал мясного скота. Выявление животных, имеющих маркерные аллели, а также использование их в селекционном процессе даст возможность увеличить численность поголовья с предпочтительными генетическими комплексами.

Ключевые слова: калмыцкий скот, гены-кандидаты, SNP, мясная продуктивность калмыцкого скота, качество мяса калмыцкого скота.

Цитирование. Убушиева В. С., Убушиева А. В., Чимидова Н. В., Бадмаева К. Е. Взаимосвязь некоторых генов с хозяйственно-ценными признаками крупного рогатого скота калмыцкой породы (обзор). *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 284-293. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-32.

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 животноводстве важное значение имеет продуктивность животных. Крупный рогатый скот калмыцкой породы отличается хорошей мясной продуктивностью, поэтому при разведении данной породы особое значение имеет повышение мясной продуктивности и качества получаемой мясной продукции.

Улучшения продуктивности крупного рогатого скота можно добиться благодаря правильному выбору генетических линий и планомерной селекции. Отбор животных при этом осуществляют с учетом генетических характеристик, животных с наилучшими показателями используют для разведения следующего поколения [1].

В последние годы актуальным направлением в генетике является изучение генетического полиморфизма [2]. Многие отечественные и зарубежные ученые изучали взаимосвязь однонуклеотидных полиморфизмов с различными признаками. Установлено, что хозяйственно ценные селекционные признаки крупного рогатого скота контролируются множественными локусами генов [3]. Поэтому в настоящее время во всем мире в животноводстве активно развивается маркер-ассоциированная селекция, в рамках которой выявляются генотипы животных, которые обладают хозяйственно-полезными признаками [4].

Использование генетических маркеров в мясном скотоводстве даёт возможность точно оценить генетический потенциал животных, контролировать процесс селекции [5]. В селекции крупного рогатого скота мясных пород основными наследственными факторами являются гены, связанные с формированием мясной продуктивности, качеством мяса, ростом и развитием [6]. Так, можно выделить такие гены, как соматотропин (гормон роста, GH), фактор дифференциации роста (GDF-5), кальпаин (CAPN1), кальпастатин (CAST), тиреоглобулин (TG), лептин (LEP), которые оказывают влияние на рост организма, формирование мышечной ткани, химический состав говядины и др.

Материалы и методы. Материалом для написания статьи служили научные исследования зарубежных и отечественных авторов, в которых были изучены полиморфизмы генов-кандидатов, ассоциированных с мясной продуктивностью и качеством мяса крупного рогатого скота калмыцкой породы: соматотропин (GH), фактор дифференциации роста (GDF5), лептин (LEP), кальпаин (CAPN), кальпастатин (CAST), тиреоглобулин (TG).

Гены, ассоциированные с мясной продуктивностью калмыцкого скота.

Генотипирование животных позволило выявить однонуклеотидные полиморфизмы в генах, которые взаимосвязаны с количественными и качественными признаками. В настоящее время с использованием метода ДНК-маркирования определяют потенциал мясной продуктивности крупного рогатого скота по генам GH, GDF5, LEP, CAPN, CAST, TG. Выявление этих генов и использование их в селекционно-племенной работе позволяет сформировать высокопродуктивное стадо с высокими показателями привеса и качества мяса [5].

Соматотропин (гормон роста, GH) – ключевой гормональный регулятор энергетического обмена, синтез и секреция которого производится передней частью гипофиза (Di Stasio L. et al., 2005). GH способствует росту тканей, метаболизму жиров и нормальному росту организма. Также отмечается, что гормон влияет на репродуктивную систему, скорость роста, состав тела, здоровье и выработку молока (Lee J. H. et al. 2013).

У крупного рогатого скота ген соматотропина локализуется на 19 хромосоме, состоит из 5 экзонов, его длина составляет 1869 пар нуклеотидов. Рядом исследований установлена взаимосвязь гена GH с ростом и морфометрическими показателями крупного рогатого скота.

Каюмовым Ф. Г., Третьяковой Р. Ф. и Третьяковой Н. А. (2021) был изучен полиморфизм гена GH у молодняка крупного рогатого скота калмыцкой породы мясного типа Адучи (n=47). Были выявлены носители желательного генотипа VV (6,3%-бычки, 4,6%-телки). Авторами также был проведен биохимический и морфологический анализ крови бычков, с целью определения физиологического состояния животных. В результате было установлено, что у носители генотипа VV гена GH превосходили сверстников с генотипом LL по количеству эритроцитов (на 13,6%), гемоглобина (на 6,9%), лейкоцитов (на $1,2 \times 10^9/\text{л}$), общего белка (на 5,8%). Данные результаты указывают на высокую интенсивность окислительно-восстановительных реакций и благоприятное влияние на метаболизм и продуктивность животных [9].

В исследованиях Фролова А. Н. с соавторами (2022) исследовали полиморфизм гена bGH (rs135322669) у бычков калмыцкой породы (n=100) и изучили его взаимосвязь с живой массой и промерами животных. Авторами были выявлены 3 генотипа «мутации C>G» (CC, CG, GG). При изучении продуктивных качеств бычков по интенсивности роста установили, что носители генотипа CC превосходили сверстников с генотипами CG и GG по живой массе в течении всего изучаемого периода (6-14 мес.). Также авторы выявили связь полиморфизма гена bGH у бычков калмыцкой породы с промерами тела. Так, бычки с генотипом CC превосходили сверстников с генотипом GG по высоте в холке (2,3%), высоте в крестце (2,0%), ширине груди (4,7%), ширине в крестце (5,3%), с генотипом CG по ширине груди (2,3%) [10].

Шевхужева А. Ф. и Скорых Л. Н. (2023) изучили полиморфизм гена GH и выявили его взаимосвязь с живой массой крупного рогатого скота калмыцкой породы (n=156). Авторами были идентифицированы 3 однонуклеотидных полиморфизма в гене GH: с.457C>G, L127V, T172M. Полиморфизм гена соматотропина представлен двумя аллелями (A и B), в исследуемой популяции крупного рогатого скота калмыцкой породы были определены носители генотипов AA, AB, BB. Авторы установили, что животные, имеющие генотип AB и BB в полиморфизмах L127V и T172M, имели большую живую массу в отличии от особей с генотипом AA. Так, носители генотипа AB в полиморфизмах L127V и T172M превосходили животных с генотипом AA на 9,1 и 14,0%, носители генотипа BB – на 14,2 и 23,3%. Также отмечается, что животные с генотипом AA в полиморфизме с.457C>G превосходили особей с генотипами AB и BB по величине живой массы на 3,6 и 4,5% [11].

В исследованиях Горлова И. Ф. с соавторами (2023) также была изучена взаимосвязь гена GH с живой массой крупного рогатого скота калмыцкой породы в двух популяциях (n=100). Было идентифицировано 3 генотипа: VV, VL, LL. Установлено, что животные с генотипом VV имели наиболее высокую живую массу, разница с носителями генотипа VL составила 9,9 и 7,6% [12].

Одним из перспективных факторов в мясном скотоводстве является ген фактора дифференциации роста 5 (GDF5). GDF5 – принадлежит к семейству трансформирующего фактора роста-бета (TGF- β), тесно связан с семейством костных морфогенетических белков (BMPs), участвует в развитии, поддержании и восстановлении костно-хрящевой ткани.

В исследованиях Yong Feng Liu с коллегами (2010) была выявлена взаимосвязь одонуклеотидного полиморфизма T586C гена GDF5 с промерами тела крупного рогатого скота. Некоторыми отечественными учеными была выявлена связь гена GDF5 с экстерьерными показателями крупного рогатого скота мясных пород [14, 16].

В исследованиях Харламова А. В. с соавторами. (2019) изучено влияние полиморфизма T586C в гене GDF5 на параметры тела бычков калмыцкой породы (n=182). Авторы выявили животных, имеющих генотипы TT, TC, CC, установили, что носители генотипа CC превосходили своих сверстников с генотипами TT и TC по высотным промерам: высота в холке (2 и 1,5%), высота в крестце (1,9 и 1,4%), косая длина туловища (2,4 и 2,0%); по широтным промерам: ширина груди (3,1 и 1,8%), ширина в маклоках (2,7 и 2,3%), тазобедренные сочленения (4,2 и 3,4%), глубина груди (1,9 и 1,3%), обхват груди за лопатками (1,5 и 0,8%), обхват зада (3,5 и 2,0%) [16].

Также Харламовым А. В. с соавторами выявлена взаимосвязь полиморфизма в гене GDF5 с гематологическими и биохимическими показателями крови. Авторы установили, что мутации гена с TT к CC сопровождалась увеличением общего белка, холестерина, трансфераз: АЛТ и γ-ГТ, RBC, HGB, MCV, что может свидетельствовать об интенсивности окислительно-восстановительных процессов в организме и косвенно указывает на продуктивные качества животного [17].

Результаты данных исследований показывают, что полиморфизм гена GDF5 оказывает существенное влияние на параметры тела калмыцкого скота, а также на процессы обмена веществ, однако необходимо дальнейшее изучение данного гена.

Одним из потенциальных маркеров мясной продуктивности крупного рогатого является лептин (LEP) [2]. Ген лептина – локализуется на 4 хромосоме крупного рогатого скота, представляет собой негликолизированный полипептид, вовлечен в регуляцию пищевого поведения, оказывает влияние на иммунную и репродуктивную системы, рост и конституцию организма (Чижова Л. Н. и др., 2017).

Рядом исследователей был изучен полиморфизм гена LEP и его влияние на мясную продуктивность крупного рогатого скота мясных пород [18, 19, 20, 21]. Выявлена взаимосвязь полиморфизмов гена лептина (LEP 528C/T, LEP 73C/T) с убойными показателями у скота абердин-ангусской породы, с формированием мраморности и выходом мясных отрубов бычков ангусов и шароле (Герасимов Н. П. и др., 2020; Nkrumah J.D. et al., 2007), полиморфизма LEP/A80V с живой массой и с линейным ростом скота герефордской породы (Дубовская М. П. Герасимов Н. П., 2020), полиморфизма LEP c/239C>T с содержанием жира и сухого вещества в говяжьем фарше, массой туши и внутренним жиром симментальских бычков [23].

Взаимосвязь одонуклеотидных полиморфизмов c.73>C, c/196-121C>T, g.92436333G>A в гене LEP с живой массой крупного рогатого скота калмыцкой породы (n=156) была изучена Шевхужевым А. Ф. с соавторами (2023). Авторы выявили изменение показателя живой массы в зависимости от генотипа. Установлено, что бычки, имеющие генотип CC и СТ полиморфизма c.73T>C имели большую живую массу по сравнению со сверстниками TT генотипа (на 7,3 и 9,5%). Животные с генотипами AG и GG полиморфизма g.92436333G>A также имели большую живую массу (на 13,0 и 11,7%), при этом у животных с различными генотипами полиморфизма c/196-121C>T живая масса практически одинаковая [24].

В некоторых исследованиях имеются данные о влиянии на живую массу крупного рогатого скота калмыцкой породы гена кальпаина (CAPN1). Кальпаин относится к семейству кальций зависимых внутриклеточных протеаз, участвует в протеолизе и размягчении мяса, ассоциирован с его нежностью.

В исследованиях Косян Д. Б. с соавторами (2017) был изучен полиморфизм C316G гена CAPN1 и его влияние на показатели скорости роста и живой массы бычков калмыцкой породы (n=45). Авторы установили, что животные – носители генотипа CC гена CAPN1 имели повышенную энергию роста в отличие от носителей генотипов CG и GG. Наибольший среднесуточный прирост в исследуемых группах животных отмечался в возрастной период 13-14 месяцев. Животные с генотипом CC превышали сверстников по живой массе с генотипами CG и GG на 12,6 и 13% соответственно. По показателям абсолютного прироста бычки с генотипом CC также превосходили сверстников на 1,34% с генотипом CG и на 5,4% с генотипом GG. Но-

сители генотипа СС имели более высокую предубойную живую массу, чем у носителей генотипов СG (на 3,4%) и GГ (на 6,0%), схожая картина отмечалась по показателям: выхода туши, с разницей с генотипом СG – 1,24% и генотипом GГ – 3,54%; масса парной туши, с разницей 3% и 6,5% соответственно. При анализе данных убойного выхода наибольший показатель зафиксирован в группе животных с генотипом СС (56,9%).

Горлов И. Ф. с соавторами (2023) изучили полиморфизм гена CAPN1 у трех мясных пород крупного рогатого скота, в том числе калмыцкой породы (n=100). Авторы установили положительную взаимосвязь генотипов СС и GГ с живой массой во всех исследуемых группах животных. В двух исследуемых группах калмыцких бычков с генотипом СС (на 16,0 и 11,6%) и GГ (на 6,6 и 6,1%) живая масса была выше, чем у сверстников с генотипом СG.

В исследованиях Чимидовой Н. В. с соавторами (2024) также определена положительная взаимосвязь с живой массой калмыцких бычков. Показатель живой массы у носителей генотипа СС был выше, чем у животных с генотипом СG, на 2,3%, GГ – на 5,0% [26].

Имеются исследования, в которых установлено влияние полиморфизмов T878C в гене SCD, с.408A>G в гене FABP4 [27], гена MC4R [12] на живую массу бычков калмыцкой породы.

Гены, ассоциированные с качеством мяса калмыцкого скота.

Одними из перспективных генов, которые влияют на качественные показатели мяса крупного рогатого скота калмыцкой породы, считаются кальпаин (CAPN) и кальпастатин (CAST), ассоциированные с нежностью и цветом, тиреоглобулин (TG) и лептин (LEP), ассоциированные с мраморностью.

Кальпастатин (CAST), как и кальпаин (CAPN), участвует в протеолизе миофибриллярного белка при созревании мяса. CAST является ингибитором активности μ и m -кальпаинов, т.е. играет основную роль в регуляции посмертного протеолиза [28].

Тиреоглобулин (TG5) является продуцирующим предшественником гормонов щитовидной железы. Ген TG5 принимает участие в процессе отложения жира. По результатам исследований отечественных и зарубежных авторов установлена достоверная связь SNP-маркеров гена TG с мраморностью крупного рогатого скота (Wood I.A. et. al. 2006; Hou G.Y. et. al., 2011; Шарипов А. А. и др., 2016).

Лептин (LEP) вырабатывается в жировой ткани, принимает участие в процессе накопления жира и метаболизме. Данный ген рассматривают как маркер упитанности туши (Шевхужев А. Ф. и др., 2022).

Рядом исследований установлено положительное влияние генов CAPN и CAST на нежность мяса (Barendse W. et. al., 2008; Allais S. et. al, 2011, Leal-Gutierrez J.D. et al, 2018; Коновалова Е.Н. и др., 2024). Кроме того, отмечается влияние этих генов на вкусовые качества и питательные свойства мяса, полученного от крупного рогатого скота мясных пород (Сурундаева Л. Г., Маевская Л. А., 2015).

Косян Д. Б. (2015) был изучен химический и биологический состав мяса, полученного от бычков калмыцкой породы (n=70), разных генотипов гена CAPN1 (C316G). Автором установлено, мясо, полученное от бычков-носителей желательного генотипа СС гена CAPN1, имеет высокую пищевую и биологическую ценность.

Сурундаева Л. Г. с соавторами (2017) провели исследование по изучению микро-структуры длиннейшей мышцы спины бычков калмыцкой породы внутривидового типа «Айта» (n=43) в зависимости от генотипа по гену CAPN1. Авторами было проведено измерение диаметра мышечных волокон, при этом было выявлено, что средний диаметр у бычков с генотипом СС достоверно был выше, чем у сверстников с генотипом GГ (на 14,1%) и СG (на 12,13%). Для определения показателя нежности мяса авторами был изучен соотношение мышечной и межмышечной тканей. По результатам было установлено, что носители генотипа СС имели наибольшее относительное количество мышечного волокна в сравнении с носителями генотипов GГ (на 19,12%) и СG (на 3,27%) [36, 37].

В исследовании Косян Д. Б. с соавторами (2018) изучен полиморфизм гена CAST и его влияние на структурно-механические свойства мяса бычков калмыцкой породы (n=50). Авторами, был изучен показатель нежности длиннейшей мышцы спины в образцах сырого мяса в период созревания на 4 и 18 суток. Установлено, что в образцы, полученные от бычков с желательным генотипом ТТ гена CAST, имели меньшее сопротивление при раз-

резании в отличие от образцов от бычков генотипов СТ и СС на 11,2 и 35,7% соответственно. Отмечается, что у всех образцов на 18 сутки созревания показатель усилия при разрезании снизился (ТТ на 71,9%, СТ – 65,9%, СС – 70,3%). Авторами также установлено достоверное влияние на показатель нежности мяса при созревании (56%) [38].

Изучение генетической структуры стада и регулярный скрининг желательных генотипов, которые взаимосвязаны с мясной продуктивностью и качеством мяса, позволяют объективно оценить генетический потенциал мясного скота. Выявление животных, имеющих маркерные аллели, а также использование их в селекционном процессе даст возможность увеличить численность поголовья с предпочтительными генетическими комплексами [39].

Ген тиреоглобулина является одним из перспективных маркеров качества мясной продукции калмыцкого скота. Сурундаева Л. Г. (2016) при изучении полиморфизма BstXI гена тиреоглобулина установила низкую частоту встречаемости генотипа ТТ (12,5%) у крупного рогатого скота калмыцкой породы (n=40).

Изучение полиморфизма гена TG у бычков калмыцкой породы (n=50) в исследовании Чимидовой Н. В. с соавторами (2022) также показало небольшую частоту встречаемости предпочтительного генотипа ТТ (6%) [41].

Кулинцев В. В. с соавторами (2023) в своем исследовании выявили 6 однонуклеотидных полиморфизмов в гене TG: g.8450238T>G, g.8452338G>C, g.8450286T>G, g.8450269C>T, g.8450226A>C, g.8450224C>G. Авторы установили, что животные носители гомозиготных мутантных аллелей имели наибольшие показатели живой массы [42].

Чижовой Л. Н. с соавторами (2020) было проведено генотипирование ремонтного молодняка калмыцкого скота (n=96) по генам CAPN1, GH, TG, LEP. Авторы установили, что частота встречаемости желательных генотипов данных генов составила: 3,0% (CAPN1^{CC}), 42% (GH^{VV}), 4,0% (TG^{TT}), 1,0% (LEP^{TT}) [43].

Полиморфизм гена LEP у молодняка крупного рогатого скота калмыцкой породы мясного типа Адучи был изучен в исследовании Каюмова Ф.Г. с соавторами (2021). Установлено, что в изучаемой группе животных бычки с генотипом СС составляли 31,6%, СТ – 50,8%, ТТ – 17,6%; телки с генотипом СС составляли 35,1%, СТ – 46,6%, ТТ – 18,3%.

Заключение. Анализ литературных источников показал, что рассмотренные нами ДНК-маркеры положительно влияют на живую массу крупного рогатого скота калмыцкой породы, а также на качество мяса. Однако в популяции калмыцкого скота наблюдается нарушение генного равновесия, что открывает перспективы для дальнейшей селекционной работы. Полученные результаты подчеркивают важность молекулярно-генетических исследований в животноводстве для улучшения хозяйственно полезных признаков и повышения эффективности производства.

Conclusions. The analysis of literary sources has shown that the DNA markers we examined have a positive effect on the live weight of Kalmyk cattle, as well as on the quality of meat. However, there is a violation of the gene balance in the population of Kalmyk cattle, which opens up prospects for further breeding work. The obtained results emphasize the importance of molecular genetic research in animal husbandry to improve economically useful traits and increase production efficiency.

Библиографический список

1. Татьяна Е. О., Кудрявцева А. Д. Улучшение мясной продуктивности крупного рогатого скота: роль генетического потенциала в эффективном животноводстве. Научный аспект. Биология. 2024. № 5.
2. Герасимов Н. П. и др. Оценка взаимосвязи послеубойных качеств животных крупного рогатого скота с наличием полиморфизмов LEP 528C/T и LEP 73C/T. Животноводство и кормопроизводство. 2020. № 3. С. 114-126.
3. Abd El-Hack M. E., Abdelnour SA, Swelum AA, Arif M. The application of gene marker-assisted selection and proteomics for the best meat quality criteria and body measurements in Qinchuan cattle breed. Mol Biol Rep. 2018 N 45 (5). Pp.1445-1456.
4. Селионова М. И. и др. Маркер-ассоциированная и геномная селекция мясного скота. Тимирязевский биологический журнал. 2023. № 2. С. 37-48.
5. Колпаков В. И. Влияние некоторых полиморфных генов на мясную продуктивность и качество мяса у крупного рогатого скота (обзор). Животноводство и кормопроизводство. 2020. № 4. С. 47-64.
6. Макаев Ш. А., Герасимов Н. П. Влияние генотипа быков-отцов казахской белоголовой породы по генам CAPN1, CAST и TG5 на качественные показатели мяса у потомков. Животноводство и кормопроизводство. 2020. № 3. С. 102-113.

7. Di Stasio L., Destefanis G., Brugiapaglia A., Albera A., Rolando A. Polymorphism of the GHR gene in cattle and relationships with meat production and quality. *Anim Genet.* 2005. N 36 (2). Pp. 138-140.
8. Lee J. H., Lee Y. M., Lee J. Y., Oh D. Y., Jeong D. J., Kim J. J. Identification of Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) of the Bovine Growth Hormone (bGH) Gene Associated with Growth and Carcass Traits in Hanwoo. *Asian-Australas. Anim Sci.* 2013. N 26 (10). Pp. 1359-64.
9. Каюмов Ф. Г., Третьякова Р. Ф., Третьякова Н. А. Полиморфизм генов CAPN1, GH, TG5 И LEP у молодняка нового мясного типа адуши. *Известия ОГАУ.* 2021. № 5 (91). С. 206-210.
10. Фролов А. Н. и др. Оценка продуктивных качеств и элементного статуса бычков калмыцкой породы различных генотипов по гену гормона роста. *Животноводство и кормопроизводство.* 2022. № 1. С. 62-73.
11. Шевхужев А. Ф., Скорых Л. Н. Ассоциация однонуклеотидных полиморфизмов в гене гормона роста с живой массой у мясного скота калмыцкой породы. *Сельскохозяйственный журнал.* 2023. № 3 (16). С. 128-136.
12. Горлов И. Ф. и др. Полиморфизм генов GH, MC4R и CAPN1 у южных популяций крупного рогатого скота мясных пород и влияние на живую массу. *Животноводство и кормопроизводство.* 2023. Т. 106. № 3. С. 21-34.
13. Zhao X., Bian R., Wang F., et al. GDF-5 promotes epidermal stem cells proliferation via Foxg1-cyclin D1 signaling. *Stem Cell Res Ther.* 2021. N 12. P. 42.
14. Джуламанов К. М. и др. Возрастная изменчивость конституции и экстерьера герефордских бычков, генотипированных по гену GDF5. *Животноводство и кормопроизводство.* 2020. № 3. С. 36-45.
15. Liu Y. F., Zan L. S., Li K., Zhao S. P., Xin Y. P., Lin Q., Tian W. Q., Wang Z. W. A novel polymorphism of GDF5 gene and its association with body measurement traits in *Bos taurus* and *Bos indicus* breeds. *Mol Biol Rep.* 2010. N 37 (1). Pp. 429-34.
16. Харламов А. В., Фролов А. Н., Завьялов О. А. Изменение параметров тела бычков в зависимости полиморфизма гена фактора дифференциации роста 5. *БОНЦ УрО РАН.* 2019. № 4. С.1-8.
17. Харламов А. В., Фролов А. Н., Завьялов О. А., Тяпугин Е. А. Влияние полиморфизма гена фактора дифференциации роста 5 на морфологические и биохимические показатели крови. *Животноводство и кормопроизводство.* 2019. № 3. С. 46-57.
18. Дубовскова М. П. Особенности селекции скота герефордской породы внутривидового типа дмитриевский северо-кавказской популяции с учётом полиморфизма GH (L127V) И LEP/A80V. *Животноводство и кормопроизводство.* 2020. № 4. С. 85-95.
19. Дубовскова М. П., Герасимов Н. П. Генетическая структура и ассоциация полиморфизма генов гормона роста (L127V) и лептина (A80V) с продуктивностью в северо-кавказской популяции герефордской породы. *Животноводство и кормопроизводство.* 2020. № 3. С. 91-101.
20. Гайнутдинова Э. Р. и др. Влияние полиморфизма гена лептина (LEP) на молочную и мясную продуктивность коров-первотелок голштинской породы. *Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана.* 2021. № 1. С. 24-28.
21. Коновалова Е. Н. и др. Связь полиморфизмов генов лептина и кальпаина-1 с эффективностью откорма и убойными качествами крупного рогатого скота мясных пород. *Молочное и мясное скотоводство.* 2024. № 2. С. 31-35.
22. Nkrumah J. D., Keisler D. H., Crews D. H et al. Genetic and phenotypic relationships of serum leptin concentration with performance, efficiency of gain, and carcass merit of feedlot cattle. *J Anim Sci.* 2007. N 85 (9) Pp. 2147-55.
23. Sycheva I., Latynina E., Mamedov A., Tsibizova O., Kozak Y., Svistounov D., Bystrenina I., Orishev A. Effect of TG5 and LEP polymorphisms on the productivity, chemical composition, and fatty acid profile of meat from Simmental bulls. *Vet World.* 2023. N 16 (8). Pp. 1647-1654.
24. Шевхужев А., Каниболоцкая А., Скорых Л., Кононова Л., Вольный Д. Ассоциация однонуклеотидных полиморфизмов в генах LEP, SCD, FABP4 с живой массой у мясного скота калмыцкой породы. *Сельскохозяйственный журнал.* 2023. № 16 (4).
25. Косян Д. Б., Русакова Е. А., Сурундаева Л. Г. Экономическая эффективность использования генетического маркера CAPN1 в селекции калмыцкой породы скота. *Животноводство и кормопроизводство.* 2017. № 4 (100). С. 82-88.
26. Чимидова Н. В. и др. Полиморфизм гена CAPN1 и взаимосвязь с продуктивными качествами животных у крупного рогатого скота. *Вестник АПК Верхневолжья.* 2024. № 1 (65). С. 90-95.
27. Амерханов Х. А. и др. Полиморфизм генов SCD И FABP4 у мясного скота калмыцкой породы. *Молочное и мясное скотоводство.* 2023. № 4. С. 9-13.
28. Шевхужев А. Ф. и др. Полиморфизм генов, ассоциированных с качеством мяса у крупного рогатого скота (обзор). *Сельскохозяйственный журнал.* 2022. № 4 (15). С.128-135.
29. Hou G. Y., Yuan Z. R., et al. Association of thyroglobulin gene variants with carcass and meat quality traits in beef cattle. *Mol Biol Rep.* 2011. N 38 (7). Pp. 4705-8.
30. Wood I. A., Moser G., Burrell D. L. et al. A meta-analytic assessment of a Thyroglobulin marker for marbling in beef cattle. *Genet Sel Evol.* 2006. N 38. P. 479.
31. Шарипов А. А. и др. Использование генетических ДНК-маркеров в оценке качества говядины лимузинской породы. *Ветеринарный врач.* 2016. № 4. С. 58-61.
32. Barendse W., Harrison B. E., Bunch R. J. et al. Variation at the Calpain 3 gene is associated with meat tenderness in zebu and composite breeds of cattle. *BMC Genet.* 2008. N 9. P. 41.
33. Allais S., Journaux L., Levéziel H., Payet-Duprat N., Raynaud P., Hocquette J. F., et al. Effects of polymorphisms in the calpastatin and μ -calpain genes on meat tenderness in 3 French beef breeds. *Anim Sci.* 2011. N 89 (1). Pp. 1-11.
34. Leal-Gutiérrez J. D., Elzo M. A., Johnson D. D., Scheffler T. L., Scheffler J. M., Mateescu R. G. Association of μ -Calpain and Calpastatin Polymorphisms with Meat Tenderness in a Brahman-Angus Population. *Front Genet.* 2018. N 22. N 9. P. 56.

35. Коновалова Е. Н. и др. Связь полиморфизмов генов лептина и кальпаина-1 с эффективностью откорма и убойными качествами крупного рогатого скота мясных пород. Молочное и мясное скотоводство. 2024. № 2. С. 31-35.

36. Сурундаева Л. Г., Маевская Л. А. Анализ ассоциаций разных генотипов молодняка каргалинского мясного типа крупного рогатого скота по гену гормона кальпаина с мясной продуктивностью. Животноводство и кормопроизводство. 2015. № 4 (92). С. 12-15.

37. Сурундаева Л. Г. и др. Особенности гистоморфологических признаков длиннейшей мышцы спины бычков внутрипородного типа "Айта" калмыцкой породы при наличии мутации по гену CAPN1. Животноводство и кормопроизводство. 2017. № 4 (100). С. 40-47.

38. Косян Д. Б., Мирошников С. А., Русакова Е. А. Оценка взаимосвязи полиморфизма гена CAST с структурно-механическими свойствами мяса бычков калмыцкой породы крупного рогатого скота. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. 4. 7 с. <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018-4/Articles/DBK-2018-4.pdf>.

39. Суржикова Е. С., Дубовскова М. П., Герасимов Н. П. Полиморфизм генов CAPN1(C. 316 C>G), TG5(C.-422C>T), GH (C.2141C>G), LEP(C.73C>T) у молодняка мясного скота герефордской породы ставропольской популяции. Животноводство и кормопроизводство. 2021. № 4. С. 67-78.

40. Сурундаева Л. Г. Аллельный полиморфизм гена тиреоглобулина у крупного рогатого скота мясных пород. Животноводство и кормопроизводство. 2016. № 3 (95). С. 47-53.

41. Чимидова Н. В. и др. Полиморфизм гена тиреоглобулина у бычков калмыцкой породы. Сельское хозяйство и экосистемы в современном мире: региональные и межстрановые исследования. 2022. № 1 (2). С. 51-56.

42. Кулинцев В. В. и др. Ассоциация однонуклеотидных полиморфизмов в гене тиреоглобулина с показателями роста и телосложения бычков калмыцкой породы. Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 5. С. 8-13.

43. Чижова Л. Н., Суржикова Е. С., Михайленко Т. Н. Оценка генетического профиля молодняка крупного рогатого скота мясных пород на основе ДНК-диагностики по генам CAPN1, GH, TG, LEP. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 5. С. 159-165.

References

1. Tatyana E. O., Kudryavtseva A. D. Improving the Meat Productivity of Cattle: the Role of Genetic Potential in Effective Animal Husbandry. Scientific aspect. Biology. 2024. № 5.

2. Gerasimov N. P. et al. Assessment of the relationship between post-slaughter qualities of cattle animals and the presence of polymorphisms LEP 528C/T and LEP 73C/T. Animal Husbandry and Fodder Production. 2020. № 3. Pp. 114-126.

3. Abd El-Hack M. E., Abdelnour SA, Swelum AA, Arif M. The application of gene marker-assisted selection and proteomics for the best meat quality criteria and body measurements in Qinchuan cattle breed. Mol Biol Rep. 2018 N 45 (5). Pp.1445-1456.

4. Marker-associated and genomic selection of beef cattle. Timiryazev Biological Journal. 2023. № 2. Pp. 37-48.

5. Kolpakov V. I. Influence of some polymorphic genes on meat productivity and meat quality in cattle (review). Animal husbandry and fodder production. 2020. № 4. Pp. 47-64.

6. Makaev Sh. A., Gerasimov N. P. Influence of Genotype of Father Bulls of the Kazakh White-headed Breed by Genes CAPN1, CAST AND TG5 on Meat Quality Indices in Offspring. Animal husbandry and fodder production. 2020. № 3. Pp. 102-113.

7. Di Stasio L., Destefanis G., Brugiapaglia A., Albera A., Rolando A. Polymorphism of the GHR gene in cattle and relationships with meat production and quality. Anim Genet. 2005. N 36 (2). Pp. 138-140.

8. Lee J. H., Lee Y. M., Lee J. Y., Oh D. Y., Jeong D. J., Kim J. J. Identification of Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) of the Bovine Growth Hormone (bGH) Gene Associated with Growth and Carcass Traits in Hanwoo. Asian-Australas. Anim Sci. 2013. N 26 (10). Pp. 1359-64.

9. Kayumov F. G., Tretyakova R. F., Tretyakova N. A. Polymorphism of CAPN1, GH, TG5, and LEP Genes in Young Animals of the New Meat Type of Aduchi. Izvestiya OSAU. 2021. № 5 (91). Pp. 206-210.

10. Frolov A. N. et al. Assessment of productive qualities and elemental status of bulls of the Kalmyk breed of various genotypes by the gene of growth hormone. Animal husbandry and fodder production. 2022. № 1. Pp. 62-73.

11. Shevkhuzhev A.F., Skorykh L.N. Association of Single Nucleotide Polymorphisms in the Growth Hormone Gene with Live Weight in Kalmyk Beef Cattle. Agricultural Journal. 2023. № 3 (16). Pp. 128-136.

12. Gorlov I. F. et al. Polymorphism of GH, MC4R and CAPN1 genes in southern populations of beef cattle and effect on live weight. Animal husbandry and fodder production. 2023. V. 106. № 3. Pp. 21-34.

13. Zhao X., Bian R., Wang F., et al. GDF-5 promotes epidermal stem cells proliferation via Foxg1-cyclin D1 signaling. Stem Cell Res Ther. 2021. N 12. P. 42.

14. Dzhulamanov K. M. et al. Age variability of the constitution and exterior of Hereford gobies genotyped by the GDF5 gene. Animal husbandry and fodder production. 2020. № 3. Pp. 36-45.

15. Liu Y. F., Zan L. S., Li K., Zhao S. P., Xin Y. P., Lin Q., Tian W. Q., Wang Z. W. A novel polymorphism of GDF5 gene and its association with body measurement traits in Bos taurus and Bos indicus breeds. Mol Biol Rep. 2010. N 37 (1). Pp. 429-34.

16. Kharlamov A. V., Frolov A. N., Zavyalov O. A. Changes in the body parameters of bulls depending on the polymorphism of the growth differentiation factor gene 5. BONC Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 2019. № 4. P.1-8.

17. Kharlamov, A. V., Frolov A. N., Zavyalov O. A., Tyapugin E. A. Influence of Growth Differentiation Factor 5 Gene Polymorphism on Morphological and Biochemical Blood Parameters. *Animal husbandry and fodder production*. 2019. № 3. Pp. 46-57.
18. Dubovskova M. P. Features of Selection of Hereford Cattle of the Intrabreed Type Dmitrievsky of the North Caucasian Population Taking into Account the Polymorphism of GH (L127V) AND LEP/A80V. *Animal husbandry and fodder production*. 2020. № 4. Pp. 85-95.
19. Dubovskova M. P., Gerasimov N. P. Genetic Structure and Association of Growth Hormone (L127V) and Leptin (A80V) Gene Polymorphism with Productivity in the North Caucasian Hereford Population. *Animal husbandry and fodder production*. 2020. № 3. Pp. 91-101.
20. Gainutdinova E. R. et al. Effect of leptin gene polymorphism (LEP) on milk and meat productivity of first-calf cows of the Holstein breed. *Scientific Notes of the Bauman KSAVM*. 2021. № 1. Pp. 24-28.
21. Konovalova E. N. et al. Relationship of polymorphisms of leptin and calpain-1 genes with fattening efficiency and slaughter qualities of beef cattle. *Dairy and beef cattle breeding*. 2024. № 2. Pp. 31-35.
22. Nkrumah J. D., Keisler D. H., Crews D. H et al. Genetic and phenotypic relationships of serum leptin concentration with performance, efficiency of gain, and carcass merit of feedlot cattle. *J Anim Sci*. 2007. N 85 (9) Pp. 2147-55.
23. Sycheva I., Latynina E., Mamedov A., Tsibizova O., Kozak Y., Svistounov D., Bystrenina I., Orishev A. Effect of TG5 and LEP polymorphisms on the productivity, chemical composition, and fatty acid profile of meat from Simmental bulls. *Vet World*. 2023. N 16 (8). Pp. 1647-1654.
24. Shevkhezhev A., Kanibolotskaya A., Skorykh L., Kononova L., Volny D. Association of single nucleotide polymorphisms in LEP, SCD, FABP4 genes with live weight in beef cattle of the Kalmyk breed. *Agricultural Journal*. 2023. № 16 (4).
25. Kosyan D. B., Rusakova E. A., Surundaeva L. G. Economic Efficiency of Using the Genetic Marker CAPN1 in Breeding of the Kalmyk Cattle Breed. *Animal husbandry and fodder production*. 2017. № 4 (100). Pp. 82-88.
26. Chimidova N. V., et al. Polymorphism of the CAPN1 gene and relationship with productive qualities of animals in cattle. *Bulletin of the Agro-Industrial Complex of the Upper Volga*. 2024. № 1 (65). Pp. 90-95.
27. Amerkhanov Kh. A., et al. Polymorphism of SCD and FABP4 genes in beef cattle of the Kalmyk breed. *Dairy and beef cattle breeding*. 2023. № 4. Pp. 9-13.
28. Shevkhezhev A. F. et al. Polymorphism of genes associated with meat quality in cattle (review). *Agricultural Journal*. 2022. № 4 (15). Pp. 128-135.
29. Hou G. Y., Yuan Z. R., et al. Association of thyroglobulin gene variants with carcass and meat quality traits in beef cattle. *Mol Biol Rep*. 2011. N 38 (7). Pp. 4705-8.
30. Wood I. A., Moser G., Burrell D. L. et al. A meta-analytic assessment of a Thyroglobulin marker for marbling in beef cattle. *Genet Sel Evol*. 2006. N 38. P. 479.
31. Sharipov A. A. et al. Use of Genetic DNA Markers in Limousin Beef Quality Assessment. *Veterinarian*. 2016. № 4. Pp. 58-61.
32. Barendse W., Harrison B. E., Bunch R. J. et al. Variation at the Calpain 3 gene is associated with meat tenderness in zebu and composite breeds of cattle. *BMC Genet*. 2008. N 9. P. 41.
33. Allais S., Journaux L., Levéziel H., Payet-Duprat N., Raynaud P., Hocquette J. F., et al. Effects of polymorphisms in the calpastatin and μ -calpain genes on meat tenderness in 3 French beef breeds. *Anim Sci*. 2011. N 89 (1). Pp. 1-11.
34. Leal-Gutiérrez J. D., Elzo M. A., Johnson D. D., Scheffler T. L., Scheffler J. M., Mateescu R. G. Association of μ -Calpain and Calpastatin Polymorphisms with Meat Tenderness in a Brahman-Angus Population. *Front Genet*. 2018. N 22. N 9. P. 56.
35. Relationship of polymorphisms of leptin and calpain-1 genes with fattening efficiency and slaughter qualities of beef cattle. *Dairy and beef cattle breeding*. 2024. № 2. Pp. 31-35.
36. Surundaeva L. G., Maevskaya L. A. Analysis of Associations of Different Genotypes of Young Kargaly Beef Cattle by Calpain Hormone Gene with Meat Productivity. *Animal husbandry and fodder production*. 2015. № 4 (92). Pp. 12-15.
37. Features of histomorphological signs of the longest muscle of the back of bulls of the intrabreed type "Aita" of the Kalmyk breed in the presence of a mutation in the CAPN1 gene. *Animal husbandry and fodder production*. 2017. № 4 (100). Pp. 40-47.
38. Kosyan D. B., Miroshnikov S. A., Rusakova E. A. Assessment of the relationship between the polymorphism of the CAST gene and the structural and mechanical properties of meat of bulls of the Kalmyk breed of cattle. *Bulletin of the Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2018. 4. 7 c. <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018-4/Articles/DBK-2018-4.pdf>.
39. Surzhikova E. S., Dubovskova M. P., Gerasimov N. P. Polymorphism of CAPN1(C. 316 C>G), TG5(C.-422C>T), GH (C.2141C>G), LEP(C.73C>T) Genes in Hereford Beef Cattle of the Stavropol Population. *Animal husbandry and fodder production*. 2021. № 4. Pp. 67-78.
40. Surundaeva L. G. Allelic polymorphism of the thyroglobulin gene in cattle of meat breeds. *Animal husbandry and fodder production*. 2016. № 3 (95). Pp. 47-53.

41. Chimidova N. V., et al. Thyroglobulin gene polymorphism in bulls of the Kalmyk breed. Agriculture and Ecosystems in the Modern World: Regional and Cross-Country Studies. 2022. № 1 (2). Pp. 51-56.
42. Kulintsev V. V., et al. Association of single-nucleotide polymorphisms in the thyroglobulin gene with indicators of growth and physique of bulls of the Kalmyk breed. Dairy and beef cattle breeding. 2023. № 5. Pp. 8-13.
43. Chizhova L. N., Surzhikova E. S., Mikhailenko T. N. Assessment of the Genetic Profile of Young Beef Cattle Based on DNA Diagnostics by CAPN1, GH, TG, LEP Genes. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2020. № 5. Pp. 159-165.

Информация об авторах

Убушиева Виктория Саналовна, научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. А. С. Пушкина, д. 11), e-mail: vicki_93g@mail.ru

Убушиева Алтана Вадимовна, кандидат биологических наук, ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. А. С. Пушкина, д. 11), e-mail: ameli-altanas@mail.ru

Чимидова Надежда Васильевна, кандидат биологических наук, ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. А. С. Пушкина, д. 11), e-mail: nadezhdatchimidova@yandex.ru

Бадмаева Кермен Евгеньевна, кандидат биологических наук, ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. А. С. Пушкина, д. 11), e-mail: kema.badmaeva@gmail.com

Author's Information

Ubushieva Victoria Sanalovna, Researcher, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Republic of Kalmykia, Elista, A. S. Pushkin str., 11), e-mail: vicki_93g@mail.ru

Ubushieva Altana Vadimovna, Candidate of Biological Sciences, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Republic of Kalmykia, Elista, A. S. Pushkin str., 11), e-mail: ameli-altanas@mail.ru

Chimidova Nadezhda Vasilyevna, Candidate of Biological Sciences, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Republic of Kalmykia, Elista, A. S. Pushkin str., 11), e-mail: nadezhdatchimidova@yandex.ru

Badmaeva Kermen Evgenievna, Candidate of Biological Sciences, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Republic of Kalmykia, Elista, A. S. Pushkin str., 11), e-mail: kema.badmaeva@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-33

THE EFFECT OF THE PROTEIN-CONTAINING FEED CONCENTRATE "GORLINKA" ON THE COMMERCIAL QUALITIES OF RAINBOW TROUT**Kashirina A. A.**¹Volgograd State Agrarian University²VNIRO ("VolgogradNIRO")
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: nas.s.r@mail.ru

Received 10.08.2024

Submitted 01.10.2024

Abstract

Introduction. One of the available ways to increase the volume of fish products is to provide aquaculture facilities with balanced feeding. To ensure the long-term sustainability of aquaculture, it is necessary to search for alternative sources of protein feeds, since the cost of traditional feeds remains high. In this regard, the study of the influence of local non-traditional feed sources on the productive qualities of fish is relevant and has scientific and practical significance. **Object.** The object of the study was rainbow trout. **Materials and methods.** Scientific research was carried out on rainbow trout on the basis of IP Kalmykova I. O. When conducting scientific and economic experience, the differences were only in the composition of compound feeds, so the fish of the control group received compound feed with sunflower meal. In the mixed feeds of the 1st, 2nd and 3rd experimental groups of rainbow trout, a partial or complete replacement of sunflower meal with the studied concentrate was performed. Both classical and modern research methods using the latest high-quality certified equipment were used in the research. The data obtained as a result of the research were subject to biometric processing to determine the reliability of the difference in indicators according to the Student's criterion. **The research results.** At the end of the experiment, the live weight of trout of the 1st, 2nd and 3rd experimental groups, which received different percentages of input of the studied feed as part of the compound feed, was in the range from 2793.63 g to 2851.92 g, which is higher than in the control by 161.36 g, 173.48 g and 219.65 g. During the period of the experiment, the total increase in fish experienced The number of groups was higher than in the control by 11.22%, 12.13% and 15.29%. The survival rate of trout in the 3-experimental group was 1% higher than in the control group. The studied indicator in the control, 1-experimental and 2-experimental groups was at the same level and amounted to 96%. Individuals of rainbow trout of the experimental groups who received mustard protein-containing concentrate "Gorlinka" as part of the diet were distinguished by a higher slaughter yield of the carcass and the

yield of muscle mass in relation to control analogues by 0.07-0.13% and 0.18-0.37%, respectively. The chemical and amino acid compositions of trout meat in the experimental groups were higher than in the control: for example, the protein content was higher by 0.14-0.28%, and the inorganic substance – by 0.06-0.11%, the amount of amino acids studied – by 0.483-1.651%. The use of the studied mustard protein-containing feed concentrate "Gorlinka" in mixed feeds for trout had a positive effect on the organoleptic parameters of meat and broth. To expand the feed base in trout farming, increase the nutritional value of compound feeds, increase the fish-breeding and biological parameters of rainbow trout, we recommend using the protein-containing feed concentrate "Gorlinka" in compound feeds for rainbow trout.

Keywords: rainbow trout, rainbow trout rations, protein-containing feed concentrates, "Gorlinka", commercial qualities of trout, weight of trout internal organs, trout muscle tissues, trout feeding.

Citation. Kashirina A. A. The effect of the protein-containing feed concentrate "Gorlinka" on the commercial qualities of rainbow trout. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 293-301 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-33.

Author's contribution. The author of this study were directly involved in the design, execution, and analysis of this study. Author of this article have reviewed and approved the final version submitted.

Conflicts of interest. The author declare no conflict of interest.

УДК 639.371.13.043.2

ВЛИЯНИЕ БЕЛОКСОДЕРЖАЩЕГО КОРМОВОГО КОНЦЕНТРАТА «ГОРЛИНКА» НА ТОВАРНЫЕ КАЧЕСТВА РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

Каширина А. А., преподаватель, специалист

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
ФГБНУ «ВНИРО» («ВолгоградНИРО»)
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Одним из доступных путей наращивания объемов производимой рыбной продукции является обеспечение объектов аквакультуры сбалансированным кормлением. Для обеспечения долгосрочной устойчивости аквакультуры необходим поиск альтернативных источников белковых кормов, поскольку стоимость традиционных кормов по-прежнему остается высокой. В связи с этим изучение влияния местных нетрадиционных кормовых источников на продуктивные качества рыбы является актуальным и имеет научное и практическое значение. **Объект исследования.** Объектом исследования стала радужная форель. **Материалы и методы.** Научные исследования проводили на радужной форели на базе ИП Калмыкова И. О. При проведении научно-хозяйственного опыта различия были только в составах комбикормов, так, рыба контрольной группы получала комбикорм с подсолнечным шротом. В комбикормах 1-, 2- и 3-опытной групп радужной форели была произведена частичная или полная замена подсолнечного шрота на исследуемый концентрат. При выполнении исследований применялись как классические, так и современные методы исследований с использованием новейшего высокоточного сертифицированного оборудования. Полученные в результате исследований данные подлежали биометрической обработке с определением достоверности разницы показателей по критерию Стьюдента. **Результаты и выводы.** В конце опыта живая масса форели 1-, 2- и 3-опытной групп, получавшая в составе комбикорма разные проценты ввода исследуемого кормового средства, была в пределах от 2793,63 г до 2851,92 г, что выше, чем в контроле, на 161,36 г, 173,48 г и 219,65 г. За период опыта общий прирост рыбы опытных групп был выше, чем в контроле, на 11,22%, 12,13% и 15,29%. Выживаемость форели в 3-опытной группе была выше, чем в контроле, на 1%. Изучаемый показатель в контрольной, 1-опытной и 2-опытной находился на одном уровне и составил 96 %. Особи радужной форели опытных групп, получавшие в составе рациона горчичный белоксодержащий концентрат «Горlinka», отличались более высоким убойным выходом тушки и выходом мышечной массы по соотношению с контрольными аналогами соответственно на 0,07-0,13% и 0,18-0,37%. Химический и аминокислотный состав мяса форели в опытных группах был выше, чем в контроле: так, содержание белка было выше на 0,14-0,28%, а неорганического вещества – на 0,06-0,11%, суммы исследуемых аминокислот – на 0,483-1,651%. Использование в комбикормах для форели исследуемого горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горlinka» оказало положительное влияние на органолептические показатели мяса и бульона. Рекомендуем для расширения кормовой базы в форелеводстве, повышения питательной ценности комбикормов, повышения рыбоводно-биологических показателей радужной форели вводить в комбикорма для радужной форели белоксодержащий кормовый концентрат «Горlinka».

Ключевые слова: радужная форель, рационы форели радужной, белоксодержащие кормовые концентраты, «Горлинка», товарные качества форели, масса внутренних органов форели, мышечные ткани форели, кормление форели.

Цитирование. Каширина А. А. Влияние белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» на товарные качества радужной форели. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 293-301. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-33.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликты интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Форелеводство является высокоинтенсивной отраслью рыбоводства, позволяющей получать высококачественную продукцию за весьма короткие сроки выращивания [6].

Сбалансированное питание рыбы в системах животноводства не только обеспечивает ее здоровье и рост, но и отражается на экономической эффективности производства [3, 11, 13]. Обеспечение рыбы сбалансированным качественным питанием и поддержание благоприятных условий среды помогает улучшить конкурентоспособность отрасли и удовлетворить потребности человека в высококачественных продуктах [4, 9, 10].

На сегодняшний день актуальной задачей является пересмотр структуры комбикормов в связи с тем, что традиционные кормовые источники для рыб дефицитны и дороги, поиск альтернативных кормов с высокой питательной ценностью необходим для обеспечения их нормированного кормления и всех физиологических потребностей [12]. Нетрадиционные местные растительные компоненты могут восполнить дефицит кормов, имеющийся на кормовом рынке [1, 2].

В последние годы в низовьях Волги активно развивается маслоперерабатывающая промышленность, побочными продуктами которой являются жмых и шрот. Волгоградская область является центром производства растительного масла. Известно, что горчичный жмых содержит антипитательные вещества и не должен скармливаться животным и птице [5]. Сотрудниками кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ совместно с ООО Волгоградским горчичным заводом «Родос» была разработана технология обезвреживания жмыхов из семян горчицы, в результате которой был получен кормовой продукт под названием горчичный белоксодержащий кормовой концентрат «Горлинка», в котором содержание антипитательных факторов полностью было исключено.

Поэтому использование белковых концентратов растительного происхождения для различных видов гидроидов в рыбоводстве имеет большой потенциал в этом направлении [6, 8].

Объект исследования. Объектом исследований явилась радужная форель.

Материалы и методы. Научно-хозяйственный опыт на радужной форели был проведен в условиях рыбоводного предприятия ИП Калмыкова И. О. Для проведения научно-хозяйственного опыта были отобраны взрослые особи форели методом аналогов и сформированы в четыре группы (одна контрольная и три опытные) по 100 голов в каждой. Во время проведения исследований рыбы из подопытных групп содержались в идентичных условиях, соответствующих нормам, предъявляемым к выращиванию радужной форели. (таблица 1).

Компонентный состав комбикорма для радужной форели (двухлетки и двухгодовики) контрольной группы был следующий: рыбная мука (45,13%), шрот подсолнечный (15,00%), масло подсолнечное (14,90%), жмых соевый (14,29%), кукурузный глютен (7,50%), Субтилис-с (1,50%), монохлоргидрат лизина (1,10%), премикс для рыб (0,30%), DI-метионин (0,20%), L-триптофан (0,08%).

Компонентный состав комбикорма для радужной форели (трехгодовики) контрольной группы был следующий: рыбная мука (44,93%), шрот подсолнечный (20,00%), масло подсолнечное (14,60%), кукурузный глютен (9,40%), жмых соевый (7,89%), Субтилис-с (1,50%), монохлоргидрат лизина (1,10%), премикс для рыб (0,30%), DI-метионин (0,18%), L-триптофан (0,10%).

Таблица 1 – Схема опыта
Table 1 – Scheme of experience

Группа / Group	Особенности кормления / Feeding features	
	Двухлеток и двухгодовиков / Two - year-olds and two - year - olds	Трехгодовиков / Three - year - olds
контрольная / control	Основной рацион (ОР с 15,00% подсолнечного шрота) / Basic diet (OR with 15.00% sunflower meal)	Основной рацион (ОР с 20,00% подсолнечного шрота) / Basic diet (OR with 20.00% sunflower meal)
1-опытная / 1-experienced	ОР с замещением 50% подсолнечного шрота на концентрат «Горlinka» (7,50% от массы комбикорма) / OR with the replacement of 50% of sunflower meal with Gorlinka concentrate (7.50% by weight of mixed feed)	ОР с замещением 50% подсолнечного шрота на концентрат «Горlinka» (10,00% от массы комбикорма) / OR with the replacement of 50% of sunflower meal with Gorlinka concentrate (10.00% by weight of mixed feed)
2-опытная / 2-experienced	ОР с замещением 75% подсолнечного шрота на концентрат «Горlinka» (11,25% от массы комбикорма) / OR with the replacement of 75% of sunflower meal with Gorlinka concentrate (11.25% by weight of mixed feed)	ОР с замещением 75% подсолнечного шрота на концентрат «Горlinka» (15,00% от массы комбикорма) / OR with the replacement of 75% of sunflower meal with Gorlinka concentrate (15.00% by weight of mixed feed)
3-опытная / 3-experienced	ОР с 15,00% концентрата «Горlinka» / OR with 15.00% Gorlinka concentrate	ОР с 20,00% концентрата «Горlinka» / OR with 20.00% Gorlinka concentrate

В комбикормах 1-, 2- и 3-опытной групп радужной форели была произведена частичная или полная замена подсолнечного шрота на исследуемый концентрат.

Исследуемые показатели воды (температура, водородный показатель, содержание растворённого кислорода, нитритов, нитратов, железа и общая жесткость) находились в пределах допустимых значений.

Результаты и обсуждение. Живая масса является обобщенным показателем, отражающим качество условий выращивания и полноценности кормления рыб [7]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что за период проведения опыта наибольшей живой массы достигли особи 1-, 2- и 3-опытной группы по сравнению с контрольными аналогами. Так, средняя живая масса форели к концу опыта в 1-опытной группе составила 2793,63 г, что больше, чем в контроле, на 161,36 г, а в процентном отношении составляет 6,13%, во 2-опытной группе – 2805,75 г, что больше, чем в контроле, на 173,48 г (6,59%) и в 3-опытной группе – 2851,92 г, что больше, чем в контроле на 219,65 г (8,34%).

При анализе роста рыб особое внимание уделяется показателям приростов живой массы. Так, общий прирост рыбы за период опыта составил в 1-опытной группе – 1589,54 г, во 2-опытной – 1602,63 г и 3-опытной – 1647,71 г, что выше, чем в контрольной группе, соответственно на 11,22%, 12,13% и 15,29%, у рыб контрольной группы данный расчетный показатель составил 1429,21 г.

Среднесуточный прирост форели 1-, 2- и 3-опытной групп составил соответственно 5,44 г, 5,49 г и 5,64 г, что на 0,55 г, 0,59 г и 0,75 г выше, чем в контроле. В контрольной группе среднесуточный прирост за весь период проведения опыта составил – 4,89 г (рисунок 1).

Рисунок 1 – Среднесуточный прирост форели подопытных групп, г
Figure 1 – Average daily growth of trout in experimental groups, g

Сохранность взрослых особей контрольной группы находилась на уровне 96%. В 1- и 2-опытной группах радужной форели выживаемость была на одном уровне с контрольными аналогами, а в 3-опытной (97%), что выше чем в контроле на 1,0%.

Мясо форели ценится содержанием легкоусвояемого белка. В отличие от мяса сельскохозяйственных животных и птицы мясо рыб отличается высокой усвояемостью – до 97,00% [8]. По окончании научно-хозяйственного опыта нами были изучены товарные качества форели (таблица 2).

Таблица 2 – Морфологическая характеристика подопытных рыб ($M \pm m$) ($n=6$)Table 2 – Morphological characteristics of experimental fish ($M \pm m$) ($n=6$)

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	контрольная / control	1-опытная / 1-experienced	2-опытная / 2-experienced	3-опытная / 3-experienced
Живая масса перед убоем, г / Live weight before slaughter, g	2635,76 $\pm$ 32,94	2799,03 $\pm$ 31,28*	2809,51 $\pm$ 33,64*	2856,64 $\pm$ 30,90**
Вес тушки, г / Carcass weight, g	2189,39 $\pm$ 26,18	2326,97 $\pm$ 25,18**	2336,68 $\pm$ 25,90**	2376,43 $\pm$ 24,68**
Убойный выход, % / A killer exit, %	83,06 $\pm$ 0,03	83,13 $\pm$ 0,08	83,17 $\pm$ 0,04	83,19 $\pm$ 0,03*
Выход мускулатуры, г / Muscle output, g	1554,31 $\pm$ 18,79	1655,62 $\pm$ 19,83**	1664,37 $\pm$ 18,37**	1695,13 $\pm$ 8,22**
%	58,97 $\pm$ 0,21	59,15 $\pm$ 0,24	59,24 $\pm$ 0,27	59,34 $\pm$ 0,25
Съедобные части, % / Edible parts, %	63,41 $\pm$ 0,21	63,51 $\pm$ 0,23	63,56 $\pm$ 0,22	63,61 $\pm$ 0,23
Условно-съедобные части, % / Conditionally edible parts, %	25,52 $\pm$ 0,13	25,33 $\pm$ 0,14	25,31 $\pm$ 0,16	25,23 $\pm$ 0,15
Несъедобные части, % / Inedible parts, %	11,07 $\pm$ 0,09	11,16 $\pm$ 0,07	11,13 $\pm$ 0,08	11,16 $\pm$ 0,07
Примечание: * $P>0,95$, ** $P>0,99$, *** $P>0,999$ / Note: * $P>0,95$, ** $P>0,99$, *** $P>0,999$				

Использование в составе комбикормов исследуемого горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» привело к повышению веса тушки форели в 1-, 2- и 3-опытной группах по сравнению с контрольной на 137,58 г, 147,29 г и 187,04 г соответственно.

Убойный выход в контрольной группе составил 83,06%, а в 1-опытной был выше на 0,07%, во 2-опытной – 0,11% и в 3-опытной – на 0,13%.

Также было отмечено повышение мышечной массы у рыб 1-опытной группы на 101,31 г (0,18%), 2-опытной – на 110,06 г (0,27%) и 3-опытной – на 140,82 г (0,37%) по сравнению с контрольной группой.

Отмечено увеличение массы съедобных частей на 0,10-0,20% у рыб опытных групп по сопоставлению с контрольной.

Использование высокобелкового горчичного концентрата «Горлинка» в комбикормах для взрослой форели способствует повышению мясных качеств.

Для оценки качества испытуемых комбикормов важным условием является мониторинг здоровья рыбы, контролируемый различными методами исследования.

Оценка состояния внутренних органов радужной форели контрольной и опытных групп приведена в таблице 3.

Между рыбой контрольной и опытных групп не было выявлено изменений в развитии внутренних органов. Так, индекс печени, сердца, селезёнки и почек находился в пределах нормы во всех подопытных группах.

Увеличение длины кишечника говорит о более высокой усвояемости питательных веществ комбикормов. Индекс длины кишечника в 1-опытной группе составил 75,04%, во 2-опытной – 75,21% и в 3-опытной – 75,33%, что выше, чем у контрольных аналогов на 0,24%, 0,41% и 0,53%.

Таблица 3 – Морфофизиологические параметры внутренних органов подопытных рыб, %
Table 3 – Morphophysiological parameters of the internal organs of experimental fish, %

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	контрольная / control	1-опытная / 1-experienced	2-опытная / 2-experienced	3-опытная / 3-experienced
Индекс печени (гепатосоматический) / Liver index (hepatosomatic)	2,07	2,03	2,01	1,98
Индекс сердца (кардиосоматический) / Heart Index (cardiosomatic)	0,14	0,13	0,13	0,12
Индекс селезенки / Spleen Index	0,26	0,25	0,25	0,24
Индекс почек / Kidney Index	0,51	0,52	0,52	0,52
Индекс длины кишечника / Index of intestinal length	74,80	75,04	75,21	75,33

Таким образом, введение горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горlinka» в состав комбикормов для радужной форели привело к повышению товарных качеств рыбы, при этом состояние внутренних органов находилось в пределах физиологической нормы.

Химический состав мяса рыб характеризуется содержанием в нем воды, жира, азотистых и минеральных веществ, а также витаминов (таблица 4).

Уровень сухого вещества в мышечной ткани радужной форели контрольной группы составил 27,65%, 1-опытной – 27,87%, что выше, чем в мясе контрольной группы, на 0,22%, 2-опытной группы – 27,93%, что, в сравнении с контролем, выше на 0,28%, и 3-опытной группы – 28,02%, что выше, чем по сравнению с контрольными аналогами, на 0,37%.

Таблица 4 – Химический состав мяса подопытной форели, % (M±m) (n=6)
Table 4 – Chemical composition of experimental trout meat, % (M±m) (n=6)

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	контрольная / control	1-опытная / 1-experienced	2-опытная / 2-experienced	3-опытная / 3-experienced
Влага / Moisture	72,35±0,46	72,13±0,47	72,07±0,40	71,98±0,37
Сухое вещество / Dry matter	27,65±0,46	27,87±0,47	27,93±0,40	28,02±0,37
Белок / Protein	19,92±0,25	20,06±0,27	20,13±0,24	20,2±0,21
Жир / Fat	6,61±0,14	6,63±0,15	6,6±0,12	6,59±0,11
Неорганическое вещество / An inorganic substance	1,12±0,06	1,18±0,05	1,2±0,04	1,23±0,04

В 1-опытной группе форели количество белка в мышечной ткани составило 20,06%, что выше, чем в контрольной группе рыб, на 0,14%, во 2-опытной группе – 20,13%, а это выше, чем в контрольной на 0,21%. Белка в мясе 3-опытной группы радужной форели было 20,20%, что выше, чем в контрольной группе на 0,28%.

Содержание жира в мясе разных видов рыб колеблется в очень широких пределах – от 0,20% до 31,00%. От содержания жира в мясе рыбы существенно зависит не только ее энергетическая, но и вкусовая ценность. В ходе нашего исследования были выявлены незначительные изменения уровня жира в мышечной ткани подопытной форели. Так, у контрольной группы рыб в мышечной ткани жир составил 6,61%. В 1-опытной группе этот показатель был выше, чем в контрольной группе рыб, на 0,02% и составил 6,63%. Во 2- и 3-опытных группах рыб количество жира в мясе было меньше по сравнению с контрольной группой на 0,01% и 0,02%.

При замене в комбикормах частично или полностью подсолнечного шрота на белоксодержащий кормовой концентрат «Горlinka» также были отмечены изменения в содержании неорганического вещества в мышечной ткани подопытной форели. Данный показатель в мышечной ткани форели контрольной группы составил 1,12%, 1-опытной – 1,18%,

2-опытной – 1,20%, и 3-опытной – 1,23%. Уровень неорганического вещества в мышечной ткани 1-, 2- и 3-опытной групп форели был выше, чем в контрольной группе, на 0,06%, 0,08% и на 0,11% соответственно.

Полученные результаты химического анализа мышечной ткани свидетельствуют об интенсивном протекании обмена веществ в организме рыб опытных групп.

Сумма всех исследуемых аминокислот в мышечной ткани рыб из контрольной группы составила 19,736%, в 1-опытной – 20,219%, во 2-опытной – 20,585%, в 3-опытной – 21,387%, что выше, чем в контроле, соответственно на 0,483%, 0,849%, 1,651%.

В белке мяса форели контрольной и 1-, 2- и 3-опытной групп не было аминокислотного скура меньше 100%, т.е. отсутствовали лимитирующие аминокислоты, что говорит о том, что белок мышечной ткани форели является полноценным (таблица 5).

Таблица 5 – Аминокислотный скор мяса форели, %
Table 5 – Amino acid score of trout meat, %

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	контрольная / control	1-опытная / 1-experienced	2-опытная / 2-experienced	3-опытная / 3-experienced
Валин / Valin	125,38	130,11	132,39	142,70
Гистидин / Histidine	189,19	197,22	200,88	206,68
Изолейцин / Isoleucine	150,77	152,87	155,65	155,94
Лейцин / Leucine	136,78	139,66	140,24	144,46
Лизин / Lysine	198,19	202,10	201,81	218,65
Треонин / Threonine	164,26	165,90	177,25	186,14
Триптофан / Tryptophan	193,20	200,91	193,44	207,77

Мясо радужной форели 1-, 2- и 3-опытных групп имело лучший аминокислотный скор по сопоставлению с контрольными аналогами: валин – на 4,73-17,32%, гистидин – на 8,03-17,49%, изолейцин – на 2,10-5,17%, лейцин – на 2,89-7,68%, лизин – на 3,91-20,46%, треонин – на 1,65-21,88%, триптофан – на 0,24-14,57%.

Органолептические показатели являются завершающим этапом при оценке качества продукции (таблица 6).

Таблица 6 – Органолептическая оценка мышечной ткани форели, балл
Table 6 – Organoleptic evaluation of trout muscle tissue, score

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	контрольная / control	1-опытная / 1-experienced	2-опытная / 2-experienced	3-опытная / 3-experienced
Вареное мясо / Boiled meat				
Цвет / Colour	4,6	4,6	4,8	4,8
Вкус / Taste	5,0	5,0	4,8	5,0
Сочность / Juiciness	4,8	4,8	4,8	4,8
Волокнистость / Fibrous	4,6	4,8	5,0	4,8
Аромат / Aroma	4,6	4,6	4,8	4,8
Общая оценка / General assessment	23,6	23,8	24,2	24,2
Рыбный бульон / Fish broth				
Цвет / Colour	4,6	4,8	4,8	5,0
Запах / Smell	4,6	4,8	4,8	5,0
Вкус / Taste	5,0	5,0	4,8	4,8
Аромат / Aroma	4,6	4,4	4,8	4,8
Наваристость / Richness	4,8	4,8	4,8	4,8
Прозрачность / Transparency	4,6	4,8	4,8	4,8
Общая оценка / General assessment	28,2	28,6	28,8	29,2

Варёное мясо форели имело приятный запах и вкус, обладало сочной и волокнистой консистенцией. Общая оценка мяса во всех подопытных группах рыбы была высокой – от 23,6 до 24,4 баллов. Бульон форели был прозрачный (4,6-4,8 балла), без осадков, имел натуральный аромат (4,4-4,8 балла), цвет (4,6-4,8 балла) и вкус (4,8-5,0 балла). Общая оценка бульона в опытных образцах была выше, чем в контрольном: так, в 1-опытной – на 0,4 балла, во 2-опытной – на 0,6 балла, а в 3-опытной – на 1,0 балл.

Анализ полученных результатов констатировал факт того, что введение белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» в комбикорма для форели оказывает положительное влияние на органолептические свойства продукции (филе и бульон).

Заключение. Ввод горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» частично либо полностью взамен шрота из семян подсолнечника в комбикормах для взрослых особей радужной форели способствовал увеличению живой массы тела на 6,13-8,34%, общего прироста – на 11,22-15,29%. Особи радужной форели опытных групп, получавшие в составе рациона горчичный белоксодержащий концентрат «Горлинка», отличались более высоким убойным выходом тушки и выходом мышечной массы по сравнению с контрольными аналогами соответственно на 0,07-0,13% и 0,18-0,37%. Содержание съедобных частей у рыб из 1-, 2- и 3-опытной групп было выше, чем в контрольной, на 106,32 г или 0,10%, 114,40 или 0,15% и 145,77 г или 0,20% соответственно. Между рыбой контрольной и опытных групп не было выявлено изменений в развитии внутренних органов. Химический и аминокислотный состав мяса форели в опытных группах был выше, чем в контроле, так, содержание белка было выше на 0,14-0,28%, а неорганического вещества – на 0,06-0,11%, суммы исследуемых аминокислот на 0,483-1,651%. Использование в комбикормах исследуемого горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» оказало положительное влияние на органолептические показатели мяса и бульона. Общая оценка мяса во всех подопытных группах рыбы была высокой от 23,6 до 24,4 баллов. Общая оценка бульона в опытных образцах была выше, чем в контрольном, так, в 1-опытной – на 0,4 балла, во 2-опытной – на 0,6 балла, а в 3-опытной на 1,0 балл. Таким образом, введение в рецептуру комбикормов частично или полностью взамен подсолнечного шрота альтернативного кормового источника – белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» – положительно влияет на скорость роста, способствует улучшению товарных качеств полученной продукции. Наибольшая эффективность выращивания радужной форели отмечена при полной замене (100 %) подсолнечного шрота горчичным белоксодержащим кормовым концентратом «Горлинка».

Conclusions. The introduction of mustard protein-containing feed concentrate "Gorlinka" partially or completely instead of sunflower seed meal in compound feeds for adult individuals of rainbow trout contributed to an increase in body weight by 6.13-8.34%, total gain – by 11.22-15.29%. Individuals of rainbow trout of the experimental groups who received mustard protein-containing concentrate "Gorlinka" as part of the diet were distinguished by a higher slaughter yield of the carcass and the yield of muscle mass in relation to control analogues by 0.07-0.13% and 0.18-0.37%, respectively. The content of edible parts in fish from the 1st, 2nd and 3rd experimental groups was higher than in the control group by 106.32 g or 0.10%, 114.40 or 0.15% and 145.77 g or 0.20%, respectively. There were no changes in the development of internal organs between the fish of the control and experimental groups. The chemical and amino acid composition of trout meat in the experimental groups was higher than in the control, so the protein content was higher by 0.14-0.28%, and the inorganic substance – by 0.06-0.11%, the sum of the studied amino acids by 0.483-1.651%. The use of the studied mustard protein-containing feed concentrate "Gorlinka" in compound feeds had a positive effect on the organoleptic parameters of meat and broth. The overall meat score in all experimental fish groups was high from 23.6 to 24.4 points. The overall score of the broth in the experimental samples was higher than in the control, so in 1-experimental – by 0.4 points, in 2-experimental – by 0.6 points, and in 3-experimental – by 1.0 points. Thus, the introduction of an alternative feed source, the protein-containing feed concentrate "Gorlinka", into the formula of compound feeds partially or completely instead of sunflower meal, has a positive effect on the growth rate and improves the commercial qualities of the products obtained. The highest efficiency of rainbow trout cultivation was noted with the complete replacement (100%) of sunflower meal with mustard protein-containing feed concentrate "Gorlinka".

Библиографический список

1. Ставцев А. и др. Белковый концентрат взамен рыбной муки в кормах для осетровых. Комбикорма. 2022. № 3. С. 41-42.
2. Буряков Н. и др. Белковый концентрат на основе люпина в кормлении тилапии. Комбикорма. 2022. № 4. С. 37-39.
3. Ушакова Н. А. и др. Биологическая эффективность предкуколок *Hermetia illucens* в рационе молоди мозамбикской тилапии. Biology Bulletin. 2018. Т. 45. С. 382-387.

4. Васильев А. А., Хандожко Г. А., Грядкина Т. В. Зерно сорго при выращивании карпа. Шестой Саратовский салон изобретений, инноваций и инвестиций. Саратов: Саратовский ГАУ, 2011. Ч. 2. С. 41.
5. Николаев С. И. и др. Использование кормового концентрата из растительного сырья "Сарепта" в комбикормах для осетровых рыб. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 118. С. 1623-1636.
6. Максимова О. С., Гусева Ю. А., Васильев А. А. Интенсивность роста радужной форели при использовании в составе рациона гидролизата соевого белка. Аграрный научный журнал. 2016. № 10. С. 19-23.
7. Поддубная И. В. и др. Оптимизация выращивания гибридов русского и сибирского осетра при использовании в рационе кормовой добавки «Абиотоник». Аграрный научный журнал. 2023. № 1. С. 93-97.
8. Батракова Ю. М., Ставцев А. Э., Японцев А. Э., Морозова Е. А. Повышение продуктивности осетров при использовании отечественных комбикормов. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (209). С. 69-74.
9. Поддубная И. В., Васильев А. А., Сучков В. В. Эффективность выращивания гибридов осетровых рыб с использованием в рационе биологически активных веществ. Аграрный научный журнал. 2022. № 2. С. 50-53.
10. Yamamoto T., Matsunari H., Murashita K., Yoshinaga H., Oku H., Furuita H., Miura M. Effect of feeding plant-based diet to broodstock on the utilization of plant-based diet in the offspring of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*. 2023. P. 739330.
11. Messina M., Iacumin L., Pascon G., Tulli F., Tibaldi E., Cardinaletti G. Effect of feed restriction and refeeding on body condition, digestive functionality and intestinal microbiota in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiology and Biochemistry*. 2023. Pp. 1-21.
12. Sánchez-Velázquez J., Peña-Herrejón G. A., Aguirre-Becerra H. Fish Responses to Alternative Feeding Ingredients under Abiotic Chronic Stress. *Animals*. 2024. V. 14. P. 765.
13. Shakoori M., Gholipour H., Naseri S. Effect of replacing dietary fish meal with silkworm (*Bombyx mori*) pupae on hematological parameters of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Comparative Clinical Pathology*. 2015. V. 24 (1). Pp. 139-143.

References

1. Stawtsev A., et al. Protein concentrate instead of fish meal in sturgeon feed. *Feed*. 2022. № 3. Pp. 41-42.
2. Buryakov N., et al. Lupine-based protein concentrate in tilapia feeding. *Feed*. 2022. № 4. Pp. 37-39.
3. Ushakova N. A., et al. Biological efficiency of *Hermetia illucens* prepupae in the diet of Mozambican tilapia juveniles. *Biology Bulletin*. 2018. V. 45. Pp. 382-387.
4. Vasilyev A. A., Khandozhko G. A., Gryadkina T. V. Sorghum Grain in Carp Cultivation. The Sixth Saratov Salon of Inventions, Innovations and Investments. Saratov: Saratov State Agrarian University, 2011. Part 2. P. 41.
5. Nikolaev S. I. et al. Use of feed concentrate from plant raw materials "Sarepta" in mixed feeds for sturgeon fish. *Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University*. 2016. № 118. Pp. 1623-1636.
6. Maksimova O. S., Guseva Y. A., Vasilyev A. A. Growth Intensity of Rainbow Trout When Soy Protein Hydrolysate Is Used in the Diet. *Agrarian Scientific Journal*. 2016. № 10. Pp. 19-23.
7. Poddubnaya I. V. et al. Optimization of growing hybrids of Russian and Siberian sturgeon when using the feed additive "Abiotonic" in the diet. *Agrarian Scientific Journal*. 2023. № 1. Pp. 93-97.
8. Batrakova Y. M., Stawtsev A. E., Yaponstev A. E., Morozova E. A. Increasing the productivity of sturgeon when using domestic mixed feeds. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2022. № 3 (209). Pp. 69-74.
9. Poddubnaya I. V., Vasilyev A. A., Suchkov V. V. Efficiency of Growing Sturgeon Hybrids Using Biologically Active Substances in the Diet. *Agrarian Scientific Journal*. 2022. № 2. Pp. 50-53.
10. Yamamoto T., Matsunari H., Murashita K., Yoshinaga H., Oku H., Furuita H., Miura M. Effect of feeding plant-based diet to broodstock on the utilization of plant-based diet in the offspring of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*. 2023. P. 739330.
11. Messina M., Iacumin L., Pascon G., Tulli F., Tibaldi E., Cardinaletti G. Effect of feed restriction and refeeding on body condition, digestive functionality and intestinal microbiota in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiology and Biochemistry*. 2023. Pp. 1-21.
12. Sánchez-Velázquez J., Peña-Herrejón G. A., Aguirre-Becerra H. Fish Responses to Alternative Feeding Ingredients under Abiotic Chronic Stress. *Animals*. 2024. V. 14. P. 765.
13. Shakoori M., Gholipour H., Naseri S. Effect of replacing dietary fish meal with silkworm (*Bombyx mori*) pupae on hematological parameters of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Comparative Clinical Pathology*. 2015. V. 24 (1). Pp. 139-143.

Информация об авторах

Каширина Анастасия Александровна, соискатель, преподаватель кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kafedra-kormlenie@volgau.com; специалист группы оценки воздействия на водные биоресурсы и среду их обитания Волгоградского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ВолгоградНИРО») (Российская Федерация, 400001, г. Волгоград, ул. Пугачевская, д. 1), e-mail: volgogradniro@vniro.ru

Author's Information

Kashirina Anastasia Aleksandrovna, applicant, lecturer of the department "Feeding and breeding of farm animals" of the Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskii Ave., 26), e-mail: kafedra-kormlenie@volgau.com; specialist of the impact assessment group on aquatic bioresources and their habitat of the Volgograd branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography (VolgogradNIRO) (Russian Federation, 400001, Volgograd, Pugachevskaya str., house 1), e-mail: volgogradniro@vniro.ru

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ /
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-34

MODELING AND HARDWARE-SOFTWARE IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED
SYSTEM FOR MONITORING WEEDS IN AGRICULTURAL CROPS AND MANAGING
VARIABLE-RATE HERBICIDE APPLICATION¹Tseplyaev V. A., ²Tseplyaev A. N., ¹Lebed N. I., ¹Tokarev K. E.¹Volgograd State Agrarian University²All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal State Budgetary Scientific
Institution "Federal Scientific Center All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and
Land Reclamation named after A. N. Kostyakov"
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: nik8872@yandex.ru

Received 22.07.2024

Submitted 12.09.2024

Abstract

Introduction. The article is devoted to the problems of modeling and hardware and software implementation of an automated system for monitoring weed vegetation in agricultural crops, with the possibility of differentiated application of herbicides for the implementation of precision farming. **Materials and methods of research.** As an object of research, a diagram of a semi-trailer boom sprayer equipped with the proposed system and communication means, aggregated with tractors of the MTZ-80/82 type and others of the traction class of 0.8...1.4 kN, was proposed. The development and modeling of the automated monitoring and control system were carried out in the CAD environment "Proteus 8.10 ISIS", where the selection of the main elements of the control system and their connection to the microcontroller were carried out. The construction of the program code of the project was carried out in the integrated development environment "Arduino IDE" in the programming language "C ++". **Research results and conclusions.** To determine weed vegetation on crops for the purpose of differential application of herbicides, we propose to use an infrared analog sensor that allows distinguishing color shades and implementing nozzle control based on the shade of objects. An algorithm for the operation of the proposed automated control system software has been developed that takes into account the speed of the aggregated tractor, the size of individual weeds, weed foci, and the color characteristics of the objects being identified. Modeling and hardware-software implementation have been carried out based on the AVR / ARM Cortex M microcontroller family – architecture of the monitoring and control system of the proposed automated system, which has proven its operability and efficiency. An interface for the control software of the proposed automated system has been proposed for implementing the HMI (human-machine interface) based on a mobile phone or tablet equipped with the Android operating system.

Keywords: precision farming, variable-rate herbicide application, infrared sensors, microcontrollers, physical modeling, simulation modeling.

Citation. Tseplyaev V. A., Tseplyaev A. N., Lebed N. I., Tokarev K. E. Modeling and hardware-software implementation of an automated system for monitoring weeds in agricultural crops and managing variable-rate herbicide application. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 302-311 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-34.

Author's contribution. The authors of this study were directly involved in formulating the problem, planning the study, analyzing, presenting the findings, and preparing proposals for production. The authors of this article have reviewed and approved the final version of the article.

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

УДК 631.171

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
В ПОСЕВАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР
И УПРАВЛЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМ ВНЕСЕНИЕМ ГЕРБИЦИДОВ¹Цепляев В. А., кандидат технических наук, доцент²Цепляев А. Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор¹Лебедь Н. И., доктор технических наук¹Токарев К. Е., кандидат экономических наук, доцент¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ²Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал
ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им А. Н. Костякова»
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Статья посвящена проблемам моделирования и аппаратно-программной реализации автоматизированной системы мониторинга сорной растительности в посевах сельскохозяйственных культур, с возможностью дифференцированного внесения гербицидов для реализации

точного земледелия. **Материалы и методы исследований.** В качестве объекта исследований была предложена схема полуприцепного штангового опрыскивателя, оснащенного предлагаемой системой и средствами связи, агрегируемого с тракторами типа МТЗ-80/82 и другими тягового класса 0,8...1,4 кН. Разработка и моделирование системы автоматизированного мониторинга и управления производились в среде САПР «Proteus 8.10 ISIS», где осуществлялся подбор основных элементов системы управления и их подключение к микроконтроллеру. Построение программного кода проекта производилось в интегрированной среде разработки «ArduinoIDE» на языке программирования «C++». **Результаты исследований и выводы.** Для определения сорной растительности в посевах сельскохозяйственных культур с целью дифференцированного внесения гербицидов нами предлагается использовать инфракрасный аналоговый датчик, позволяющий различать оттенки цветов и реализовывать управление форсунками с ориентиром на оттенок объектов. Разработан алгоритм работы предлагаемого ПО АСУ, учитывающий скорость движения агрегируемого трактора, размеры единичных сорняков, очагов сорной растительности, а также цветовые характеристики идентифицируемых объектов. На основе семейства микроконтроллеров AVR с архитектурой ARM Cortex M осуществлено моделирование и аппаратно-программная реализация системы мониторинга и управления предлагаемой автоматизированной системы и доказана ее работоспособность и эффективность. Предложен интерфейс ПО управления предлагаемой автоматизированной системой для реализации HMI (человеко-машинного интерфейса) на базе мобильного телефона или планшета, оснащенного операционной системой «Android».

Ключевые слова: точное земледелие, дифференцированное внесение гербицидов, инфракрасные датчики, микроконтроллеры, физическое моделирование, имитационное моделирование.

Цитирование. Цепляев В. А., Цепляев А. Н., Лебедь Н. И., Токарев К. Е. Моделирование и аппаратно-программная реализация автоматизированной системы мониторинга сорной растительности в посевах сельскохозяйственных культур и управление дифференцированным внесением гербицидов. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 302-311. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-34.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования непосредственно участвовали в постановке проблемы, планировании исследования, анализе, изложении выводов и подготовке предложений производству. Авторы настоящей статьи изучили и одобрили представленный в окончательном виде вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Реализация политики импортозамещения и стратегии продовольственной безопасности Российской Федерации диктует необходимость обеспечения максимальной независимости и развития собственных отечественных конкурентоспособных разработок в сфере агропромышленного комплекса. В отраслях АПК работает только 4 % техники, удовлетворяющей современным международным требованиям и стандартам [1, 2, 3, 4]. Необходимым условием обновления техники должно быть внедрение автоматизированных и роботизированных машин [5, 6, 7].

Система точечного или дифференцированного опрыскивания растений [8], работающих в агропромышленном производстве России представлена серийно выпускаемыми системами «WeedSeeker 2 – точечное опрыскивание» компании «Trimble», штаб-квартира которой базируется в США: г. Саннивейл, штат Калифорния; «AmaSelect» – прецизионная защита растений, производство немецкой корпорации «Amazone-Werke». В первом случае оптический датчик реагирует на зелёный спектр растений, однако не способен отличить культурное растение от сорняка, поэтому система подходит для применения только на полях, где растения ещё не взошли. Во втором случае селективное внесение гербицидов достигается системой «AmaSelectSpot» за счет создания точечной аппликационной карты, построенной с помощью облета БПЛА, спутников или специальных сенсорных штанг [9, 10]. Отечественные системы точечного опрыскивания представлены прототипами стартап-проектов, в частности команда «GreenScanner» использует анализ красного и инфракрасного спектров для идентификация сорной растительности. Кроме этого, вышеуказанные западные системы внесения гербицидов реализуют удаленное управление только через HMI-панели и программное обеспечение собственного производства, что не позволяет дистанцироваться от производителей техники в случае ужесточения санкций [11, 12].

В связи с этим особую актуальность приобретает разработка собственных автоматизированных и мехатронных систем дифференцированного внесения гербицидов для реализации отечественного точного земледелия. Кроме этого, требуется комплексный подход при оптимизации задач механики и автоматизированного управления, что побуждает разрабатывать специализированное программное обеспечение.

Материалы и методы. В качестве объекта исследований для разработки системы автоматизации была предложена схема полуприцепного штангового опрыскивателя, оснащенного предлагаемой системой и средствами связи, агрегируемого с тракторами типа МТЗ-80/82 и другими тягового класса 0,8...1,4 кН. Для мониторинга и управления процессом опрыскивания в кабине оператора устанавливается панель HMI на базе мобильного телефона или планшета, оснащенного операционной системой «Android».

Для разработки и моделирования алгоритма управления предлагаемым процессом использовалась система автоматизированного проектирования электронных устройств «Proteus 8.10 ISIS», где производился подбор основных элементов системы управления и их подключение к выбранному микроконтроллеру «ATmega2560». Разработка программного кода проекта проводилась на языке FBD, далее осуществлялась проверка кода, преобразование кода на языке C++ и последующая компиляция в «ArduinoIDE». Полученный файл преобразовывался в бинарный и загружался в среду «Proteus 8.10 ISIS» с предварительно созданной схемой системы автоматизированного управления для последующей проверки на работоспособность и моделирования [13, 14].

Результаты исследований и их обсуждение. Для определения сорной растительности на сельскохозяйственных угодьях с целью дифференцированного внесения гербицидов нами предлагается использовать инфракрасный аналоговый датчик, позволяющий различать черную и белую поверхности, реагировать на другие цвета и их промежуточные оттенки. Посредством этого датчика возможно отследить процесс пересечения границы темное-светлое и при необходимости управлять данным процессом с ориентиром на оттенок.

Аналоговый сигнал с датчика линии на оптопаре TCRT5000 (рисунок 1) поступает на 10-разрядный АЦП микроконтроллера, показания которого без обработки и масштабирования варьируются от 0 до 1023, при этом чем темнее оттенок, тем выше измеренное значение (для черного 1000 ед. и более).

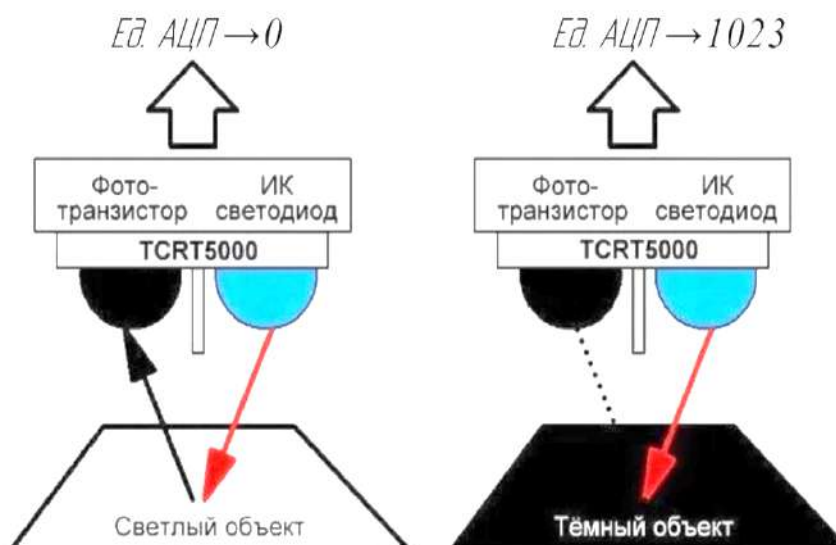


Рисунок 1 – Схема работы инфракрасного датчика линии
Figure 1 – Operation diagram of the infrared line sensor

Датчик работает в инфракрасном спектре, для точной калибровки во время настройки на нем присутствует индикаторный светодиод. Регулировка чувствительности датчика осуществляется при помощи подстроечного резистора, позволяющего изменять данный параметр в широких пределах, в зависимости от типа поверхности и внешних условий, от характера текущего освещения.

С датчика, при получении питания, на рабочую поверхность направлен луч инфракрасного светодиода, излучающего волну длиной 940 нм. Отражаясь от поверхности напротив, луч возвращается назад и попадает на расположенный рядом с инфракрасным светодиодом фототранзистор структуры NPN, с коллектора которого снимается полезный

сигнал. Таким образом при соответствующей настройке алгоритма и программного кода датчик обеспечивает четкое определение зеленого на желтом и оранжевом, зеленого на коричневом, а также стабильное определение при вариациях насыщенности оттенков этих цветов. Выбор вышеуказанных цветов обоснован цветовыми характеристиками идентифицируемых объектов: сорной растительности (зеленый), а также почвы-пара (коричневый) и массива растений пшеницы (желтый).

Следует отметить, что применение такого серийного датчика возможно на начальном этапе прототипирования и проверки работоспособности макета на модельных системах с учетом коэффициента подобия. Создание полноразмерного прототипа требует вмешательства в конструкцию датчика, его доработку под измерение искомым оттеночных значений в условиях более высоких расстояний до объекта (40...50 см).

На рисунке 2 представлен алгоритм работы разработанного ПО АСУ мониторинга наличия сорной растительности и управления дифференцированным внесением гербицидов.

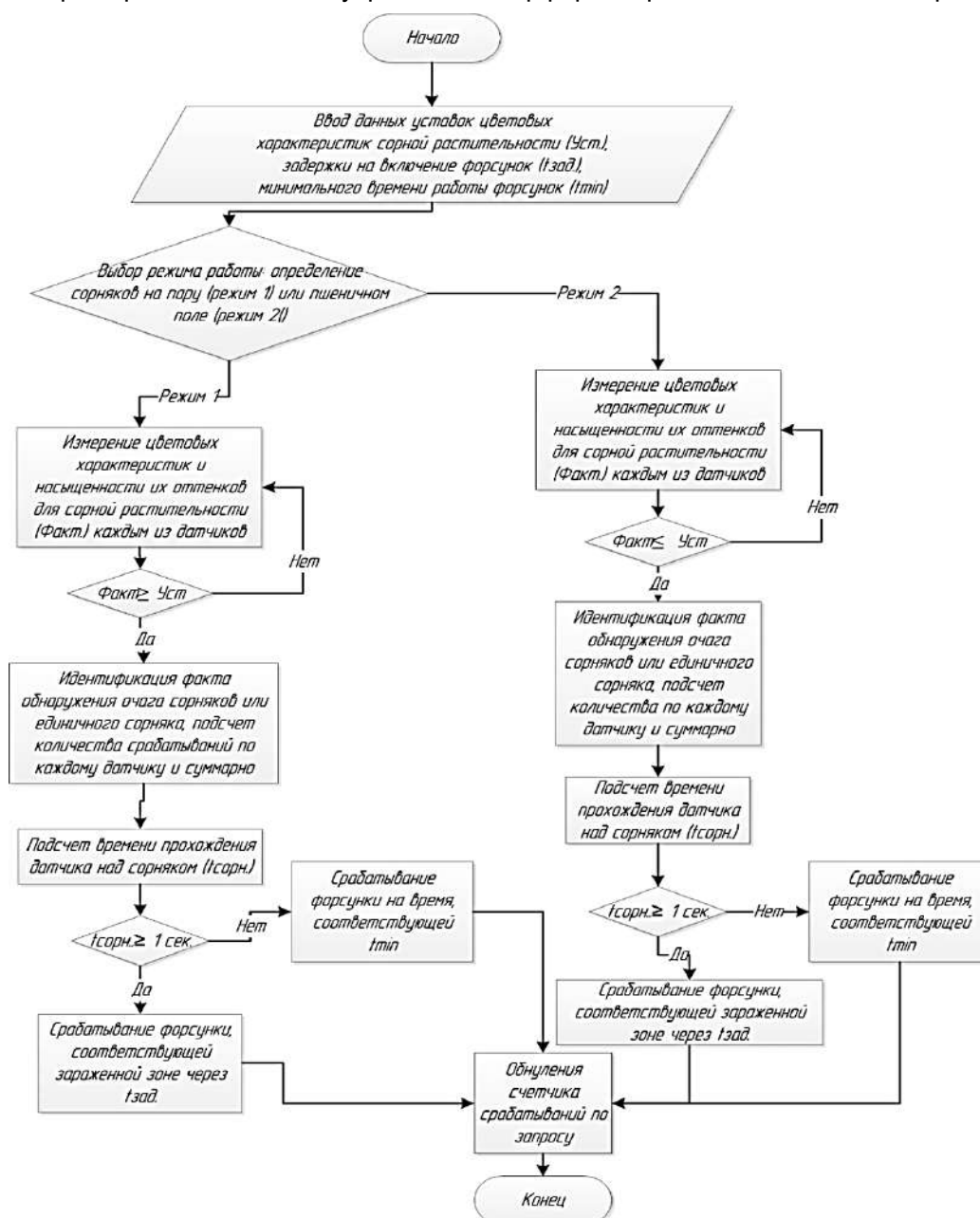
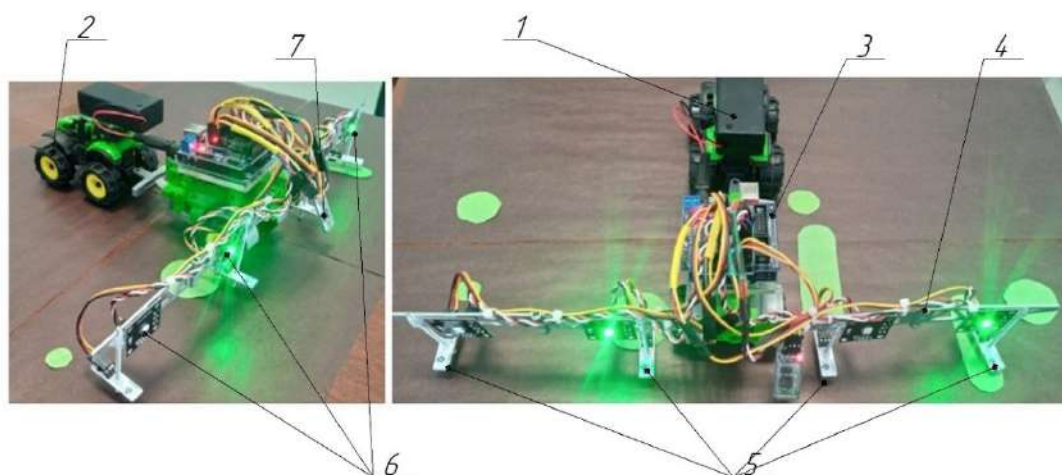


Рисунок 2 – Алгоритм работы предлагаемой автоматизированной системы
Figure 2 – Algorithm of operation of the proposed automated system

Реализация алгоритма возможна по различным каналам связи с применением коммуникационных протоколов посредством доступа через проводное и беспроводное соединение (Bluetooth, Wi-fi, GSM и др.) для разработки SCADA-системы и HMI [5, 10]. Опрыскиватель, оснащенный предлагаемой автоматизированной системой и средствами связи, агрегируется с тракторами типа МТЗ-100 и другими – тягового класса 0,8-2,0 кН. В качестве органа мониторинга и управления процессом опрыскивания в кабине оператора устанавливается панель HMI на базе мобильного телефона или планшета.

По этому алгоритму в начале задаются значения установок цветовых характеристик сорной растительности (Уст.), задержки на включение форсунок ($t_{\text{зад.}}$), минимального времени работы форсунок (t_{min}). Далее производится выбор режимов работы: обнаружения сорной растительности по пару (режим № 1) или на пшеничном поле в фазе восковой и полной спелости (режим № 2). Выбор режима обоснован оттеночными и цветовыми характеристиками идентифицируемых объектов: сорной растительности, а также почвы (пара) и массива растений пшеницы, в виде фона при мониторинге зон датчиками. При выборе режима № 1 значением фона является коричневый цвет, который в большинстве случаев имеет более высокие оттеночные значения в пользу черного цвета по сравнению с зеленым (сорняками). Режим № 2 имеет светло-желтый и желтый тона, что ниже в оттеночных значениях в сторону серого цвета, чем зеленый. Соответственно, при измерении датчиком фактического значения насыщенности оттенков режиму № 1 соответствует условие $\text{Факт} \geq \text{Уст.}$, при выполнении которого производится фиксация факта обнаружения очага сорняков или единичного сорняка, подсчет количества срабатываний по каждому датчику и суммарно по всем. При невыполнении условия процесс измерения датчиками повторяется. Также одновременно с обнаружением факта срабатывания производится подсчет времени нахождения датчика над очагом сорной растительности ($t_{\text{сорн.}}$) для запуска таймера задержки включения форсунки с гербицидом, что обосновано выносом датчика отдельно от форсунки ближе к передней части агрегируемого трактора (значение времени задержки включения форсунки рассчитывается исходя из скорости движения трактора). При выполнении условия $t_{\text{сорн.}} \geq 1$ сек. происходит срабатывание форсунки на время, соответствующее размеру зараженной зоны. Невыполнение условия позволяет запустить форсунки на фиксированное время t_{min} . Кроме этого реализовано обнуление счетчика срабатываний по запросу. Режим № 2 отличается от режима № 1 условием $\text{Факт} \leq \text{Уст.}$, в остальном выполнение его аналогично.



1 – источник питания, 2 – колесный трактор, 3 – микроконтроллер, 4 – штанга опрыскивателя,
5 – датчики инфракрасные аналоговые, 6 – светодиоды индикаторные, 7 – Bluetooth-модуль
1 – power source, 2 – wheeled tractor, 3 – microcontroller, 4 – sprayer boom, 5 – infrared analog sensors,
6 – indicator LEDs, 7 – Bluetooth module

Рисунок 3 – Физическая модель (макет) автоматизированной системы мониторинга наличия сорной растительности, зараженности агрофитоценозов и управление дифференцированным внесением гербицидов

Figure 3 – Physical model (layout) of the automated system for monitoring the presence of weeds, infestation of agrophytocenoses and control of differential application of herbicides

На рисунке 3 представлена физическая модель (макет) автоматизированной системы мониторинга наличия сорной растительности, зараженности агрофитоценозов и управление дифференцированным внесением гербицидов. Автоматизированная система выполнена на базе макета колесного трактора, оснащенного штанговым опрыскивателем, включает источник питания номиналом 9 В, отечественный микроконтроллер «VostokUno-VN035» на основе 32-разрядного RISC микроконтроллера 1921BK035, инфракрасные аналоговые датчики линии, Bluetooth-модуль для организации двусторонней связи по протоколу Modbus RTU. В качестве имитации обнаружения сорняков и работы форсунок используются светодиоды. Как видно, система идентифицировала наличие зеленых объектов «сорняков» на коричневом фоне «пар» датчиками № 2, 4.

Для разработки алгоритма работы, специализированного программного обеспечения и последующей отладки системы мониторинга сорной растительности на сельскохозяйственных угодьях и управления дифференцированным внесением гербицидов нами предлагается имитационная модель, построенная на базе микроконтроллера AVR / ARM Cortex M – архитектуры с применением языка программирования «C++» в среде САПР «Proteus 8.10 ISIS» (рисунк 4).

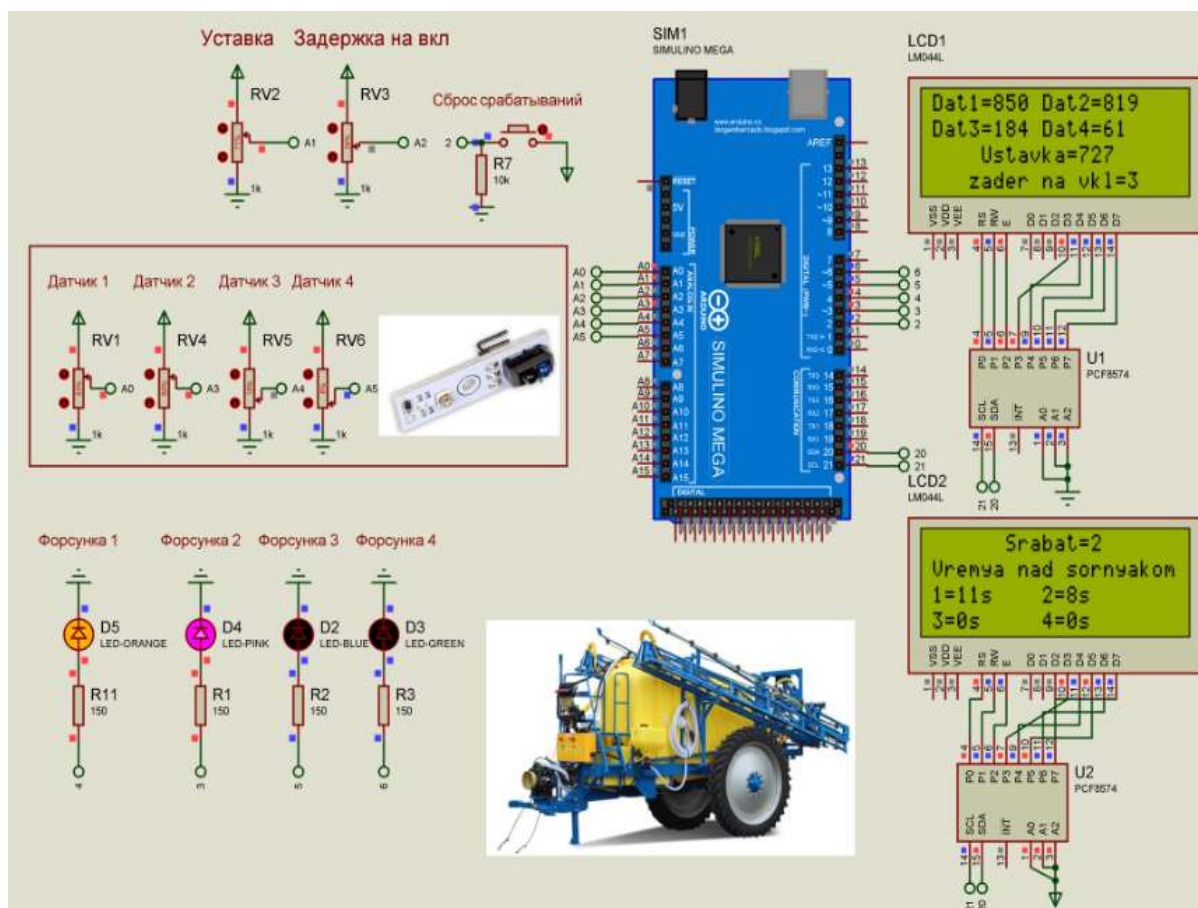
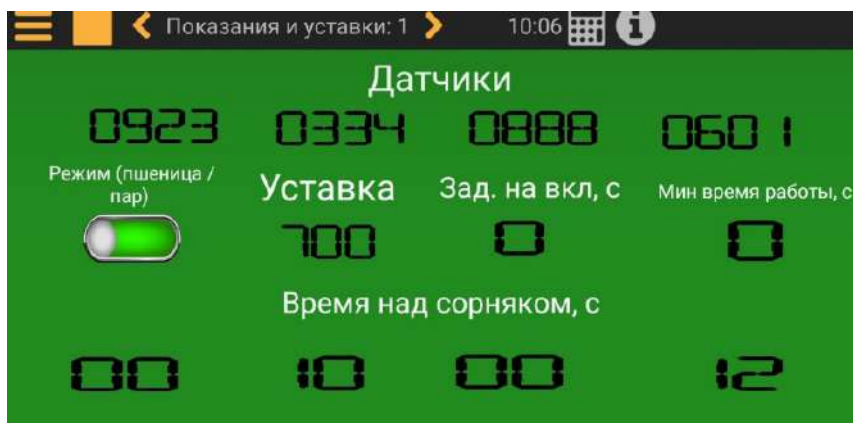


Рисунок 4 – Имитационная модель автоматизированной системы мониторинга наличия сорной растительности, зараженности агрофитоценозов и управление дифференцированным внесением гербицидов

Figure 4 – Simulation model of the automated system for monitoring the presence of weeds, infestation of agrophytocenoses and control of differential application of herbicides

Модель автоматизированной системы управления представлена в момент симуляции при следующих условиях: режим № 1 (Факт $\geq$ Уст.), датчики 1 и 2 фиксируют превышение уставки (850 ед. АЦП, 819 ед. АЦП), уставка (Уст.) – 727 ед. АЦП, задержка на включение – 3 с., информация выводится на дисплей LCD 1. Индикаторные светодиоды 1 и 2, имитирующие работу форсунок, находятся в активном состоянии. При вышеуказанных

событиях зафиксировано 2 срабатывания форсунок, при этом подсчет времени нахождения датчика над очагом сорной растительности ведется для 1 и 2 зон соответственно: 11 и 8 с, что отражено на дисплее LCD 2.



а



б



в

а – «Показания и уставки», б – «Срабатывания», в – «Графики»
а – “Readings and settings”, б – “Activations”, в – “Graphs”

Рисунок 5 – Интерфейс мобильного ПО управления предлагаемой автоматизированной системы
Figure 5 – Interface of the mobile software for controlling the proposed automated system

На рисунке 5 представлен интерфейс мобильного ПО управления предлагаемой автоматизированной системы, состоящий из трех переключаемых окон, как видно, приложение обеспечивает весь функционал, описанный в алгоритме. Первое окно (рисунок 5а)

включает визуализацию информации с датчиков насыщенности оттенков, таймеры времени нахождения датчика над очагом сорной растительности, а также управление значениями уставок: минимального времени работы, задержки на включение форсунок, цветовых характеристик сорной растительности и выбор режимов работы – обнаружения сорной растительности по пару (режим № 1) или на пшеничном поле в фазе восковой и полной спелости (режим № 2). Во втором окне ПО (рисунок 5б) представлена информация об активации форсунок в реальном времени и подсчет количества их срабатываний, кнопка сброса обнуления счетчиков. Третье окно ПО (рисунок 5в) позволяет строить графики изменений насыщенности оттенков в реальном времени с сохранением их в памяти для фиксации истории событий.

Выводы. Предлагаемая система предназначена для автоматизированного мониторинга качественного и количественного определения сорной растительности на сельскохозяйственных угодьях, а также управления дифференцированным внесением гербицидов для уничтожения их очагов.

Заявленное устройство позволяет производить мониторинг наличия сорной растительности, определение их единичного (штучного) количества и очагов на сельскохозяйственных угодьях; автоматизированное управление дифференцированным внесением гербицидов посредством форсунок на участках, зараженных сорной растительностью; измерение времени прохождения системы над участками, зараженными сорной растительностью; управление временем включения и отключения каждой из форсунок с учетом скорости перемещения системы по сельскохозяйственным угодьям, а также длины зараженных участков; графическую визуализацию параметров мониторинга и автоматизированного управления в оперативном режиме.

Разработанные методы и алгоритмы, а также созданное на их основе специализированное программное обеспечение АСУ позволяют реализовать конкурентоспособную автоматизированную систему дифференцированного внесения гербицидов для отечественного точечного земледелия.

Conclusions. The proposed system is designed for automated monitoring of the qualitative and quantitative determination of weeds on agricultural lands, as well as management of variable-rate application of herbicides for the destruction of their foci.

The declared device allows monitoring the presence of weeds, determining their single (piece) number and foci on agricultural land; automated control of variable-rate herbicide application by means of nozzles in areas infested with weeds; measurement of the time of passage of the system over areas infested with weeds; control of the time of switching on and off of each of the nozzles, taking into account the speed of movement of the system on agricultural land, as well as the length of contaminated areas; graphical visualization of monitoring parameters and automated control in online mode.

The developed methods and algorithms, as well as the specialized software of the automated control system created on their basis, make it possible to implement a competitive automated system of differentiated application of herbicides for domestic spot farming.

Библиографический список

1. Общее собрание секции механизации, электрификации и автоматизации отделения сельскохозяйственных наук РАН. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 2. С. 4.
2. Зыков А. В., Юнин В. А., Захаров А. М. Использование робототехнических средств в АПК. Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 3 (81). С. 8-11.
3. Fomin D. S. Differentiated herbicides application on winter wheat crops using offline instructions map. AGROSYM 2021: Book of proceedings. Jahorina: University East Sarajevo, 2021. Pp. 694-701.
4. Хвостенко Т. М., Алексанов И. А. Внедрение и проблематика робототехнических средств в АПК. Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Информационные технологии. 2022. № 2 (20). С. 4-9.
5. Цепляев А. Н. Теоретическое обоснование параметров машины для посадки картофеля с гидрогелем при орошении. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 499-507.
6. Лебедь Н. И., Гапич Д. С., Ханин Ю. И., Веселова Н. М., Фомин С. Д. Разработка и обоснование автоматизированной системы управления и программного обеспечения SCADA-системы процессом резания плодовоовощных материалов ломтиковым измельчителем. Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. ВолГАУ. 2022. № 2 (66). С. 364-372.
7. Токарев К. Е., Руденко А. Ю., Кузьмин В. А., Чернявский А. Н. Теория и цифровые технологии интеллектуальной поддержки принятия решений для увеличения биопродуктивности агроэкосистем на основе нейросетевых моделей. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 421-440.

8. Лысов А. К., Воробьев Н. И. Вычисление с помощью математической модели траекторий движения распыляемых аэрозольных капель. *АгроЭкоИнженерия*. 2021. № 2 (107). С. 96-106.
9. Магдич А. Г., Припадчев А. Д. Всесторонняя обработка посевов при помощи беспилотного летательного аппарата сельскохозяйственного назначения. *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2022. № 1 (38). С. 64-70.
10. Кудрявцев Д. В., Магдич А. Г., Припадчев А. Д., Горбунов А. А. Применение сельскохозяйственного беспилотного летательного аппарата для обработки сельскохозяйственных культур. *Интеллектуальные системы в производстве*. 2021. Т. 19. № 3. С. 4-11.
11. Норалиев Н. Х., Юсупова Ф. Э., Кувандико А. Н. Точное земледелие в цифровом сельском хозяйстве. *Вестник науки и образования*. 2020. № 23-3 (101). С. 14-17.
12. Нуруллин Э. Г., Файзуллин Р. А., Нуруллин Э. Э. Алгоритм работы рободрона-опрыскивателя (Точечное опрыскивание посевов). *Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал*. 2020. № 3. С. 598.
13. Лепешко Л. С. Обзор программных продуктов для автоматизации в АПК. *Новости науки в АПК*. 2019. № 3 (12). С. 318-324.
14. Тюрин С. Ф., Ковыляев Д. А., Данилова Е. Ю., Городилов А. Ю. Изучение программирования микроконтроллеров в САПР Proteus. *Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика*. 2021. № 2 (53). С. 69-74.

References

1. General meeting of the section of mechanization, electrification and automation of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2016. № 2. P. 4.
2. Zykov A. V., Yunin V. A., Zakharov A. M. Use of Robotic Means in the Agro-Industrial Complex. *International Research Journal*. 2019. № 3 (81). Pp. 8-11.
3. Fomin D. S. Differentiated herbicides application on winter wheat crops using offline instructions map. *AGROSYM 2021: Book of proceedings*. Jahorina: University East Sarajevo, 2021. Pp. 694-701.
4. Khvostenko T. M., Aleksanov I. A. Implementation and Problems of Robotic Engineering Means in the Agro-Industrial Complex. *Bulletin of the Educational Consortium Central Russian University. Information technologies*. 2022. № 2 (20). Pp. 4-9.
5. Tsepilyaev A. N. Theoretical substantiation of the parameters of the potato planting machine with hydrogel during irrigation. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2023. № 2 (70). Pp. 499-507.
6. Lebed N. I., Gapich D. S., Khanin Y. I., Veselova N. M., Fomin S. D. Development and Justification of an Automated Control System and Software for a SCADA System by the Process of Cutting Fruit and Vegetable Materials with a Slice Grinder. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. VolGAU*. 2022. № 2 (66). Pp. 364-372.
7. Tokarev K. E., Rudenko A. Yu., Kuzmin V. A., Chernyavsky A. N. Theory and Digital Technologies of Intelligent Decision Support for Increasing the Bioproductivity of Agroecosystems Based on Neural Network Models. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2021. № 4 (64). Pp. 421-440.
8. Lysov A. K., Vorobyev N. I. Calculation of Motion Trajectories of Sprayed Aerosol Droplets Using a Mathematical Model. *AgroEcoEngineering*. 2021. № 2 (107). Pp. 96-106.
9. Magdich A. G., Pripadchev A. D. Comprehensive Treatment of Crops Using an Unmanned Aerial Vehicle for Agricultural Purposes. *Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region*. 2022. № 1 (38). Pp. 64-70.
10. Kudryavtsev D. V., Magdich A. G., Pripadchev A. D., Gorbunov A. A. Application of Agricultural Unmanned Aerial Vehicle for Agricultural Crops Processing. *Intellectual Systems in Production*. 2021. V. 19. № 3. Pp. 4-11.
11. Noraliyev N. Kh., Yusupova F. E., Kuvandiko A. N. Precision Agriculture in Digital Agriculture. *Bulletin of Science and Education*. 2020. № 23-3 (101). Pp. 14-17.
12. Nurullin E. G., Faizullin R. A., Nurullin E. E. Algorithm of Robodron-Sprayer Operation (Spot Spraying of Crops). *Engineering and technical support of the agro-industrial complex. Abstract Journal*. 2020. № 3. P. 598.
13. Lepeshko L. S. Review of Software Products for Automation in the Agro-Industrial Complex. *News of science in the agro-industrial complex*. 2019. № 3 (12). Pp. 318-324.
14. Tyurin S. F., Kovylyayev D. A., Danilova E. Yu., Gorodilov A. Y. Study of Microcontroller Programming in Proteus CAD Program. *Bulletin of Perm University. Mathematics. Mechanics. Informatics*. 2021. № 2 (53). Pp. 69-74.

Информация об авторах

Цепляев Виталий Алексеевич, ректор, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технические системы в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 26), e-mail: volgau@volgau.com

Цепляев Никита Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории систем орошения и управления поливом отдела оросительных технологий, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им А.Н. Костякова», (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, д. 9), e-mail: sap_volgau@mail.ru

Лебедь Никита Игоревич, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение и энергетические системы», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 26), e-mail: nik8872@yandex.ru

Токарев Кирилл Евгеньевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Математическое моделирование и информатика», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 26), e-mail: tokarevke@yandex.ru

Author's Information

Tseplyaev Vitaly Alekseevich, Rector, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems in the AIC, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: volgau@volgau.com

Tseplyaev Aleksey Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, leading researcher at the Laboratory of Irrigation Systems and Watering Control, Department of Irrigation Technologies, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal Scientific Center All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakova", (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), e-mail: can_volgau@mail.ru

Lebed Nikita Igorevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: nik8872@yandex.ru

Tokarev Kirill Evgenievich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical Modeling and Informatics, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: tokarevke@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-35

NEW TECHNOLOGY OF CULTIVATION OF BERRY AND VEGETABLE CROPS

¹Ovchinnikov A. S., ²Mayer A. V.¹Volgograd State Agrarian University

²Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov»
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Received 10.06.2024

Submitted 24.09.2024

Summary

The proposed technology of cultivation of vegetable and berry crops using agrotechnical techniques is aimed at eliminating climatic risks in the cultivation of agricultural crops. The scheme of the irrigation system provides functionality for maintaining a soil temperature close to optimal and a hydrothermal sowing regime.

Abstract

Introduction. Research on the development of low-volume irrigation systems for perennial and agricultural crops by VNIIGiM scientists has been conducted since the beginning of the two thousandth years. Previously developed low-volume irrigation methods such as low-volume sprinkling, drip and subsurface irrigation, aerosol humidification in combination with the above-mentioned irrigation methods have proven to be more in demand, especially in critical dry years. The use of low-volume combined irrigation systems in the cultivation of row crops has been reduced to a minimum dependence of yield on climatic risks. **Object.** The technological development of the irrigation system is based on intra-soil pipelines, which are used to cool or warm up the soil by supplying irrigation water of the desired temperature, supplied to the system from different depths of the reservoir, depending on the task. Based on the presented technology, an irrigation system is proposed, which contains structural elements for the functionality of regulating the hydrothermal regime on the irrigated module. **Materials and methods.** In experimental studies on the regulation of soil and hydrothermal conditions, we used materials from an individual weather station, where an integrated sensor package collects weather data outside the city and sends them to the console of the Vantage Pro 2 Plus complex. Observations were conducted daily. The start time of water intake and discharge in the irrigation system was carried out when the optimal temperature of irrigation water was reached. When cutting cracks, for laying irrigation and blind pipelines in them, in the irrigated area, the SHCHN-2-140 slot cutter, developed by VNIIGiM employees, was used. **Results and discussions.** The development of low-volume methods of low-intensity sprinkling is being held back due to the many unresolved issues related to irrigation processes. A significant disadvantage of existing low-volume local irrigation systems, in relation to the problem being solved, is that without the function of humidifying the air, leaf surface and lowering the temperature in the plant environment, during vegetative watering in hot and dry years, there is no possibility of regulating the hydrothermal regime of sowing and soil, which often leads to significant risk, and leads to partial or complete loss of harvest.

Keywords: innovative cultivation technologies, berry crops, vegetable crops, crop cultivation technologies.

Citation. Ovchinnikov A. S., Mayer A. V. New technology of cultivation of berry and vegetable crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 311-318 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-35.

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 634.674

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯГОДНЫХ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

¹Овчинников А. С., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²Майер А. В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

²ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Исследования по разработкам систем малообъемного орошения многолетних и сельскохозяйственных культур учеными ВНИИГиМ ведутся с начала двухтысячных годов. Разработанные ранее малообъемные способы полива, такие как малообъемное дождевание, капельное и внутрипочвенное орошение, аэрозольное увлажнение в комбинации с вышеперечисленными способами полива зарекомендовали себя как более востребованные, особенно в критические острозасушливые годы. Использование систем малообъемного комбинированного орошения при выращивании пропашных культур свели к минимальной зависимости урожайности от климатических рисков. **Объект исследования.** В основу технологической разработки системы орошения вошли внутрипочвенные трубопроводы при помощи, которых осуществляется охлаждение или прогрев почвы, посредством подачи поливной воды нужной температуры, подаваемой в систему с разной глубины водоема, в зависимости от поставленной задачи. На основе представленной технологии предложена оросительная система, в которой заложены конструкционные элементы для функциональных возможностей регулирования гидротермического режима на орошаемом модуле. **Материалы и методы.** При экспериментальных исследованиях по регулированию почвенного и гидротермического режима нами были использованы материалы индивидуальной метеостанции, где интегрированный сенсорный пакет собирает данные о погоде за пределами города и отправляет их на консоль комплекса «Vantage Pro 2 Плюс». Наблюдения велись ежедневно. Время начала водозабора и его сброса в системе орошения осуществлялся при достижении оптимальной температуры поливной воды. При нарезке щелей для укладки в них поливного и слепого трубопроводов на орошаемом участке, использовался, щелерез ЩН-2-140, разработанный сотрудниками ВНИИГиМ. **Результаты и обсуждения.** Развитие малообъемных способов малоинтенсивного дождевания сдерживается в связи с множеством нерешенных вопросов, касающихся технологических процессов орошения. Существенным недостатком существующих малообъемных локальных систем орошения, применительно к решаемой проблеме, является то, что без функции увлажнения воздуха, листовой поверхности и понижения температуры в среде растений, при вегетативных поливах в жаркие и засушливые годы, отсутствует возможность регулирования гидротермического режима посева и почвы, что, зачастую приводит к значительному риску и ведет к частичной или полной потере урожая.

Ключевые слова: инновационные технологии возделывания, ягодные культуры, овощные культуры, технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Цитирование. Овчинников А. С., Майер А. В. Новая технология возделывания ягодных и овощных культур. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 311-318. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-35.

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. Разработка ресурсосберегающей технологии для выращивания овощных и ягодных культур с минимальными затратами и максимальным производством возделываемой продукции является одной из основных задач науки [1, 2, 4]. Как показывает практика, выращивание овощных и ягодных культур в засушливых условиях Нижнего Поволжья экономически и экологически оправдано. В Нижнем Поволжье, где сумма среднесуточных температур выше 10 °С, за сезон составляет 3200...3800 °С, а продолжительность вегетационного периода достигает 160...180 дней, возможно возделывание овощных и ягодных культур раннего и позднего срока созревания. За период вегетации с апреля по октябрь сумма приходящей фотосинтетической активной радиации (ФАР) составляет около 11,5×10⁹ кДж/га. Главным сдерживающим фактором реализации овощных и ягодных куль-

тур является постоянная или периодическая нехватка количества сезонных осадков и, вместе с этим, возникновение засух и суховеев [3, 6, 7, 11]. Поэтому весьма актуально решение вопросов по разработке новых технологий, посредством которых исключалось бы влияние климатических рисков.

Для решения поставленных задач связанных с выращиванием пропашных культур, необходимы разработки и применение новых агротехнологических приемов и способов орошения, как наибольшей составляющей использования генетического потенциала культуры на орошаемых земельных площадях [5, 12]. Решение этих задач на сегодняшний день в условиях нарастающего дефицита характерно не только для Нижних районов Поволжья, но и для жарких Южных регионов России включительно.

Одной из технологий при возделывании овощных и ягодных культур, отвечающей требованиям при регулировании гидротермического режима почвы и окружающего воздуха, является предложенная авторами система орошения с водозаборным устройством с разных слоев водоема, т.е. водой разной температуры, с укладкой поливных и слепых трубопроводов по спирали, в нарезанные щели с очаговыми резервуарами. Укладка трубопроводов по спирали должна обеспечивать при необходимости циркуляцию поливной воды по всему орошаемому участку от водозабора до сброса остывшей или нагретой почвой воды [6, 8]. Для охлаждения и поднятия влаги в приземном слое воздуха используются насадки клапанного типа, для аэрозольного орошения, которые монтируются в поливные линии и вступают в работу при поднятии в трубопроводах давления поливной воды до 0,02 МПа.

Предложенная технология системы орошения с регулированием гидротермического режима почвы, а вместе с ней и возделываемых растений, найдет свое применение для полива ягодных, овощных и других посевных культур [9, 10]. Агротехнический прием нарезки щелей, агрегатом ЩН-2-140, введенный в технологию орошения, для укладки поливных и слепых трубопроводов, положительно отразится при регулировании гидротермического режима и влажности почвы.

Материалы и методы. Орошение овощных и ягодных культур находится в прямой зависимости от климатических, гидрогеологических условий и биологических особенностей возделываемого орошаемого участка. Важным элементом является способ орошения и агротехнические приемы, направленные на управление технологией орошения, которая определяет роль формирования водного баланса поливных модулей. Агротехнические приемы предполивной обработки почвы более эффективны при использовании поливной воды с наибольшими поливными нормами. При расчетах определения водного баланса нами использовался метод непосредственных полевых измерений, метод водного баланса, который включает методы, основанные на уравнении водного баланса поля и методы испарителей и лизиметров. Агротехника ягодных и овощных культур, выращиваемых на получение стабильного урожая, разрабатывалась на основе опыта ученых ВФ ВНИИГиМ и зональных рекомендаций.

Результаты и обсуждения. В основном оросительная система рассчитана на два способа полива, внутripочвенное и аэрозольное орошение. Новизна технологической системы орошения заключается в обеспечении гидротермического и почвенного режимов почвы и приземного слоя воздуха. Для поддержания почвенного термического режима смоделирована система укладки поливных и слепых трубопроводов в нарезанные щели. Смонтированы они таким образом, чтобы поливная вода в трубопроводах циркулировала по спирали посредством водозабора и имела функцию сброса воды в ороситель.

Исходя из накопленного опыта мы решили разработать multifunctionальную оросительную систему, которая нам позволит осуществлять оросительные поливы одновременно, с различными температурными порогами почвенной влажности с необходимой регулировкой гидротермического режима посева (рисунок 1).

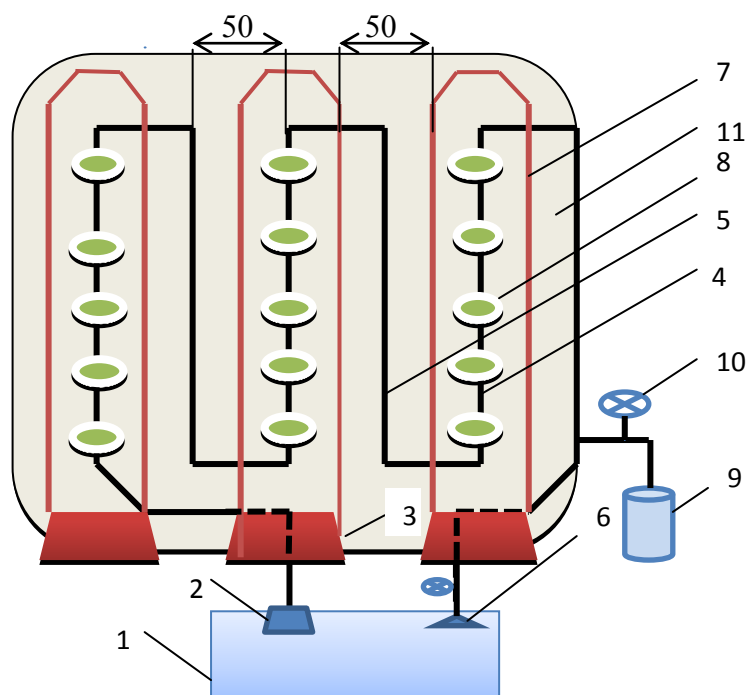


Рисунок 1 – Условная схема системы орошения и ирригации для возделывания земляники
1 – ороситель; 2 – водяной насос; 3 – грядка; 4 – поливной трубопровод; 5 – слепой трубопровод;
6 – сливной патрубок; 7 – граница грядки; 8 – земляничный куст; 9 – емкость для слива теплой воды;
10 – запорный вентиль; 11 – укрывной материал – лутрасил

Figure 1 – Conditional scheme of irrigation and irrigation system for strawberry cultivation
1 is – sprinkler; 2 – water pump; 3 – bed; 4 – irrigation pipeline; 5 – blind pipeline; 6 – drain pipe;
7 – border of the bed; 8 – strawberry bush; 9 – container for draining warm water; 10 – shut-off valve;
11 – covering material – lutrasil

Устройство и принцип работы системы ирригации заключается в следующем: система состоит из поливных 4 и слепых трубопроводов 5, которые расположены внутри почвы на поливном участке, в виде спирали. Причем поливные трубопроводы 4 осуществляют функцию полива земляничной культуры 8. Слепые трубопроводы уложены в почву между грядок, на глубине не ниже 25 см от поверхности почвы, и выполняют функцию поддержания температурного режима почвы. Укладка поливных и слепых трубопроводов осуществляется в нарезанные щели шириной до 40 мм. Нарезка щелей производится щеле-резом ЩН-2-100, разработанным в соавторстве и запатентованным коллективом авторов ВНИИГИМ (патент Р.Ф. № 2134033).

Как видно из рисунка 1, водозабор и при необходимости сброс поливной воды происходит из одного водоема. Сброс воды необходим в том случае, если нужно поменять ее температуру в трубопроводах. Например, сбросить из трубопроводов системы теплую или холодную воду и закачать воду в зависимости от поставленной задачи. Если необходимо понизить температуру почвы, то закачиваем в систему воду с более глубокого слоя воды, где ее температура ниже той температуры воды, которая находится в водоеме ближе к поверхности, и наоборот, при температуре воды ниже оптимального значения закачиваем воду более теплую с верхнего слоя водоема. Для осуществления забора воды с разных глубин водоема разработано водозаборное устройство с всасывающими окнами 8 (рисунок 2). Водозаборное устройство расположено на воздушной подушке 3 для изменения глубины водозабора. Всасывающий трубопровод 6 выполнен с гибкого гофрированного материала, для забора воды с необходимой глубины водоема. Наполнение воздухом герметичной подушки происходит посредством пневматического насоса 9 через воздушный трубопровод 7 и штуцер с золотником 10.

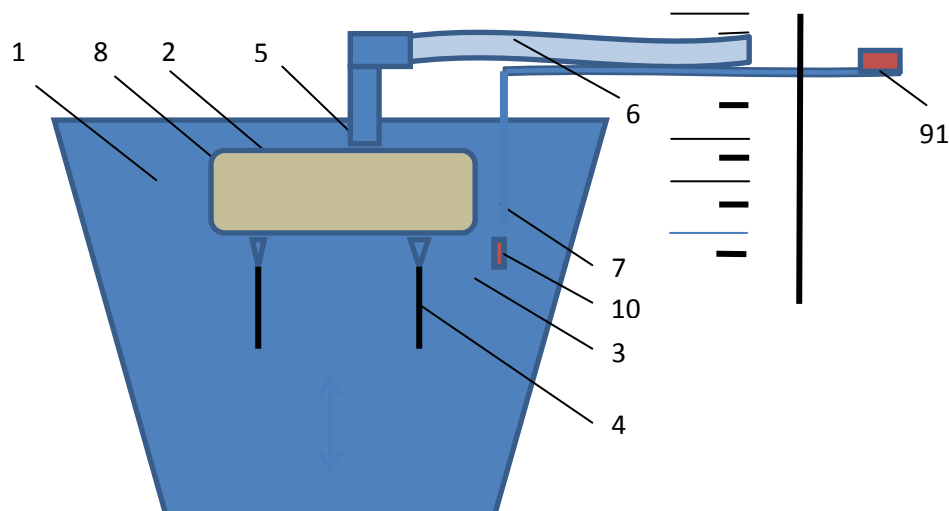


Рисунок 2 – Водозаборное устройство для забора воды с разных глубин водоема
1 – водоисточник; 2 – водозаборное устройство; 3 – воздушная подушка; 4 – крепление;
5 – соединительный патрубок; 6 – гибкий всасывающий трубопровод; 7 – воздушный трубопровод;
8 – всасывающие окна; 9 – пневматический насос; 10 – штуцер золотника
Figure 2 – A water intake device for taking water from different depths of the reservoir
1 – water source; 2 – water intake device; 3 – air cushion; 4 – mounting; 5 – connecting pipe;
6 – flexible suction pipe; 7 – air pipeline; 8 – suction windows; 9 – air pump; 10 – spool fitting

В системе предусмотрена функция для заполнения емкости 9 теплой водой (рисунок 1), для дальнейшего использования, к примеру, при поливе высаженной рассады, которой необходима вода высокой температуры, желательно выше 20 °С [6, 7].

Поливной трубопровод служит для полива земляники и в то же время, как и слепой трубопровод, осуществляет функцию прогрева или охлаждения почвы. Диаметр поливных трубопроводов соответствует диаметру 25-35 мм. Укладка поливных и слепых трубопроводов производится в нарезанные щели непосредственно под посадочными грядками и в междурядьях, на глубине 25-35 мм. Закачивать, прогонять и сбрасывать воду из системы орошаемого участка в водоем необходимо до тех пор, пока в почве не установится стабильный близкий к оптимальному значению температурный режим. Необходимая температура воды, закачивается водяным насосом с разной глубины стоячего водоема, посредством водозаборного устройства с гибким гофрированным трубопроводом 6 рисунок 2.

Для исключения климатических рисков в поливные трубопроводы посредством конвекторов монтируются гибкие трубки, гидравлически сопряженные с распылительными насадками, которые крепятся на стойки круглого сечения. Распылительные аэрозольные насадки при поднятии давления в распределенных трубопроводах системы орошения более 0,02 МПа осуществляют увлажнение выращиваемой культуры. Расстояние между поливными и слепыми трубопроводами, уложенными в нарезанные щели с очаговыми резервуарами по принципу спирали, составляет 500 мм. Предложенная технология укладки трубопроводов в нарезанные щели с функцией охлаждения, способствует поддержанию близкой к оптимальной температуре почвы. Щелерезы, в количестве 2 штук, устанавливаются на раму культиватора или корчевателя с расстоянием между ними 500 мм. Для удержания почвенной влаги в разработанном щелерезе ЩН-2-140, в нижней режущей части предусмотрено долото 4, посредством которого в почве нарезаются очаговые резервуары диаметром до 70 мм, в которых после полива орошаемого участка аккумулируется влага. Предложенный прием аккумуляции влаги способствует сдвигу срока до следующего полива, тем самым сокращая оросительную норму на 1...2 полива, в зависимости от климатических условий поливного сезона. Щелерез с разработанным и запатентованным учеными ВНИИГИМ рабочим органом показан на рисунке (рисунок 3).

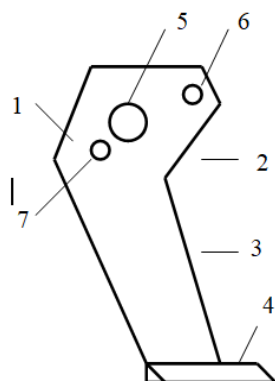


Рисунок 3 – Рабочий орган щелереза ЩН-2-140

1 – рабочий орган, 2 – короткое лезвие, 3 – длинное лезвие, 4 – долото, 5 – место крепления, 6, 7 – место фиксации.

Figure 3 – Working body of the slot-cutter SHCHN-2-140

1 – working body, 2 – short blade, 3 – long blade, 4 – chisel, 5 – attachment point, 6, 7 – the place of fixation

Схема укладки трубопроводной сети и ее автоматика показана на рисунке 4.

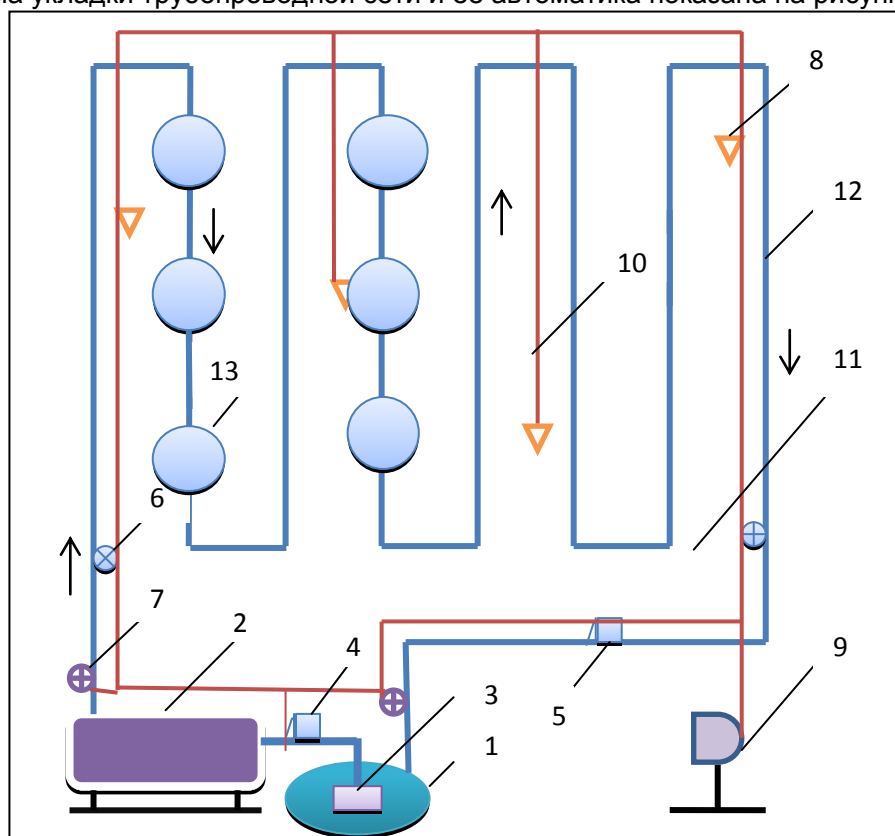


Рисунок 4 – Условная схема укладки трубопроводов в нарезанные щели и автоматики орошаемого модуля
1 – водоисточник; 2 – насосная станция; 3 – водозаборное устройство; 4 – температурный датчик начала водозабора; 5 – температурный датчик на конце водовыпуска; 6 – клапанные контроллеры; 7 – манометры давления воды; 8 – почвенные датчики температуры; 9 – компьютер; 10 – электропроводка; 11 – орошаемый модуль; 12 – место положения водопроводной сети в нарезанных щелях; 13 – дождевальные установки

Figure 4 – Conditional scheme of laying pipelines in cut slots and automation and irrigated module
1 – water source; 2 – pumping station; 3 – water intake device; 4 – temperature sensor at the beginning of the intake; 5 – temperature sensor at the end of the outlet; 6 – valve controllers; 7 – water pressure gauges; 8 – soil temperature sensors; 9 – computer; 10 – electrical wiring; 11 – irrigated module; 12 – the location of the water supply network in the cut slots; 13 – sprinkler installations

Представленная инновационная технология орошаемого модуля при возделывании земляники может использоваться не только при возделывании ягодных культур. Разработанная технология в совершенстве приемлема для выращивания овощных культур и корнеплодов, таких как томаты, огурцы, морковь, свекла, редис, дайкон или зелени, типа укропа, базилика и рукколы. При выращивании перечисленных декоративных культур необязательно использование укрывного материала. При выращивании земляники или других низко растущих ягодных культур, таким как клюква, клубника, голубика, укрывным материалом может служить полиэтиленовая темная пленка или влагопропускающий материал – лутрасил. Укрывной материал дополнительно служит для защиты почвы и корневой системы от перегрева, или для удержания оптимального гидротермического режима почвы в зависимости от температурных условий орошаемого модуля.

Выводы. Системы комбинированного малообъемного орошения по своим техническим характеристикам обладают функцией предотвращения климатических рисков и являются инновационными, относятся к современным ресурсосберегающим технологиям орошения. Предложенная технология системы орошения с разработанным водозабором воды с разных слоев водоема для полива возделываемых культур обеспечит увеличение урожая овощных и ягодных культур на 15...20% отсюда и соответствующее возрастание прибыли по сравнению с использованием обычной технологии капельного орошения. За счет благоприятного воздействия температуры воды в трубопроводах, посредством ее водозабора с разных глубин водоема, мы достигаем возможности управления гидротермическими процессами в почве и посредством аэрозольного увлажнения, регулировать гидротермический режим посева в приземном слое воздуха. С использованием новой технологии комбинированной системы орошения решается вопрос по внесению ростовых и химических веществ.

Conclusions. Combined low-volume irrigation systems by their technical characteristics have the function of preventing climatic risks and are innovative, belong to modern resource-saving irrigation technologies. The proposed technology of the irrigation system with the developed water intake from different layers of the reservoir for irrigation of cultivated crops will provide an increase in the yield of vegetable and berry crops by 15...20% hence the corresponding increase in profits compared to the use of conventional drip irrigation technology. Due to the favorable effect of the water temperature in the pipelines, through its water intake from different depths of the reservoir, we achieve the ability to control hydrothermal processes in the soil and by means of aerosol moistening, to regulate the hydrothermal regime of sowing in the surface layer of air. Using the new technology of the combined irrigation system, the issue of applying growth and chemicals is being solved.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Технико-технологические основы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в условиях орошения. Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 10 (98). С. 1484-1495.
2. Бочарников В. С., Мещеряков М. П. Новые приемы возделывания овощных культур в системе водосберегающего орошения. Овощеводство и тепличное хозяйство. 2014. № 4. С. 54.
3. Добрачев Ю. П., Соколов А. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности. Природоустройство. 2016. № 3. С. 90-96.
4. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур. Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 9-19.
5. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв. Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.
6. Майер А. В., Пенькова Р. И. Технологический процесс водозабора с послойным водо-отбором. Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2024. С. 330-336.
7. Майер А. В., Пенькова Р. И. Разработка мелиоративной системы для малообъемных способов орошения при возделывании овощных и садовых культур. Известия НВ АУК. 2022. № 4 (68). С. 14-21.
8. Мирсалахова Л. М. Система инъекционного орошения. Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета имени П. А. Костычева. Рязань: 2022. Т. 14. № 1. С. 42-49.
9. Храбров М. Ю., Майер А. В. Совершенствование системы капельно-инъекционного орошения для полива овощных культур. Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2024. С. 19-29.
10. Ахмедзаде А. Дж., Гашимов А. Д. Энциклопедия. Мелиорация и водное хозяйство. Баку: Радиус, 2016. 632 с.
11. 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.
12. Santos O. F., Cunha F. F., Taira T. L. Increase in pea productivity associated with irrigation management. Horticultura

References

1. 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.
2. Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P. New methods of vegetable crops cultivation in the system of water-saving irrigation. *Vegetable growing and greenhouse farming*. 2014. № 4. P. 54.
3. Dobrachev Y. P., Sokolov A. P. Models of plant growth and development and the task of increasing yields. *Environmental management*. 2016. № 3. Pp. 90-96.
4. 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. Pp. 9-19.
5. Kireycheva L. V., Karpenko N. P. Assessment of the effectiveness of irrigation reclamation in the zonal series of soils. *Soil science*. 2015. № 5. P. 587.
6. Mayer A. V., Penkova R. I. Technological process of water intake with layer-by-layer water selection. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2024. Pp. 330-336.
7. Mayer A. V., Penkova R. I. Development of reclamation system for small-volume methods of irrigation in the cultivation of vegetable and garden crops. *Izvestiya NV AUK*. 2022. № 4 (68). Pp. 14-21.
8. Mirsalakhova L. M. Sistema injectionnogo irisheniya [Injection irrigation system]. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev*. Ryazan: 2022. V. 14. № 1. Pp. 42-49.
9. Khrabrov M. Yu., Mayer A. V. Improvement of the drip and injection irrigation system for irrigation of vegetable crops. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2024. Pp. 19-29.
10. Akhmedzade A. Dzh., Hashimov A. D. *Encyclopedia. Land reclamation and water management*. Baku: Radius, 2016. 632 p.
11. 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.
12. Santos O. F., Cunha F. F., Taira T. L. Increase in pea productivity associated with irrigation management. *Horticultura Brasileira*. 2018. V. 36. I. 2. Pp. 178-183.

Информация об авторах

Овчинников Алексей Семенович, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: oas_volgau@mail.ru

Майер Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ВНИИОЗ филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костюкова, (Российская Федерация, 400002 г. Волгоград ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: номер <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Author's Information

Ovchinnikov Aleksey Semenovich, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, professor, head of the department of "Applied geodesy, environmental management and water use", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: oas_volgau@mail.ru

Mayer Aleksander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyukov (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), ORCID: <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-36

THE USE OF CEMENT DUST IN A CLOSED CYCLE OF INDUSTRIAL PRODUCTION IN AGRICULTURE

¹Borisenko I. B., ¹Meznikova M. V., ²Ulybina E. I.

¹Volgograd State Agricultural University
Volgograd, Russian Federation

²Sebryakovsky branch of the Volgograd State Technical University
Mikhailovka, Volgograd region, Russian Federation

Corresponding author e-mail: ulibina.ekat@yandex.ru

Received 24.05.2024

Submitted 28.09.2024

Summary

The article discusses the theoretical aspects of the possibility of using cement dust as a secondary resource in agriculture for pest control using a closed industrial production cycle. An assessment of the chemical composition of cement dust is given and a scheme for the use of cement dust in agriculture is derived.

Abstract

Introduction. Conservation of resources has recently become a necessary condition for the preservation of human life and health. Russia is a country that is very wasteful about the use of resources. However, the situation has been changing dramatically lately and this entails the creation of new technologies and adapted machines for the use of resource-saving technologies. Resource conservation has recently been associated not only with saving resources, but also with maintaining a balance between industrial production and the secondary use of waste after receiving the final product of industry in order to achieve the sustainability of the man-made environment. Therefore, modern industrial enterprises are switching to a closed

production cycle in their work, which allows determining resource efficiency throughout the entire life cycle of resources. Therefore, it has recently been relevant to use two concepts: secondary raw materials and secondary resources. For agricultural enterprises, the concept of secondary resources is most often used – it is waste or part of waste that is recycled as a result of separate accumulation of waste or after production by industrial enterprises. For example, the construction industry is a priority in the Russian development economy, and its development potential affects the amount of government spending and the welfare of the country's population. According to Form 2-TP waste, this industry produced 10 million tons of waste in 2023, and disposed of 5 million tons of waste. One of the types of waste from the construction industry is cement dust, which is formed in large quantities during the production of clinker and slurry dust. The chemical composition of cement dust allows it to be used in agriculture for deoxidation of soils and protection of row crops from diseases and pests. **Object.** The study of waste (slurry dust) as their application as secondary resources for pest control in agriculture in a closed production cycle. **Materials and methods.** The research was carried out using various methods that allow grouping, generalizing, analyzing, comparing and systematically approaching the issue of theoretical study of the material. The method of diagrammatic presentation is used to visually and graphically illustrate the research, as well as to obtain theoretical conclusions. The research methodology was presented by the study of various regulations, rules for the use of secondary waste in agriculture, and the program for the sustainable development of the Russian economy. For the analysis of statistical data, reference books, databases and information of the Ministry of Agriculture published on the official website were used as a basis. **Results and conclusions.** The theoretical justification and creation of a closed production cycle model allows the use of secondary resources of cement (slurry) dust in agriculture. The determination of the chemical composition of cement dust makes it possible to assess the high elemental composition, which contributes to the loss of moisture by insects. The composition of cement dust has a high pH of 10 percent or more, and also contains many trace elements, Mg. Cu. Ca, etc. When combined with water, a solution of these elements has a stimulating effect on the growth and development of plants. The results of the research were also an assessment of the lack of modernized and adapted machines for spreading fertilizers and pollinating plants using closed-loop technology of sludge dust waste. It is proved that industrial enterprises that use a closed production cycle can reduce their costs in the production of products and in conditions of resource scarcity, give hope for the creation of renewable resources with the sustainable development of the country's economy. The involvement of cement dust waste in land reclamation may provide up to 35% of waste disposal in this area. The creation of a closed production cycle using the chemical composition of cement dust makes it possible to create synthetic fertilizers for agricultural industries 20% cheaper, which will entail a reduction in operating costs for fertilizer spreading and pollination operations during chemical plant protection. Interaction within the framework of recycling of this type of waste will contribute to the modernization of existing machines for spreading fertilizers and pollinating plants, as well as updating technical documentation regarding the use of cement dust using improved machines and fertilizer application standards.

Keywords: cement dust, chemical plant protection, closed production cycle, production waste, fertilizer spreading machines, pollinators.

Citation. Borisenko I. B., Meznikova M. V., Ulybina E. I. The use of cement dust in the closed cycle of industrial production in agriculture. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 318-325 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-36.

Author's contribution. All the authors of this article participated in the planning, analysis, and compilation of a diagrammatic study of the theoretical material of the use of secondary resources, namely cement dust of the construction industry in agriculture.

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

УДК 632.08:632.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕМЕНТНОЙ ПЫЛИ В ЗАМКНУТОМ ЦИКЛЕ ПРОИЗВОДСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

¹Борисенко И. Б., доктор технических наук, главный научный сотрудник
¹Мезникова М. В., кандидат технических наук, старший научный сотрудник
²Улыбина Е. И., кандидат технических наук, доцент

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

²Себряковский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»
г. Михайловка, Волгоградская область, Российская Федерация

Актуальность. Необходимым условием сохранения жизни и здоровья людей в последнее время становится сохранение ресурсов. Россия – страна, которая расточительно относится к использованию ресурсов. Однако в последнее время ситуация кардинально меняется, и это влечет за

собой создание новых технологий и адаптированных машин для применения ресурсосберегающих технологий. Ресурсосбережение связано последнее время не только с экономией ресурсов, но и с сохранением равновесия между промышленными производствами и вторичным использованием отходов после получения конечного продукта промышленности для достижения устойчивости окружающей техногенной среды. Поэтому современные промышленные предприятия переходят в своей работе на замкнутый цикл производства, который позволяет определять ресурсную эффективность на протяжении всего жизненного цикла ресурсов. В последнее время актуально использовать два понятия вторичное сырье и вторичные ресурсы. Для сельскохозяйственных предприятий чаще всего используют понятие вторичные ресурсы – это отходы или часть отходов, которые вторично используются в результате раздельного накопления отходов или после производства продукции промышленными предприятиями. Так, например, строительная отрасль является приоритетной в экономике развития России, и потенциал ее развития влияет на размер государственных расходов и благосостояние населения страны. По данным формы 2-ТП отходы, данной отраслью произведено 10 млн тонн отходов в 2023 году, а утилизировано 5 млн тонн отходов. Одним из видов отходов строительной отрасли является цементная пыль, образуемая при производстве портландцемента в электрофильтрах, и шламовая пыль, которая в большом количестве образуется при помоле клинкера в мельницах. Химический состав цементной пыли и шламовой пыли позволяет использовать ее в сельском хозяйстве для раскисления почв и защиты пропашных культур от болезней и вредителей. **Объект.** Исследование отходов (шламовой пыли) в качестве применения их как вторичных ресурсов для борьбы с вредителями в сельском хозяйстве в замкнутом цикле производства. **Материалы и методы.** Исследования проводились с использованием различных методов, позволяющих группировать, обобщать, анализировать, сравнивать и системно подходить к вопросу теоретического изучения материала. Для наглядной и графической иллюстрации исследований, а также получения теоретических выводов применяется метод диаграммного изложения. Методологию исследований представили изучение различных положений, правил использования вторичных отходов в сельском хозяйстве, программы устойчивого развития экономики России. Для анализа статистических данных за основу принимались справочники, базы данных и сведения Министерства сельского хозяйства, публикуемые на официальном сайте. **Результаты и выводы.** Теоретическое обоснование и создание модели замкнутого цикла производства позволяет использование вторичных ресурсов цементной (шламовой) пыли в сельском хозяйстве. Определение химического состава цементной пыли, дает возможность оценить высокий элементный состав, который способствует потери влаги насекомыми. Состав цементной пыли имеет высокий рН состав 10 и более процентов, а также содержит много микроэлементов, Mg. Cu. Ca т.д. При соединении с водой раствор этих элементов оказывает стимулирующие действие на рост и развитие растений. Результатами исследований явилась также оценка отсутствия модернизированных и адаптированных машин для разбрасывания удобрений и опыливания растений с применением технологии замкнутого цикла отходов шламовой пыли. Доказано, что промышленные предприятия, которые применяют замкнутый цикл производства, могут уменьшить свои затраты при производстве продукции и в условиях дефицита ресурсов, дают надежду на создание возобновляемых ресурсов при устойчивом развитии экономики страны. Вовлечение отходов цементной пыли в рекультивацию земель, может, обеспечит до 35% утилизации отходов этого направления. Создание замкнутого цикла производства с применением химического состава цементной пыли позволяет создавать на 20% дешевле синтетических удобрений для отраслей АПК, что повлечет за собой снижение эксплуатационных затрат на операциях разбрасывания удобрений и опыливания при химической защите растений. Взаимодействие в рамках утилизации такого вида отходов будет способствовать модернизации существующих машин для разбрасывания удобрений и опыливания растений, а также актуализации технической документации в части использования цементной пыли с применением усовершенствованных машин и норм внесения удобрений.

Ключевые слова: цементная пыль, химическая защита растений, замкнутый цикл производства, отходы производства, машины для разбрасывания удобрений, опыливатели.

Цитирование. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Использование цементной пыли в замкнутом цикле производства промышленности в сельском хозяйстве. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 318-325. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-36.

Авторский вклад. Все авторы данной статьи участвовали в планировании, анализе, составлении диаграммного исследования теоретического материала применения вторичных ресурсов, а именно цементной пыли строительной отрасли в сельском хозяйстве.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Нарастание объемов и темпов производства в промышленности приводит к большому потреблению ресурсов. При этом ресурсы используются неэффективно, что приводит к образованию отходов [1, 2, 3]. Постоянное накопление отходов может привести к экологическим проблемам, поэтому так важно в настоящее время использовать

технологии замкнутого цикла производства и вторичных ресурсов [3, 4]. Среди отраслей промышленного производства лидером является строительная отрасль. Объемы производства строительных материалов постоянно растут вследствие увеличения спроса на строительные материалы. Еще одной причиной увеличения объемов производства является применение новых технологий при производстве сырья. Если рассматривать два ключевых понятия вместе, то это неразрывно связано с накоплением отходов в качестве цементной пыли, которая накапливается в фильтрах очистки. Накопление данного вида отхода настолько велико, что вторичное использование цементной пыли – необходимое условие для ограничения негативных последствий производственной деятельности на окружающую среду. Одним из направлений использования цементной пыли как вторичного ресурса является отрасль сельского хозяйства. Отходы в качестве цементной пыли можно использовать в качестве удобрений в двух направлениях: для раскисления известняковых почв и для защиты растений от болезней и вредителей, которые массово снижают урожай, так как развиваются в большом количестве [5]. Цементная пыль, как вторичное сырье имеет высокий технический и экономический эффект для применения химического метода опыливания овощных и пропашных культур от болезней и вредителей. Новый подход в качестве безотходного производства имеет замкнутый цикл и направлен на поддержание использования ресурсов как можно дольше, что приводит к устойчивому природопользованию и долгосрочному и эффективному использованию цикла отходов в качестве цементной пыли [1].

Материалы и методы. Для достижения поставленной научной задачи, которая сводится к определению теоретического понятия замкнутого цикла производства и определению модели использования вторичных ресурсов в АПК использовались данные форума АГРОС «Опыт развития и собственной генерации и повышения энергоэффективности для АПК. Использовались материалы и документы стратегии развития РФ до 2050 года в области технологичности РПРФ-3052 р и применения стратегии развития промышленных предприятий с позиции энергоэффективности и ресурсопользования для устойчивого развития и связи отраслей промышленности и сельского хозяйства. А также применялся новый метод «таксономии зеленых проектов» – это новая с точки зрения применения практики классификация критериев использования вторичных ресурсов. С помощью данного способа была создана модель замкнутого цикла промышленного производства использования цементной пыли в сельском хозяйстве. Для построения диаграммы химического состава цементной (шламовой) пыли использовались лабораторные данные спектрального анализа на содержание микроэлементов Краснодарского филиала ВНИИнефть. Для определения вида отхода строительной отрасли и его возможности применения в сельском хозяйстве использовался паспорт отраслевой программы применения вторичных ресурсов и вторичного сырья из отходов в промышленном предприятии до 2030 года [5].

Результаты и обсуждения. Результатами исследований является создание и выведение модели использования цементной пыли в сельском хозяйстве в условиях замкнутого цикла производства цементной промышленности. Для этого применяют технологию использования чужих отходов в своем производстве АПК (рисунок 1).

Выбор технологии замкнутого цикла зависит от объема и качества спроса и предложения на вторичное сырье, а также модернизации технологической цепочки. Понятие модернизации технологической цепочки включает в себя исследование вторичного сырья, а именно цементной пыли с точки зрения применения ее в сельском хозяйстве.

В соответствии с паспортом отраслевой программы применения вторичных ресурсов и вторичного сырья из отходов в промышленном производстве до 2030 года цементная пыль может использоваться для известкования кислых почв и для защиты растений от вредителей [6]. Как дополнительный ресурс шламовую пыль используют в борьбе против листогрызущих и сосущих насекомых на овощных и пропашных культурах. Для этого были изучены физические показатели цементной пыли (рисунок 2).

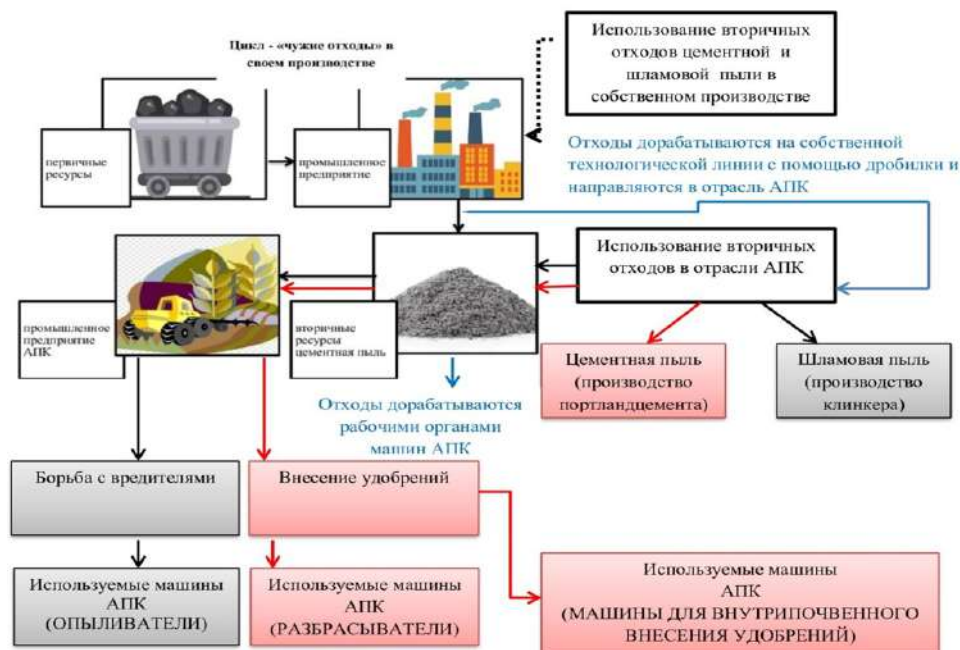


Рисунок 1 – Технология использования чужих отходов в своем АПК
Figure 1 – Technology of using other people's waste in your agro-industrial complex

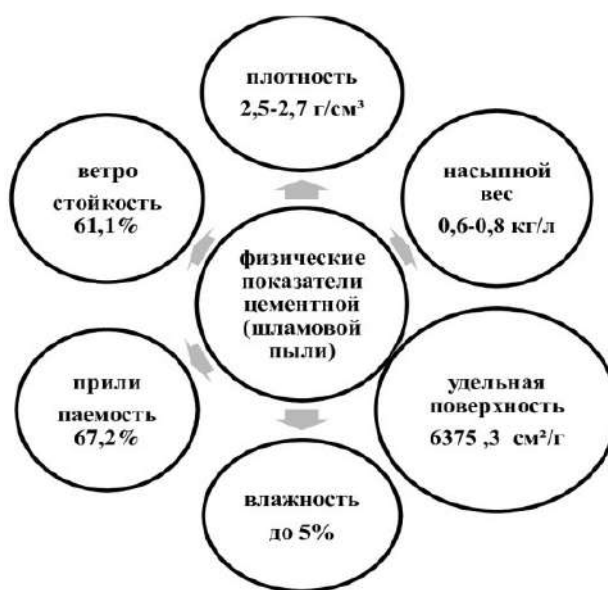


Рисунок 2 – Физические показатели цементной (шламовой пыли)
Figure 2 – Physical parameters of cement (slurry dust)

Цементная (шламовая) пыль – это полидисперсное сырье, которое получается в результате обжига в печах портландцемента или клинкера и по своему физическому составу не отличается от инсектицидных дустов органического синтеза, относящихся к средне слипаемым порошкам [6].

Был произведен также анализ химического состава пыли [7]. Исследования показывают, что цементная шламовая пыль имеет рН основу с процентным содержанием 11,6-12,6% [7]. В состав входит большое количество солей и щелочей, которые при вступлении в реакцию с водой получают микроэлементы, которые хорошо усваиваются растениями [7]. Химический состав цементной шламовой пыли (рисунок 3).

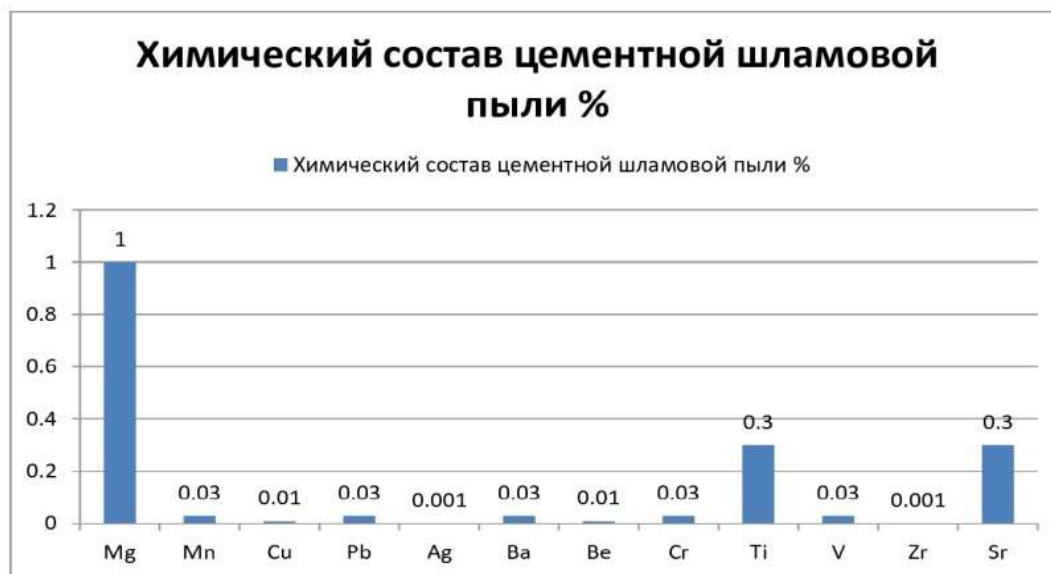


Рисунок 3 – Химический состав цементной (шламовой пыли)
Figure 3 – Chemical composition of cement (slurry dust)

Химические и физические показатели цементной (шламовой пыли) оказывают губительное воздействие на вредителей и насекомых и оказывают на них иссушающие и травмирующее действие за счет присутствия оксидов магния и кальция [7, 8]. Это объясняется отнятием влаги у насекомых порошками и как следствие приводит к обезвоживанию организмов и их гибели. О таком характерном поведении вредителей при нанесении на них цементной пыли в своих трудах описывал кандидат биологических наук Грачева Л. П. в 1965 г. [8, 9]. Цементная пыль по своему химическому составу применяется для нейтрализации кислых почв и хорошо обогащена калием, который хорошо усваивается растениями [10].

Модернизация технологической цепочки замкнутого цикла производства будет включать в себя и машины для нанесения цементной пыли на растения. Лучшим способом нанесения цементной пыли на культуры являются машины-опыливатели. Это машины просты по конструктивному устройству, но при нанесении порошка на растение имеют ряд существенных недостатков. Одним из главных недостатков является расход цементной пыли, который будет составлять в 3-5 раз больше в сухом виде, так как шламовая пыль плохо прилипает к листьям, сдувается ветром, и как следствие, это приводит к экологическому загрязнению окружающей среды. В замкнутом цикле использования вторичных ресурсов цементную пыль можно использовать и для известкования кислой почвы, для этого необходимо применять дисковые или штанговые разбрасыватели. Эти машины тоже имеют достаточно простую конструкцию, предъявляется высокое требование к равномерности и качеству внесения удобрений [11, 12, 14]. Из-за разного гранулированного состава с применением разбрасывателей удобрение имеет разную дальность полета [13, 14]. Теоретические результаты исследований также показывают, что замкнутый цикл производства делает возможным использование цементной пыли как вторичного использования отходов в сельском хозяйстве в качестве удобрений и средства защиты от вредителей, но при этом отсутствуют адаптированные машины для широкого применения данной технологии. Требуется модернизация рабочих органов опыливателей и разбрасывателей для достижения качества опыливания и равномерности и точности внесения удобрений [15, 16].

Заключение. На основании использования вторичных ресурсов получена технологическая модель замкнутого цикла производства строительной отрасли по методу использования чужих отходов в сельском хозяйстве. Это позволяет перейти от линейного применения технологии к циклическому производству, что будет способствовать уменьшению затрат и повышению устойчивого и эффективного использованию ресурсов.

Цементная пыль по своему химическому составу и физическим показателям подходит для использования ее в сельском хозяйстве в качестве удобрений для известкования кислой почвы и как средство борьбы для химической защиты растений от вредителей на пропашных и овощных культурах.

Для обеспечения замкнутого цикла производство необходимо модернизировать всю технологическую цепочку использования вторичных ресурсов в сельском хозяйстве. Поэтому требуется усовершенствование конструкции рабочих органов разбрасывателей и опылителей, которые должны отвечать качеству внесения удобрений и равномерности нанесения порошка цементной пыли на овощных и пропашных культурах.

Conclusions. Based on the use of secondary resources, a technological model of a closed production cycle in the construction industry was obtained using the method of using other people's waste in agriculture. This makes it possible to move from the linear application of technology to cyclic production, which will help reduce costs and increase the sustainable and efficient use of resources.

Cement dust, by its chemical composition and physical characteristics, is suitable for its use in agriculture as fertilizers for curing acidic soil and as a means of control for chemical protection of plants from pests on row crops and vegetable crops.

To ensure a closed production cycle, it is necessary to modernize the entire technological chain of the use of secondary resources in agriculture. Therefore, it is necessary to improve the design of the working bodies of spreaders and pollinators, which must meet the quality of fertilizer application and uniformity of application of cement dust powder on vegetable and row crops.

Библиографический список

1. Евдокимова Н. Е. Циркулярная модель экономики от поля до прилавка. Инновационные процессы в пищевых технологиях: наука и практика: интернет журнал. 2019. С. 135-140. <https://vniiz.org/science/publication/article-383/conf90-article-24>.
2. Макрак С. Smart-система управления материальными ресурсами в условиях развития циркулярной аграрной экономики в Республике Беларусь. Наука и инновации. 2020. № 7 (209). С. 73-78.
3. Акимов Ю. А. Развитие циркулярного сельского хозяйства в Европе для формирования устойчивых агропродовольственных систем. Продовольственная политика и безопасность. 2020. Т. 7. № 4. С. 259-272.
4. Александрова В. Д., Абрамова О. А. Анализ перехода опыта Китая по переходу на циркулярную экономику. Международный научный журнал «Синергия наук». 2018. № 24. С. 126-135.
5. Salamanova M. Sh., Aliev S. A., Murtazayeva R. S. Method of reuse of cement dust. Bulletin of the GGNTU. Technical sciences. 2019. V. 15. No. 1 (15). Pp. 88-97.
6. Щербакова А. С. Развитие циркулярной экономики в сельском хозяйстве. Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2021. Т. 1. № 4. С. 405-413.
7. Кузнецова Н. А., Зинич Л. В. Вторичная переработка отходов как фактор устойчивого развития сельскохозяйственных предприятий. Фундаментальные исследования. 2021. № 11. С. 120-124.
8. Некрасов Р. В., Овчаренко М. М., Аканова Н. И. Агроэкологические основы химической мелиорации почв. Земледелие. 2019. № 4. С. 3-7.
9. Subrahmanyam B., Resli R. Inert dust. Alternatives to pesticides in IPM of stored products. Springer, Boston, Massachusetts.
10. Calugar A. Effect of pollution with cement dust on the edaphic gamasid mite fauna (Acari: Gamasina) in different forest ecosystems from Romania. Acarologia. 2020. No 2 (53). Pp. 151-161.
11. Thomas A. Davis. Disposal of waste dust from cement kilns. IEEE Transactionson Industry Applications IA. 2019. No 6 (11). Pp. 669-673.
12. Гаврилов И. И., Сапьяник Г. Н. Сравнительный анализ работы машин с дисковым центробежным разбрасывателем и штанговым рабочим органом. Вестник Брянской ГСХА. 2014. № 3. С. 30-31.
13. Kostarinov A. S., Terentyev V. V., Anikin N. V., Andreev K. P., Makarov V. A. Application of simulation modeling when applying fertilizers with centrifugal spreaders. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2023. V. 15. No.4. Pp. 134-145.
14. Helyar K. R. The management of acid soils. Plant-Soil Interactions at Low pH. Developments in Plant and Soil Sciences, Springer, Dordrecht. V. 45.
15. Семькин В. А., Трубников В. Н., Коротков И. В. Экспериментальная оценка работы дополнительного распределительного диска разбрасывателя гранулированных удобрений. Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4 (76). С. 68-74.
16. Шварц А. А., Коротков И. В. Обоснование конструктивных параметров лопатки роторного рабочего органа разбрасывателя твердых удобрений. Тракторы и сельхозмашины. 2022. Т. 89. № 2. С. 133-140.

References

1. Evdokimova N. E. The circular model of economics from the field to the counter. Innovative processes in food technologies: science and practice: online journal. 2019. Pp. 135-140. <https://vniiz.org/science/publication/article-383/conf90-article-24>.
2. Makrak S. Smart-a management system of material resources in the context of the development of a circular agricultural economy in the Republic of Belarus. Science and Innovation. 2020. No 7 (209). Pp. 73-78.

3. Akimova Yu. A. Development of circular agriculture in Europe for the formation of sustainable agro-food systems. Food policy and security. 2020. V. 7. No 4. Pp. 259-272.
4. Aleksandrova V. D., Abramova O. A. Analysis of the transition of China's experience in the transition to a circular economy. The international scientific journal "Synergy of Sciences". 2018. No 24. Pp. 126-135.
5. Salamanova M. Sh., Aliev S. A., Murtazayeva R. S. Method of reuse of cement dust. Bulletin of the GGNTU. Technical sciences. 2019. V. 15. No 1 (15). Pp. 88-97.
6. Shcherbakova A. S. Development of circular economy in agriculture. Bulletin of the Scientific Research Center of Corporate Law, Management and Venture Investment of Syktyvkar State University. 2021. V. 1. No 4. Pp. 405-413.
7. Kuznetsova N. A., Zinich L. V. Recycling of waste as a factor of sustainable development of agricultural enterprises. Fundamental research. 2021. No 11. Pp. 120-124.
8. Nekrasov R. V., Ovcharenko M. M., Akanova N. I. Agroecological foundations of chemical soil reclamation. Agriculture. 2019. No 4. Pp. 3-7.
9. Subrahmanyam B., Resli R. Inert dust. Alternatives to pesticides in IPM of stored products. Springer, Boston, Massachusetts.
10. Calugar A. Effect of pollution with cement dust on the edaphic gamasid mite fauna (Acari: Gamasina) in different forest ecosystems from Romania. Acarologia. 2020. No 2 (53). Pp. 151-161.
11. Thomas A. Davis. Disposal of waste dust from cement kilns. IEEE Transactions on Industry Applications IA. 2019. No 6 (11). Pp. 669-673.
12. Gavrilov I. I., Sapyanik G. N. Comparative analysis of the operation of machines with a disc centrifugal spreader and a rod working body. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2014. No 3. Pp. 30-31.
13. Kostarinov A. S., Terentyev V. V., Anikin N. V., Andreev K. P., Makarov V. A. Application of simulation modeling when applying fertilizers with centrifugal spreaders. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2023. V. 15. No.4. Pp. 134-145.
14. Helyar, K. R. The management of acid soils. -Soil Interactions at Low pH. Developments in Plant and Soil Sciences. Springer. V. 45.
15. Semykin V. A., Trubnikov V. N., Korotkov I. V. Experimental evaluation of the operation of an additional distribution disk of a granulated fertilizer spreader. Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy. 2023. No. 4 (76). Pp. 68-74.
16. Schwartz A. A., Korotkov I. V. Substantiation of the design parameters of the blade of the rotary working body of the spreader of solid fertilizers. Tractors and agricultural machinery. 2022. V. 89. No 2. Pp. 133-140.

Информация об авторах

Борисенко Иван Борисович, доктор технических наук, главный научный сотрудник, профессор кафедры "Земледелие и агрохимия", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-6486-9210>, e-mail: borisenivan@yandex.ru

Мезникова Марина Викторовна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник «НИИ фундаментальных и прикладных агробиотехнологий», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-9384-7766>, e-mail: marina_roxette@mail.ru

Улыбина Екатерина Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные материалы и специальные технологии», Себряковский филиал ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 403343, Волгоградская область, г. Михайловка, ул. Мичурина, д. 21), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-3523-4478>, e-mail: ulibina.ekat@yandex.ru

Author's Information

Borisenko Ivan Borisovich, Doctor of Engineering Sciences, chief researcher, professor of the "Department of agriculture and agrochemistry", Volgograd state agrarian university, (Russian Federation, 400002, Volgograd, pr. Universitetskiy, 26), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-6486-9210>, e-mail: borisenivan@yandex.ru

Meznikova Marina Viktorovna, Candidate of Engineering Sciences, senior researcher, «Research Institute of fundamental and applied agrobiotechnologies», Volgograd state agrarian university (Russian Federation, 400002, Volgograd, pr. Universitetskiy, 26), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-9384-7766>, e-mail: marina_roxette@mail.ru

Ulybina Ekaterina Ivanovna, Candidate of Engineering Sciences, associate professor of the department of «Building materials and special technologies», Sebyakovsky branch of the Volgograd state technical university (Russian Federation, 403343, Volgograd region, Mikhailovka, Michurina street, 21), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-3523-478>, e-mail: ulibina.ekat@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-37

ENERGY SECTOR OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA. CURRENT STATE AND PROSPECTS¹Voronin S. M., ¹Eviev V. A., ¹Salaev B. K., ²Yudaev I. V.

¹Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov
Elista, Republic of Kalmykia, Russian Federation

²Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin
Krasnodar, Russian Federation

Corresponding author E-mail: etsh1965@mail.ru

Received 10.06.2024

Submitted 17.09.2024

Summary

The article analyzes the current situation regarding the energy supply for industrial and domestic consumers in the Republic of Kalmykia. Addressing the issue of widespread use of electrical energy is possible by utilizing generating technical facilities that operate on renewable energy. Special attention should be given to the energy supply of remote agricultural facilities dispersed over a large area.

Abstract

Introduction. A brief analysis of the economic development of the Republic of Kalmykia shows that, in addition to industrial enterprises located in large settlements, there are many scattered small agricultural enterprises in the region. Examination of the organization of centralized power supply in the republic indicates that currently, industrial enterprises and populated areas do not experience a shortage of electricity. However, remote consumers require an uninterrupted supply of high-quality electrical energy. **Materials and Methods.** Traditional approaches were used to assess the known resources of renewable energy-wind and solar. **Results.** The analyzed and studied potentials of wind and solar energy in the region demonstrated that generating facilities operating on renewable energy can be successfully applied in both centralized and decentralized power supply systems for scattered consumers. Intermediate conclusions from the analysis of renewable energy resources are well correlated with the already constructed large generation facilities in the republic-solar (Yashkul'skaya SES, Maloderbetovskaya SES, Arshanskaya SES) and wind (Elistinskaya VES, Salynskaya VES, Tselinskaya VES) power plants connected to centralized energy systems. It is proposed to use autonomous combined power supply systems based on a combination of wind and solar power installations for the power supply of agricultural enterprises of various profiles scattered over a large area. **Conclusions.** Thanks to the unique combination of the realization of the potential of renewable energy sources and integration with large energy systems, such as the branch of PJSC "Rosseti South" – "Ros-tovenergo," the Republic of Kalmykia has completely solved the problem of power supply to industrial enterprises and large and small settlements. The power supply of scattered, primarily small, agricultural enterprises remote from centralized systems has not yet been fully resolved. However, the available local renewable energy resources allow for proposing technical solutions to this problem by creating appropriate combined autonomous power supply systems based on renewable energy sources.

Keywords: potential of renewable energy, wind power installations, photovoltaic installations, wind power plants, solar power plants, autonomous power supply systems, scattered consumers.

Citation. Voronin S. M., Eviev V. A., Salaev B. K., Yudaev I. V. Energy sector of the Republic of Kalmykia. Current state and prospects. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 325-336 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-37.

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

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

УДК 621.311.26

ЭНЕРГЕТИКА РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

¹Воронин С. М., доктор технических наук, профессор

¹Эвиев В. А., доктор технических наук, профессор

¹Салаев Б. К., доктор биологических наук, профессор

²Юдаев И. В., доктор технических наук, профессор

¹ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б. Городовикова»
г. Элиста, Республика Калмыкия, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»
г. Краснодар, Российская Федерация

Актуальность. Краткий анализ развития экономики республики Калмыкии показывает, что, кроме промышленных предприятий, расположенных в крупных населенных пунктах, в регионе имеется достаточно много рассредоточенных небольших сельхозпредприятий. Рассмотрение организации централизованного электроснабжения республики показывает, что в настоящее время промышленные предприятия и населенные пункты не испытывают дефицита в электроэнергии, в то же время удаленные потребители нуждаются в бесперебойном снабжении их качественной электрической энергией. **Материалы и методы.** В качестве методов анализа использовались традиционные подходы по оценке известных ресурсов возобновляемой энергетики – ветра и солнца. **Результаты.** Проанализированные и исследованные потенциалы ветровой и солнечной энергии в регионе показали, что можно успешно применять объекты генерации, функционирующие на возобновляемой энергии, как в централизованных, так и децентрализованных системах электроснабжения рассредоточенных потребителей. Промежуточные выводы по анализу ресурсов возобновляемой энергии хорошо коррелируются с уже построенными на территории республики крупными объектами генерации – солнечных (Яшкульская СЭС, Малодербетовская СЭС, Аршанская СЭС) и ветровых (Элистинская ВЭС, Салынская ВЭС, Целинская ВЭС) электростанций, соединенных с централизованными энергосистемами. Отдельно предлагается для электроснабжения разбросанных по большой территории сельхозпредприятий различного профиля использовать автономные комбинированные системы

электроснабжения на основе сочетания ветро- и солнечных электроустановок. **Выводы.** За счет уникального сочетания реализации потенциала возобновляемых источников энергии и интеграции с крупными энергосистемами, как, например, с филиалом ПАО «Россети Юг» – «Ростовэнерго», в республике Калмыкия полностью удалось решить проблему электроснабжения промышленных предприятий, крупных и малых населенных пунктов. Электроснабжение рассредоточенных, и в первую очередь, небольших, удаленных от централизованных систем, сельскохозяйственных предприятий, пока еще полностью не решено, но имеющиеся местные возобновляемые энергоресурсы позволяют предложить технические решения и этой проблемы за счет создания соответствующих комбинированных автономных систем электроснабжения на базе ВИЭ.

Ключевые слова: потенциал возобновляемой энергетики, ветроэнергетические установки, фотоэлектрические установки, ветроэлектростанции, солнечные электростанции, автономные системы электроснабжения, рассредоточенные потребители.

Цитирование. Воронин С. М., Эвиев В. А., Салаев Б. К., Юдаев И. В. Энергетика Республики Калмыкия. Состояние и перспективы. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 325-336. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-37.

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. В основе устойчивого развития как создаваемых экономических зон, так и уже освоенных для проживания населения и ведения производственной деятельности территорий прежде всего лежат экономически обоснованное построение логистических связей; наличие системообразующего центра опорной отрасли или нескольких отраслей народного хозяйства в регионе; наличие имеющихся предприятий генерации электрической и тепловой энергии или наличие существующих тесных связей с крупными транспортными энергетическими структурами соседних регионов.

Экономика республики Калмыкия представлена в основном аграрным сектором, и преимущественно животноводством – тонкорунным овцеводством и мясным скотоводством. В агропромышленном комплексе (АПК) занято 16,9% трудового населения республики и создается почти 20% валового регионального продукта (10819 млн руб.). Структурный состав республиканского АПК включает в себя: 110 достаточно крупных сельскохозяйственных предприятий, более 2707 крестьянских (фермерских) и 60 тысяч личных и индивидуальных хозяйств. Сельскохозяйственные республиканские угодья занимают 5490,8 тыс. га, из которых на долю пастбищ приходится 4623,9 тыс. га, пашни – 765,1 тыс. га; сенокосов – 92,1 тыс. га. поголовье крупного рогатого скота (КРС) за последние пять лет несколько снизилось: в 2018 году оно составляло 445,2 тыс. голов, а в 2022 году только 298,2 тыс. голов; поголовье овец и коз в 2018 году составляло 2,419 млн голов, а в 2022 году – 1,524 млн голов. Здесь хотелось бы отметить, что мясное скотоводство имеет для республики экономикообразующее значение и базируется на калмыцкой породе КРС мясного направления. «Мясное скотоводство и калмыцкий скот – основа благосостояния калмыцкого народа, его образ жизни». Мясная продукция из этого степного региона получила официальный бренд «Калмыцкое мясо», товарный знак которого зарегистрирован Роспатентом [1, 2, 3, 4].

Животные выращиваются выгульно на естественных пастбищах, но бывают непродолжительные зимние периоды, когда КРС содержится под навесами. Такое содержание животных затрудняет сбор биомассы, которую можно было бы использовать в качестве биотоплива, а той ее части, которую можно было бы собрать под навесами, пренебрежимо мало, что невозможно использовать для рентабельного производства биотоплива, как, например, биогаза [1, 2].

Промышленность республики Калмыкия развита несколько слабо по сравнению со средними показателями по Российской Федерации и соседними регионами Южного федерального округа.

Основные промышленные отрасли республики Калмыкия в структуре валового регионального продукта в 2022 году были – добыча полезных ископаемых (6223 млн руб.) и обрабатывающие производства (537 млн руб.) [4].

На территории региона имеется 40 месторождений углеводородного сырья (19 нефтяных, 10 газовых, 6 нефтегазовых и 5 нефтегазоконденсатных месторождений), но при этом активно используются только два нефтяных месторождения, а 17 месторождений находятся в разработке. Промышленная добыча природного газа ведется только на четырех месторождениях из десяти. В последние годы нефтегазодобывающая отрасль в республике Калмыкия имела характерные признаки наблюдаемого кризиса в отрасли и снижения положительной динамики добычи. Так, из более чем 200 зарегистрированных скважин по добыче нефти работала ровно половина. В 2022 году было добыто всего 58,7 тыс. т нефти и газа – 46,2 млн м³, в то время как в 2018 году эти цифры составляли – 151,2 тыс. т и 49,1 млн м³ соответственно [4].

Сравнительно незначительная доля промышленности и отсутствие в республике Калмыкия энергоемких производств сформировали специфические требования к электроснабжению потребителей в регионе. К последним в основном относятся следующие организации: 1) по добыче полезных ископаемых; обрабатывающие производства; процессы кондиционирования воздуха, водоснабжения и водоотведения; по сбору и утилизации отходов и др. – 53,9 млн кВт·ч; 2) сельского и лесного хозяйства, охоты, рыболовства и рыбоводства – 20,4 млн кВт·ч; 3) транспортировки и хранения; деятельности в области информации и связи – 302,0 млн кВт·ч и др. [4]. Сама структура графиков нагрузки характеризуется промышленными, сельскохозяйственными (зачастую сезонными) и бытовыми потребителями, с ярко выраженным дневным максимумом нагрузок.

В 2022 году в республике было произведено 976,5 млн кВт·ч электрической энергии, получено из-за предела региона – 850,5 млн кВт·ч, потреблено – 866,1 млн кВт·ч, отпущено за пределы региона – 960,9 млн кВт·ч [4].

Вплоть до 60-х годов прошлого столетия единственными источниками электроснабжения потребителей на территории республики были маломощные дизельные электростанции общей численностью чуть более трехсот единиц, которые, в основном, обеспечивали электроэнергией важные народнохозяйственные и социальные объекты, а подавляющая численность населения региона не имела доступа к электрической энергии. В 1962 году началось массовое подключение потребителей к системам централизованного электроснабжения, и уже через два года были образованы Калмыцкие районные электросети, вошедшие в состав филиала ПАО «Россети Юг» – «Ростовэнерго». Первые линии электропередачи были сооружены на деревянных П-образных опорах и имели уровень напряжения до 35 кВ включительно. Несмотря на возраст и значительный износ, эти линии в некоторых районах республики эксплуатируются по настоящее время. По мере строительства и ввода в эксплуатацию линий 35 и 110 кВ и соответствующих требованиям присоединений подстанций, дизельные электростанции выводились из основной системы электроснабжения и переводились в резервные источники для потребителей первой категории электроснабжения (больницы, перерабатывающие предприятия и др.) [5].

В 1993-м году было начато строительство Элистинской тепловой электростанции мощностью 320 МВт, включающей четыре энергоблока по 80 МВт, но возведение осуществлялось с отставанием от утвержденного графика, и в 2001 году окончательно было прекращено из-за нехватки средств, а построенные сооружения были практически демонтированы.

Таким образом, до начала 2000-х годов в республике практически отсутствовала собственная электрическая генерация, что усугублялось удаленностью городов и поселений в регионе от крупных месторождений угля, нефти и нерентабельностью железной дороги.

Но вместе с тем хотелось бы отметить, что республика Калмыкия обладает уникальным потенциалом возобновляемой энергии – энергией солнечного излучения и энергией ветра [6, 7].

Целью представленного исследования в статье является анализ существующего потенциала возобновляемой энергии в республике Калмыкия, состояния дел по энергообеспечению потребителей от возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и обоснование роли этих объектов генерации в энергобалансе региона.

Анализ и обсуждение. Сегодня республика Калмыкия располагает собственными объектами электрогенерации – единственной тепловой электростанцией «Элистинская ТЭЦ» мощностью 18 МВт, а также электростанциями на возобновляемой энергии – это

солнечные (Яшкульская СЭС, Малодербетовская СЭС и Аршанская СЭС) и ветровые (Элистинская ВЭС, Салынская ВЭС и Целинская ВЭС) электростанции, которые совместно выработали в 2022 году 482,1 тыс. кВт·ч электрической энергии [4].

Оценить потенциал ветровой энергии можно, проанализировав его количественные показатели в окрестностях города Элиста, где после возведения располагается Элистинская ветроэлектростанция (ВЭС) мощностью 1 МВт (таблица 1).

Таблица 1 – Скорость и направление ветра в районе города Элиста

Table 1 – Wind speed and direction in the Elista area

Месяц / Month	Среднегодовая скорость ветра, м/с / Average annual wind speed, m/s	Направление ветра, ° / Wind direction, °
Январь / January	4,68	244
Февраль / February	4,76	246
Март / March	4,26	244
Апрель / April	4,38	226
Май / May	4,18	203
Июнь / June	4,00	275
Июль / July	3,69	306
Август / August	4,00	336
Сентябрь / September	4,12	334
Октябрь / October	4,26	339
Ноябрь / November	4,19	327
Декабрь / December	4,38	284
Среднее за год / Average for the year	4,24	280

Учитывая фиксируемую среднегодовую скорость ветра значением более 4 м/с, следует констатировать, что соответствующей ей кинетической энергии ветра будет достаточно для практически круглогодичного привода в действие ветроэнергетических установок [8, 9].

Следует также отметить практически неизменное в регионе направление ветра, особенно на больших высотах, порядка 100 метров, позволяет говорить о возможности стационарного размещения ветроэнергетических установок, без поворота головки ветроколеса на ветер. При этом даже при изменении направления ветра на угол до 30° мощность пропеллерной ветроэнергетической установки будет снижаться не более чем на 12% [8]. Эта особенность была успешно реализована на практике в республике Калмыкия.

Учитывая, что наибольшая установленная мощность потребителей электроэнергии наблюдается в городе Элиста и его окрестностях, можно сделать заключение, что размещение ветроэнергетических установок на прилегающих территориях может играть значительную роль в обеспечении электрической энергией основных потребителей республики Калмыкия [10]. Так, в настоящее время эксплуатируются две мощные ВЭС по 100 МВт каждая, расположенные в Целинном районе, – Салынская и Целинская ВЭС.

Эти ВЭС в совокупности состоят из 48 ветроэнергетических установок пропеллерного типа по 4,2 МВт каждая. Салынская и Целинская ВЭС в настоящее время являются одними из самых крупных по мощности конгломераций ветроэнергетических установок в России [11]. С запуском в эксплуатацию этих ВЭС, в Калмыкии появился самый мощный в республике собственный источник электрогенерации, вырабатывающий около 525 млн кВт·ч электроэнергии, а удельная выработка ветрогенерирующими установками электроэнергии в республике стала соизмерима, а во многих случаях и превысила удельную выработку отдельных стран Европы [4].

Ветроэнергетика Калмыкии почти полностью восполнила дефицит потребления электроэнергии в республике. По заявлению директора Ассоциации развития возобновляемой энергетики Алексея Жихарева: «Благодаря пуску Целинской и Салынской ВЭС республика Калмыкия почти полностью восполнит дефицит энергии в регионе, а комплексное развитие возобновляемой энергетики в ближайшие годы позволит довести долю ВИЭ в энергобалансе региона до 90%, превратив Калмыкию в одного из лидеров безуглеродного развития».

В оставшихся районах Калмыкии показатели скорости ветра (рисунок 1) отличаются от приведенных данных таблицы 1. Например, в районе Городовиковска среднегодовая скорость ветра составляет всего 2,4 м/с (таблица 2). Тем не менее можно сделать вывод, что даже на высоте 10 метров среднегодовой скорости ветра будет достаточно для выработки электроэнергии. Учитывая, что установленная мощность потребителей электроэнергии в других районах значительно меньше, да и сами потребители зачастую территориально разбросаны, целесообразно применять энергию ветра автономно [9], в конкретном месте ее утилизации.

Таблица 2 – Скорость ветра в отдельных районных центрах на территории Калмыкии на высоте 10 метров

Table 2 – Wind speed in individual regional centers in Kalmykia at an altitude of 10 meters

Метеостанция в населенном пункте / Weather station in the village	Скорость ветра, м/с / Wind speed, m/s				Средне- довая скорость ветра, м/с / Average wind speed, m/s	Мощность ветрового потока, Вт/м ² / Wind flow capacity, W/m ²
	Зима / Winter	Весна / Spring	Лето / Summer	Осень / Autumn		
1. Элиста / Elista	4,6	4,3	3,9	4,2	4,3	171,0
2. Артезиан (Черноземельский район) / Artezian (Chernozemelsky district)	3,0	3,3	2,7	2,6	3,0	166,0
3. Городовиковск / Gorodovikovsk	2,7	2,7	2,1	2,1	2,4	27,2
4. Ики-Бурул / Iki-Burul	3,5	3,8	3,0	3,0	3,4	42,0
5. Лагань / Lagan	4,6	4,8	3,6	3,5	4,2	166,0
6. Утта (Яшкульский район) / Uta (Yashkul district)	4,0	4,5	3,8	3,4	3,9	37,7

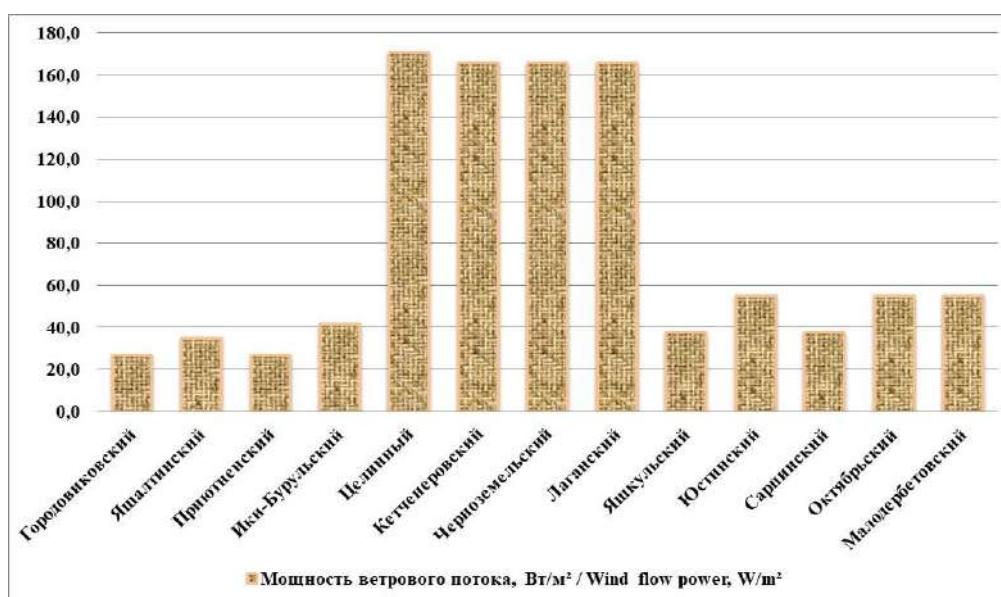


Рисунок 1 – Скорость ветра на территории Калмыкии на высоте 10 метров по административным районам

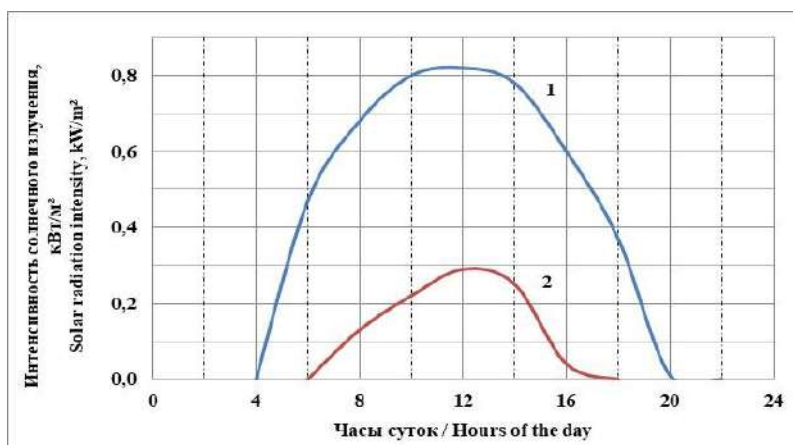
Figure 1 – Wind speed in Kalmykia at an altitude of 10 meters by administrative districts

Одновременно с энергетическим ресурсом ветра в Калмыкии, как и на многих территориях Южного Федерального округа, имеется весьма значительный потенциал поступающего на Землю солнечного излучения [12, 13]. Оценить потенциал солнечной энергии можно, проанализировав ее количественные показатели для окрестностей города Элиста (таблица 3). На рисунке 2 показаны графики интенсивности солнечного излучения на территории региона при разных состояниях атмосферы.

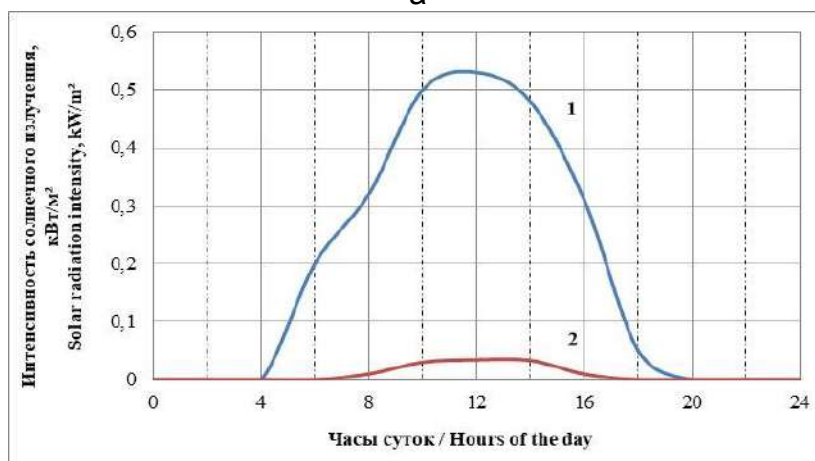
Таблица 3 – Солнечная инсоляция и оптимальный угол наклона принимающей поверхности фотоэлектрического модуля в районе города Элиста по месяцам года

Table 3 – Solar insolation and optimal angle of inclination of the receiving surface of a photovoltaic module in the area of the city of Elista by month of the year

Месяц года / Month of the Year	Суточная среднемесячная солнечная инсоляция, кВт·ч/м ² / Daily average monthly solar insolation, kWh/m ²	Оптимальный угол наклона, ° / Optimal tilt angle, °
Январь / January	2,33	63
Февраль / February	3,20	55
Март / March	3,92	41
Апрель / April	4,83	27
Май / May	5,86	16
Июнь / June	5,90	8
Июль / July	6,04	10
Август / August	5,55	23
Сентябрь / September	4,70	38
Октябрь / October	3,53	52
Ноябрь / November	2,19	60
Декабрь / December	1,72	63
Среднее за год / Average for the year	4,15	37,9



а



б

Рисунок 2 – Интенсивность солнечного излучения на поверхность Земли в течение суток при безоблачном небе (а) и облачной погоде (б): 1 – июль; 2 – декабрь
Figure 2 – Intensity of solar radiation on the Earth's surface during the day under cloudless skies (а) and cloudy weather (б): 1 – July; 2 – December

В Калмыкии фиксируется очень мало облачных дней, а проведенный анализ представленных данных позволяет утверждать, что в республике имеется достаточно высокий валовой ресурс солнечной энергии, который можно использовать для выработки электрической и тепловой энергии (таблица 4).

Таблица 4 – Интенсивность солнечной радиации на территории Калмыкии
Table 4 – Intensity of solar radiation on the territory of Kalmykia

Название населенного пункта / Name of the settlement	Годовая суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт/м ² / Annual total solar radiation on the horizontal surface, kW/m ²	Продолжительность солнечного сияния, часов в год / Duration of sunshine, hours per year	Альбедо поверхности, средне-месячное / Surface albedo, mean monthly
Большой Царын / Bolshoy Tsaryn	1284,8	4460,0	0,22
Городовиковск / Gorodovikovsk	1281,2	4457,2	0,19
Ики-бурул / Iki-Burul	1321,3	4454,5	0,21
Кетченеры / Ketcheneri	1284,8	4456,6	0,22
Лагань / Lagan	1350,5	4451,8	0,26
Малые Дербеты / Malie Derbeti	1284,8	4459,4	0,22
Цаган-аман / Tsagan-aman	1317,7	4462,7	0,21
Приютное / Priutnoe	1288,5	4454,2	0,21
Садовое / Sadovoe	1284,8	4461,5	0,22
Троицкое / Troitskoe	1306,7	4453,9	0,21
Черноземельский / Chernozemelsky	1376,1	4456,3	0,2
Элиста / Elista	1306,7	4451,2	0,21
Яшалта / Yashalta	1288,5	4451,8	0,21
Яшкуль / Yashkul	1306,7	4453,6	0,21

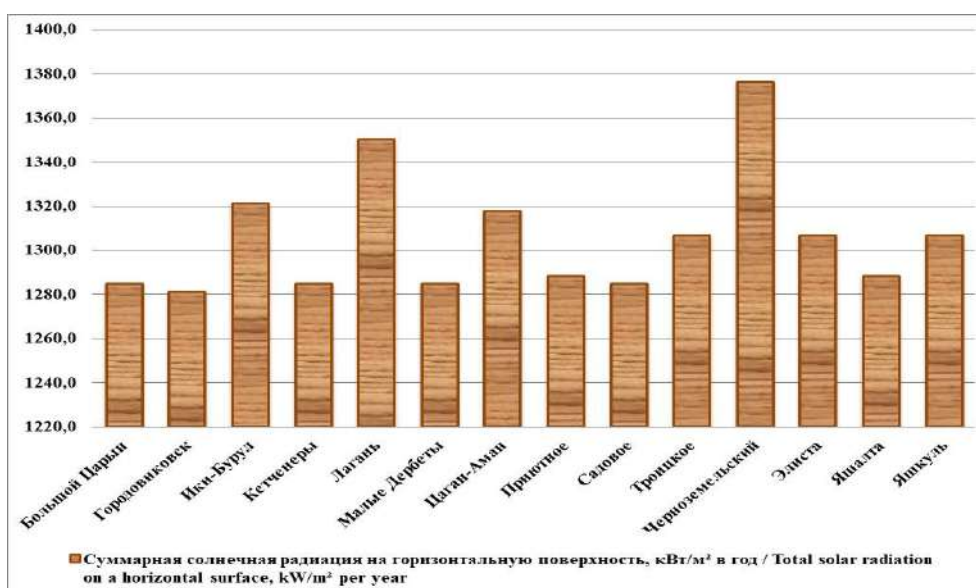


Рисунок 3 – Годовая суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность, размещенную по территории Калмыкии в населенных пунктах республики
Figure 3 – Annual total solar radiation on a horizontal surface located throughout the territory of Kalmykia in populated areas of the republic

Реализуя имеющийся потенциал солнечной инсоляции на территории республики Калмыкия, была построена крупная солнечная электростанция (СЭС) мощностью 115,6 МВт, работающая на систему централизованного электроснабжения. Она была введена в эксплуатацию в 2022 году вблизи г. Элиста и получила название Аршанская СЭС, став крупнейшей солнечной электростанцией России [4].

Благодаря современным технологиям производства фотоэлектрических преобразователей, Аршанская СЭС представляет собой гелиополе из плоских фотоэлектрических модулей. Для ее стабильной работы нет необходимости применять фокусирующие зеркала, как например, у Крымской СЭС, спроектированной в 1980-х годах, которые требовали периодической чистки и шлифовки поверхности гелиостатов. Кроме того, все составляющие элементы Аршанской СЭС отечественного производства, что обеспечивает ее длительную эксплуатацию в любых условиях. На станции внедрена система дистанционного управления потоками как активной, так и реактивной мощности, установлены современные устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики, а также цифровые системы сбора и передачи информации.

В настоящее время энергообеспечение республики Калмыкия осуществляется от тепловой электростанции, ряда ВЭС и СЭС, а также от поставок филиалом ПАО «Россети Юг» – «Ростовэнерго» и покрывает 96% потребностей в электроэнергии. Таким образом, можно констатировать, что электроснабжение крупных населенных пунктов региона практически полностью обеспечено.

Кроме больших по мощности потребителей электроэнергии, расположенных в республике компактно в крупных населенных пунктах, в регионе имеются обособленные сельскохозяйственные предприятия – овцеводческие точки, животноводческие стоянки, фермы мясного скотоводства, рыбоводческие хозяйства, которые рассредоточены по территории региона.

Животноводческие хозяйства Калмыкии достаточно равномерно распределены по всей республике и используют в качестве корма для КРС, овцы и коз растительность естественных степных пастбищ. Рыбоводческие хозяйства в основном сосредоточены вдоль каспийского побережья и на крупных реках, протекающих по территории Калмыкии, таких как Волга, Егорлык, Маныч и Кума.

Все эти сельскохозяйственные производственные объекты расположены на достаточно большом удалении от имеющихся централизованных линий электропередач, что создает значительные трудности в обеспечении их электрической энергией. Централизованное электроснабжение на этих территориях либо отсутствует полностью, а при наличии себестоимость поставляемой электроэнергии из-за большой протяженности линий и малой нагрузки у потребителей так значительна, что в разы превышает среднюю себестоимость электроэнергии по республике.

На наш взгляд, устранить проблему электроснабжения разрозненных и удаленных от центров питания и систем электроснабжения сельскохозяйственных объектов можно за счет использования энергии солнечного излучения и энергии ветра.

Животноводческие и рыбоводческие объекты не требуют высокого уровня механизации и ограничиваются потребностями в водоснабжении, освещении, незначительной первичной обработки сырья и обеспечении комфорта и уютного пребывания обслуживающего персонала. Это, в свою очередь, не всегда требует высокой надежности систем электроснабжения, а небольшие установленные мощности электропотребителей хорошо коррелируют с малыми плотностями солнечного излучения и энергии ветра [14, 15]. С применением систем рационального аккумулирования электроэнергии, поступающей от ветро- и солнечных электростанций, можно практически полностью обеспечить комфортное содержание животных и проживание обслуживающего персонала [9].

На рисунке 4 в качестве примера предлагается вариант такой системы автономного электроснабжения овцеводческой точки с использованием возобновляемых источников энергии [8, 9].

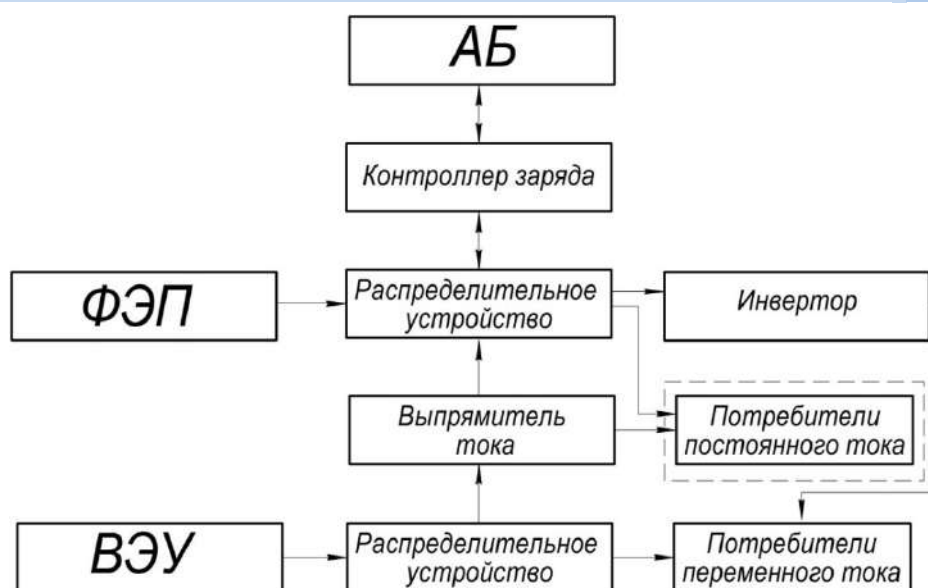


Рисунок 4 – Структурная схема автономной системы электроснабжения на основе ветроэнергетической установки (ВЭУ), фотоэлектрического преобразователя (ФЭП) и аккумуляторных батарей (АБ)
Figure 4 – Block diagram of an autonomous power supply system based on a wind power plant (ВЭУ), photoelectric converter (ФЭП) and rechargeable batteries (АБ)

Выводы. 1. Республика Калмыкия располагает существенным запасом возобновляемой энергии – ветровой и солнечной.

2. За счет уникального сочетания реализации потенциала возобновляемых источников энергии и интеграции с крупными российскими энергоснабжающими регионами (филиал ПАО «Россети Юг» – «Ростовэнерго») в республике Калмыкия полностью удалось решить проблему электроснабжения промышленных предприятий, крупных и малых населенных пунктов.

3. Электроснабжение рассредоточенных, и в первую очередь небольших, удаленных от централизованных систем, сельскохозяйственных предприятий пока еще полностью не решено. Однако достаточные ресурсы энергии ветра и солнечного излучения позволяют предлагать технические решения и этой проблемы за счет создания соответствующих комбинированных автономных систем электроснабжения на базе ВИЭ.

Conclusions. 1. The Republic of Kalmykia has a substantial reserve of renewable energy – both wind and solar.

2. Through the unique combination of harnessing the potential of renewable energy sources and integrating with major Russian energy-supplying regions (branch of PJSC "Rosseti South" – "Rostovenergo"), the Republic of Kalmykia has fully resolved the issue of power supply for industrial enterprises as well as large and small settlements.

3. The power supply for scattered, especially small, agricultural enterprises remote from centralized systems has not yet been fully resolved. However, the adequate resources of wind and solar energy allow for proposing technical solutions to this problem by creating appropriate combined autonomous power supply systems based on renewable energy sources (RES).

Библиографический список

1. Даваева Б. С., Хубаева Д. Агропромышленный комплекс республики Калмыкия. Вестник магистратуры. 2022. № 5-4 (128). С. 13-16.
2. Зулаев М. С., Надбитов Н. К., Яблуновский М. Ю., Надбитова Г. Х. Традиционное животноводство Калмыкии – его численность и продуктивность. Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2019. № (38). С. 46-49.
3. Зулаев М. С., Надбитов Н. К., Яблуновский М. Ю. Современное состояние овцеводства Калмыкии и пути его дальнейшего развития. Сельскохозяйственный журнал. 2017. № 1 (10). С. 144-150.
4. Республика Калмыкия. Статистический ежегодник. 2023: Статистический сборник. Астраханьстат. Элиста, 2023. 146 с.
5. «КалмЭнерго» – 60. Энергия единой сети. 2024. № 4. С. 5.
6. Дегтярев К. С. Геоэкологический аспект развития энергетики на возобновляемых источниках в республике Калмыкия. Проблемы региональной экологии. 2018. № 4. С. 54-58.

7. Дегтярев К. С., Сангаджиев М. М., Манджиева Т. В. Энергетика на возобновляемых источниках в Республике Калмыкия: потенциал, опыт и перспективы: монография. Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2020. 140 с.
8. Воронин С. М., Оськин С. В., Головкин А. Н. Возобновляемые источники энергии и энергосбережение: монография. Краснодар, 2006. 267 с.
9. Воронин С. М. Формирование автономных систем электроснабжения сельскохозяйственных объектов на возобновляемых источниках энергии: монография. Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010. 304 с.
10. Юдаев И. В., Николаев В. Г., Ракитов С. А. Сценарии использования ветроэлектрических станций в АПК Южного Федерального округа. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 2 (30). С. 187-194.
11. Юдаев И. В., Воронин С. М., Цыганов В. В., Эвиев В. А. Условия эффективного применения возобновляемых источников энергии в России. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (73). С. 146-156.
12. Юдаев И. В., Давс Ю. В. Солнечная электроэнергетика юга России: имеющийся потенциал, эксплуатируемые объекты, перспективы развития. Альтернативная энергетика в регионах России «АЭР-2018»: материалы молодежной научной конференции. Астрахань: ИП Сорокин Р. В., 2018. С. 45-49.
13. Давс Ю. В. Оценка потенциала солнечной энергии Южного федерального округа. Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 4 (14). С. 190-193.
14. Эвиев В. А., Шапошников С. Д., Хулхачиева С. Д. Разработка солнечно-ветровых энергетических установок для отдаленных животноводческих стоянок в Республике Калмыкия. Вестник аграрной науки Дона. 2017. № 2 (38). С. 73-80.
15. Дегтярев К. С., Панченко В. А., Сангаджиев М. М., Манджиева Т. В., Эрдниева Г. Е. Развитие малой автономной солнечной энергетики в Республике Калмыкия. Геология, география и глобальная энергия. 2017. № 3 (66). С. 161-173.

References

1. Davaeva B. S., Khubaeva D. Agro-industrial complex of the Republic of Kalmykia. Bulletin of the Magistracy. 2022. No 5-4 (128). Pp. 13-16.
2. Zulaev M. S., Nadbitov N. K., Yablunovsky M. Y., Nadbitova G. Kh. Traditional livestock farming in Kalmykia – its population and productivity. Bulletin of the Institute of Comprehensive Research of Arid Territories. 2019. No 38. Pp. 46-49.
3. Zulaev M. S., Nadbitov N. K., Yablunovsky M. Y. The current state of sheep farming in Kalmykia and ways of its further development. Agricultural Journal. 2017. No 1 (10). Pp. 144-150.
4. Republic of Kalmykia. Statistical Yearbook. 2023: Statistical Compendium. Astrakhanstat. Elista, 2023. 146 p.
5. "KalmEnergo" – 60. Unified Network Energy. 2024. No 4. P. 5.
6. Degtyarev K. S. Geoeological aspect of the development of energy from renewable sources in the Republic of Kalmykia. Regional Ecology Issues. 2018. No 4. Pp. 54-58.
7. Degtyarev K. S., Sangadzhiev M. M., Mandzhieva T. V. Energy from renewable sources in the Republic of Kalmykia: potential, experience, and prospects: monograph. Elista: Publishing House of Kalmyk University, 2020. 140 p.
8. Voronin S. M., Oskin S. V., Golovko A. N. Renewable energy sources and energy saving: monograph. Krasnodar, 2006. 267 p.
9. Voronin S. M. Formation of autonomous power supply systems for agricultural facilities based on renewable energy sources: monograph. Zernograd: ACHGAU, 2010. 304 p.
10. Yudaev I. V., Nikolaev V. G., Rakitov S. A. Scenarios for the use of wind power plants in the agro-industrial complex of the Southern Federal District. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2013. No 2 (30). Pp. 187-194.
11. Yudaev I. V., Voronin S. M., Tsyganov V. V., Eviev V. A. Conditions for the effective use of renewable energy sources in Russia. Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. 2023. No 4 (73). Pp. 146-156.
12. Yudaev I. V., Daus Y. V. Solar energy in southern Russia: existing potential, operating facilities, development prospects. Alternative Energy in the Regions of Russia "AER-2018": Materials of the Youth Scientific Conference. Astrakhan: IP Sorokin R. V., 2018. Pp. 45-49.
13. Daus Y. V. Assessment of the solar energy potential of the Southern Federal District. Innovations in Agriculture. 2015. No 4 (14). Pp. 190-193.
14. Eviev V. A., Shaposhnikov S. D., Khulkhacheva S. D. Development of solar-wind energy installations for remote livestock stations in the Republic of Kalmykia. Bulletin of Agrarian Science of the Don. 2017. No 2 (38). Pp. 73-80.
15. Degtyarev K. S., Panchenko V. A., Sangadzhiev M. M., Mandzhieva T. V., Erdnieva G. E. Development of small autonomous solar energy in the Republic of Kalmykia. Geology, Geography, and Global Energy. 2017. No 3 (66). Pp. 161-173.

Информация об авторах

Воронин Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры агроинженерии 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

Эвиев Валерий Андреевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры агроинженерии, декан Инженерно-технологического факультета, 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

Салаев Бадма Катинович, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры биотехнологии и животноводства ФГБОУ ВО «Калмыцкий ГУ имени Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11), e-mail: bk.salaev@mail.ru

Юдаев Игорь Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, улица им. Калинина, д. 13), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3435-4873>, e-mail: etsh1965@mail.ru

Author's Information

Voronin Sergey Mikhailovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Agroengineering, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, Republic of Kalmykia, 358000, Elista, Pushkin Street, 11), e-mail: s.voronin-l@yandex.ru

Eviev Valery Andreevich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Agroengineering, Dean of the Engineering and Technology Faculty, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Republic of Kalmykia, Elista, Pushkin Street, 11), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0329-2013>, e-mail: aviev@yandex.ru

Salaev Badma Katinovich, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Biotechnology and Animal Husbandry, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Republic of Kalmykia, Elista, Pushkin Street, 11), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4968-1543>, e-mail: bk.salaev@mail.ru

Yudaev Igor Viktorovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Power Supply, Kuban State Agrarian University (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin Street, 13), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3435-4873>, e-mail: etsh1965@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-38

DESIGN OF LOCAL TREATMENT FACILITIES FOR THE TREATMENT OF MINERALIZED DRAINAGE RUNOFF FROM IRRIGATED LANDS

Drovovozova T. I., Krasovskaya N. N., Mariach S. A.

¹*Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems
Novocherkassk, Rostov Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: tid70.drovovozova@yandex.ru

Received 11.06.2024

Submitted 24.09.2024

The research was carried out as part of the fulfillment of the state task of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation for 2022-2023 No. 122031600201-8 "To conduct research and develop scientific foundations for assessing the quality of drainage waters from reclamation systems"

Summary

The article presents a scheme of local wastewater treatment plants that purify mineralized drainage runoff from irrigated lands. The purification technology is based on the use of a mechanical purification unit to separate particles larger than 1 mm from water, and subsequent adsorption on ion exchange resins. The results of the studies showed a degree of purification by salt-forming ions of 73.84%.

Abstract

Introduction. The main irrigated areas are concentrated in the South of Russia. Rice cultivation is one of the most water-intensive agricultural production, a serious consequence of which is an increase in the level of groundwater, salinization of soils, mineralized drainage runoff diverted to water bodies without purification. The development of technical solutions for the effective treatment of mineralized collector-drainage runoff contributes to improving the environmental safety of the diverted collector-drainage runoff. **Object.** A technical solution that ensures the improvement of ion exchange technology for the purification of mineralized drainage runoff. **Materials and methods.** The research was carried out on a model purification plant using collector-drainage waters of a collector representative of the Nizhne-Don irrigation system. **Results and conclusions.** The salt composition of irrigation, collector-drainage and groundwater has been studied, which has shown that the hydrochemical composition of CDW is formed by mixing surface and underground infiltration effluents. A scheme of local wastewater treatment plants (VOC) is proposed, consisting of modules of mechanical and physico-chemical purification, which, by means of alternating connection of individual units, allow changing the purification technology depending on the initial water quality and the required degree of purification. The principle of operation of the VOC is represented by several options for the movement of water through the structure, depending on the initial quality of the drainage flow. The results of field studies of water purification from the reservoir under study showed a degree of purification by salt-forming ions of 73.84%.

Keywords: *drainage effluents, drainage effluent treatment, mineralized drainage effluents, treatment facilities, structures of treatment facilities.*

Citation. Drovovozova T. I., Krasovskaya N. N., Mariach S. A. Design of local treatment facilities for the treatment of mineralized drainage runoff from irrigated lands. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 336-343 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-38.

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 626.861, 502.656

**КОНСТРУКЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ОЧИСТКИ
МИНЕРАЛИЗОВАННОГО ДРЕНАЖНОГО СТОКА С ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ****Дрововозова Т. И., доктор технических наук, доцент****Красовская Н. Н., научный сотрудник****Марьяш С. А., старший преподаватель**¹ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»
г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация**Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания Минсельхоза России
на 2022-2023г.г. № 122031600201-8 «Провести исследования и разработать научные основы
по оценке качества дренажных вод с мелиоративных систем»**

Актуальность. Основные орошаемые площади сосредоточены на Юге России. К наиболее водоемкому сельскохозяйственному производству относится возделывание риса, серьезным последствием которого является повышение уровня грунтовых вод, засоление почв, минерализованный дренажный сток, отводимый в водные объекты без очистки. Разработка технических решений по эффективной очистке минерализованного коллекторно-дренажного стока способствует повышению экологической безопасности отводимого коллекторно-дренажного стока. **Объект.** Техническое решение, обеспечивающее совершенствование ионообменной технологии очистки минерализованного дренажного стока. **Материалы и методы.** Исследования проводились на модельной установке очистки с использованием коллекторно-дренажных вод (КДВ) коллектора-представителя Нижне-Донской оросительной системы. **Результаты и выводы.** Изучен солевой состав оросительной, коллекторно-дренажных и грунтовых вод, показавший, что гидрохимический состав КДВ формируется за счет смешения поверхностного и подземного инфильтрационного стоков. Предложена схема локальных очистных сооружений (ЛОС), состоящая из модулей механической и физико-химической очистки, которые с помощью попеременного подключения отдельных блоков позволяют изменять технологию очистки в зависимости от исходного качества воды и требуемой степени ее очистки. Принцип работы ЛОС представлен несколькими вариантами движения воды по сооружению в зависимости от исходного качества дренажного стока. Результаты натурных исследований очистки воды из исследуемого коллектора показали степень очистки по солеобразующим ионам 73,84%.

Ключевые слова: дренажные стоки, очистка дренажных стоков, минерализованные дренажные стоки, очистные сооружения, конструкции очистных сооружений.

Цитирование. Дрововозова Т. И., Красовская Н. Н., Марьяш С. А. Конструкция локальных очистных сооружений очистки минерализованного дренажного стока с орошаемых земель. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 336-343. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-38.

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. Основные орошаемые площади в Российской Федерации сосредоточены на Юге России. К наиболее водоемкому сельскохозяйственному производству относится возделывание риса, к серьезным экологическим последствиям которого относятся повышение уровня грунтовых вод, засоление почв, минерализованный дренажный сток, отводимый в водные объекты без очистки. Гидрохимический состав коллекторно-дренажного и сбросного стока (КДСВ) характеризуется двумя проблемами с точки зрения загрязнения: 1) загрязнение биогенами и органическими соединениями, обусловленное попаданием в дренажный сток остаточных количеств удобрений и пестицидов; 2) высокое содержание солеобразующих ионов, обусловленное смешением с минерализованными грунтовыми водами.

В настоящее время предложены две концепции технических решений очистки коллекторно-дренажного стока. Первая концепция заключается в разработке фитотехнологий очистки дренажного стока, отличающихся реализуемыми техническими решениями, габаритными размерами сооружений [1-6].

Биосорбционная очистка прежде всего направлена на очистку дренажного стока от биогенов (остаточных количеств удобрений) и легкоокисляемых органических соединений (остаточных количеств пестицидов). Согласно информационно-техническому справочнику по наилучшим доступным технологиям ИТС-8, капитальные затраты при применении фито-

технологий ниже на 20-30%, чем для классических очистных сооружений. Существенным недостатком, сдерживающим применение фитотехнологий является длительность процесса очистки и низкая его эффективность. Однако в сочетании с сорбционными фильтрующими загрузками, возможно повысить эффективность процесса, а также удалять и солеобразующие ионы.

Способ очистки дренажных вод зависит от их исходной минерализации:

- при минерализации до 1,5-2,0 г/дм³ возможен сброс в водные объекты после биосорбционной очистки;

- если минерализация свыше 2,0 г/дм³, то перед сбросом необходима очистка от загрязняющих веществ, кондиционирование, разбавление, возможно также дальнейшее использование такой воды на орошение солеустойчивых культур, а также на различные технические нужды.

Все известные технические решения сочетают в себе конструктивные элементы с высшей водной растительностью со специальными элементами, позволяющими сорбировать химические элементы, находящиеся в воде. Это могут быть перегораживающие фильтрующие устройства или фильтрующие основания биоплато с насыпными сорбентами [5-7].

Вторая концепция – создание так называемых солнечных водоёмов, т.е. прудов накопителей-испарителей. Подобные комплексы призваны решить две стратегически важные проблемы: утилизация дренажных вод и получение тепловой и электрической энергии. Однако для реализации подобных комплексов необходимыми условиями являются определенные метеорологические характеристики территорий, а именно, не менее чем двухкратное превышение разности между среднегодовыми испарением с водной поверхности и осадками над величиной годового объема дренажного стока и наличие достаточных площадей для размещения сооружений [8-11].

При выборе технического решения для очистки коллекторно-дренажных вод (КДВ) сдерживающими факторами являются:

- объемы дренажного стока;
- сезонность работы сооружения;
- требуемые площади для размещения;
- высокие финансовые затраты.

Необходимо отметить, что очистка дренажного стока только для сброса в природные водные объекты до сих пор считается финансово нецелесообразна, хотя если сравнить с экологическими платежами, возросшими в последнее время в связи с изменениями в экологическом законодательстве (повышающий коэффициент 25 при превышении ПДК при расчете платы за НВОС для объектов III категории, расчет возмещения вреда, причиненного водным объектам), то сопоставление затрат на очистку и предотвращенными платежами покажет явное преимущество первого. Кроме того, согласно данным Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году» изучение динамики содержания отдельных солеобразующих ионов в бассейнах рек Юга России показывает стабильную тенденцию к их росту за последние 50 лет.

Совокупность рассмотренных проблем определяет актуальность исследований в данном направлении. Целью работы являлось разработка энергонезависимых, малогабаритных локальных очистных сооружений (ЛОС) для очистки минерализованного дренажного стока, обеспечивающих усовершенствование технологии ионообменной очистки дренажных вод в зависимости от исходной минерализации воды.

Материалы и методы. Натурные наблюдения показали, что большинство открытых коллекторов уже к началу июня естественным образом обрастают высшей водной растительностью, поэтому не требуют специального засаживания ею (рисунок 1). При прохождении потока воды через коллектор снижение концентрации биогенов и легко окисляемых органических соединений происходит за счет естественной фильтрации той же водной растительностью. При этом проблемы снижения уровня минерализации дренажного стока это ни как не решает.



Рисунок 1 – Вид коллекторов (фото авторов)
Figure 1 – Type of collectors (photo by the authors)

Исходными данными для разработки предлагаемых конструктивных технических решений являлись лабораторные исследования очистки минерализованной воды на ионитах [12].

Наблюдения в течение нескольких лет за химическим составом коллекторно-дренажных вод показали существенную сезонную гидрохимическую изменчивость. Основной сток дренажных вод образуется в течение поливного сезона, в поливной сезон гидрохимическое качество к концу лета улучшается из-за применения промывных режимов орошения [13, 14].

Динамика процентного содержания ионов в коллекторно-дренажном стоке исследуемого коллектора представлена на рисунке 2 [15].

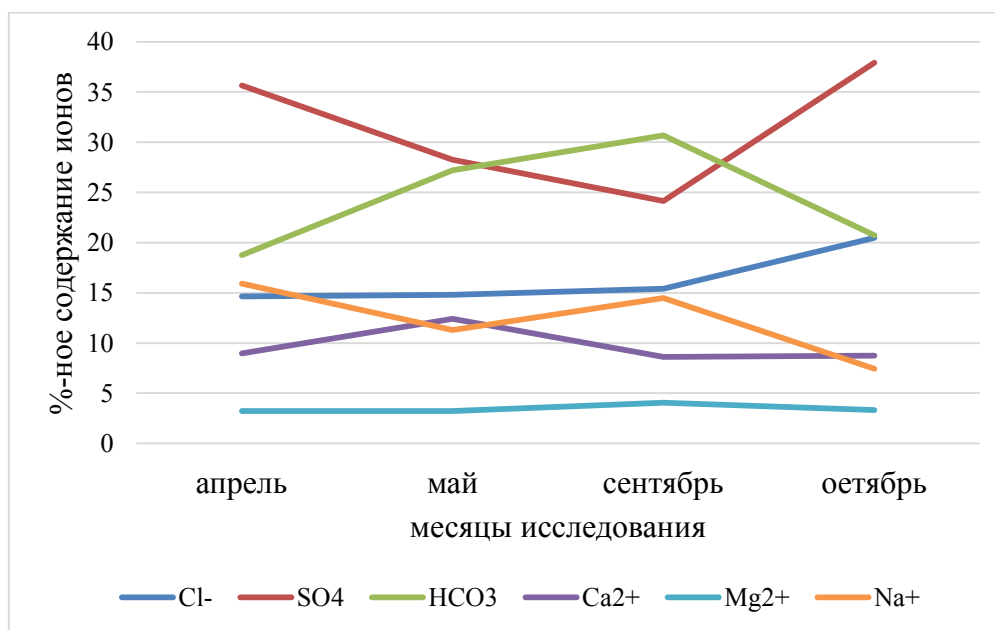


Рисунок 2 – Динамика процентного содержания ионов в воде исследуемого коллектора в течение вегетационного периода

Figure 2 – Dynamics of the percentage of ions in the water of the reservoir under study during the growing season

Важными факторами, влияющими на гидрохимический состав КДВ, являются также качество оросительной воды и грунтовых вод. В таблице 1 представлены гидрохимические показатели оросительной, коллекторно-дренажной и грунтовой воды сопредельных сред исследуемой оросительной системы.

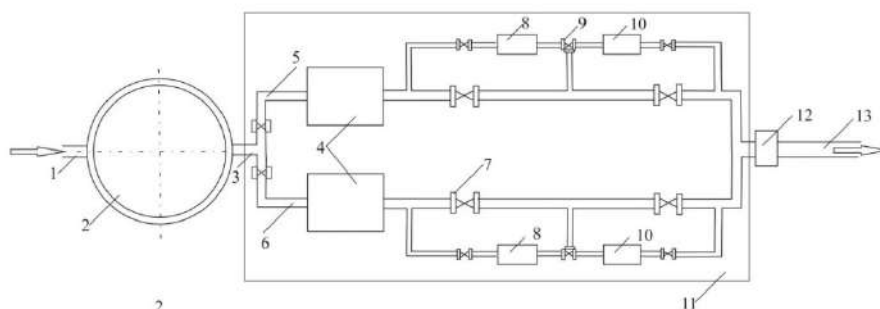
Таблица 1 – Солевой состав исследуемых вод
Table 1 – Salt composition of the studied waters

Наименование показателя / Name of the indicator	Содержание ионов в воде, % / Ion content in water, %		
	Оросительная вода / Irrigation water	КДВ / collector and drainage water	Грунтовая вода / Groundwater
Хлориды / Chlorides	12,54	14,8	5,66
Сульфаты / Sulphates	23,59	28,25	41,56
Гидрокарбонаты / Hydrogen carbonates	35,19	27,2	25,82
Кальций / Calcium	9,95	12,4	8,66
Магний / Magnesium	4,16	3,23	6,76
Натрий / Sodium	12,38	14,12	11,54
Класс воды / Water Class	Гидрокарбонатный / Hydrocarbonate	Сульфатно-гидрокарбонатный / Sulphate-hydrocarbonate	Сульфатный / Sulfate
Группа / Group	Na	Na	Na
Тип по Алекину / Alekin's type	I	I	I

Анализируя солевой состав исследуемых вод, становится очевидным, что гидрохимический состав КДВ формируется за счет смешения поверхностного и подземного инфильтрационного стоков. Следовательно, схема очистки дренажного стока должна быть основана на сочетании методов механической и адсорбционной очистки и предназначена для удаления следующих загрязнений:

- грубо- и мелкодисперсных механических примесей;
- свободных солеобразующих ионов и биогенных веществ.

Результаты и их обсуждение. Учитывая большую протяженность коллекторов (десятки км), огромные объемы отведения коллекторно-дренажных вод (млн м³) и сезонность сброса, оборудование устьев коллекторов мелиоративных систем очистными устройствами считаем экологически неоправданным и финансово необоснованным. Наиболее технически достижимым является создание локальных очистных сооружений в местах сопряжения дренажной сети на участке, принадлежащем сельхозтоваропроизводителю, и коллектора, находящегося в ведении управления по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению. Дренажный сток с орошаемого участка собирается и отводится посредством сети закрытых дрен и аккумулируется в дренажном колодце, в котором происходит седиментационное отстаивание стока от грубодисперсных взвесей и его самотечная подача через отводящую трубу (3) колодца (2) на очистное сооружение (рисунок 3).



- 1 – подводящая труба; 2 – дренажный колодец; 3 – отводящая труба; 4 – блок механической очистки;
5, 6 – рабочая и резервная линии ЛОС; 7, 9 – трубопроводная запорная арматура (полнопроходная, трехходовая); 8 – фильтр, заполненный катионитом; 10 – фильтр, заполненный анионитом; 11 – площадка в бетонном лотке; 12 – узел учета расхода дренажного стока;
13 – труба, отводящая очищенную ДВ
1 – supply pipe; 2 – drainage well; 3 – discharge pipe; 4 – mechanical cleaning unit; 5, 6 – working and backup VOC lines; 7, 9 – pipeline shut-off valves (full-bore, three-way); 8 – filter filled with cationite; 10 – filter filled with anionite; 11 – site in concrete tray; 12 – drainage flow metering unit; 13 – pipe diverting purified DW

Рисунок 3 – Технологическая схема очистного сооружения
Figure 3 – Technological scheme of the treatment plant

Предлагаемая схема локальных очистных сооружений состоит из модулей механической (4) и физико-химической очистки (8, 10), которые с помощью попеременного подключения отдельных блоков позволяют изменять технологию очистки в зависимости от исходного качества воды и требуемой степени ее очистки. В схеме очистки предусмотрены узел учёта расхода воды (12) и места отбора проб воды на химический анализ – дренажный колодец (2) и на выходе после очистки (13) (рисунок 3). Для размещения локальных очистных сооружений необходимо установить площадку в бетонном лотке на выходе из дренажного колодца перед местом сопряжения с отводящим каналом.

Локальные очистные сооружения предусматривают две линии – рабочую и резервную, обеспечивающие непрерывность процесса очистки дренажного стока. В случае залпового загрязнения дренажного стока могут работать две линии одновременно.

Первая ступень очистки на очистном сооружении (рисунок 3) предназначена для предварительной механической очистки дренажного стока и отделения из него включений размером свыше 1 мм. Чем меньше концентрация взвешенных веществ в очищаемой воде, тем более длительный фильтроцикл фильтра механической очистки.

После первой ступени очистки отфильтрованный сток поступает на фильтры, заполненные ионитовой загрузкой (катионитом КУ-2-8 и анионитом АВ-17-8) для удаления солеобразующих ионов. После отработки первой пары фильтров с ионитами (линия 5) дренажный сток направляют на вторую пару (линия 6), отработанные фильтры с ионитом извлекают на регенерацию. По окончании поливного сезона первая и вторая линии локальных очистных сооружений демонтируются и отправляются на консервацию в специально отведенное помещение.

Принцип работы ЛОС представлен несколькими вариантами движения воды по сооружению в зависимости от исходного качества дренажного стока (рисунок 4).

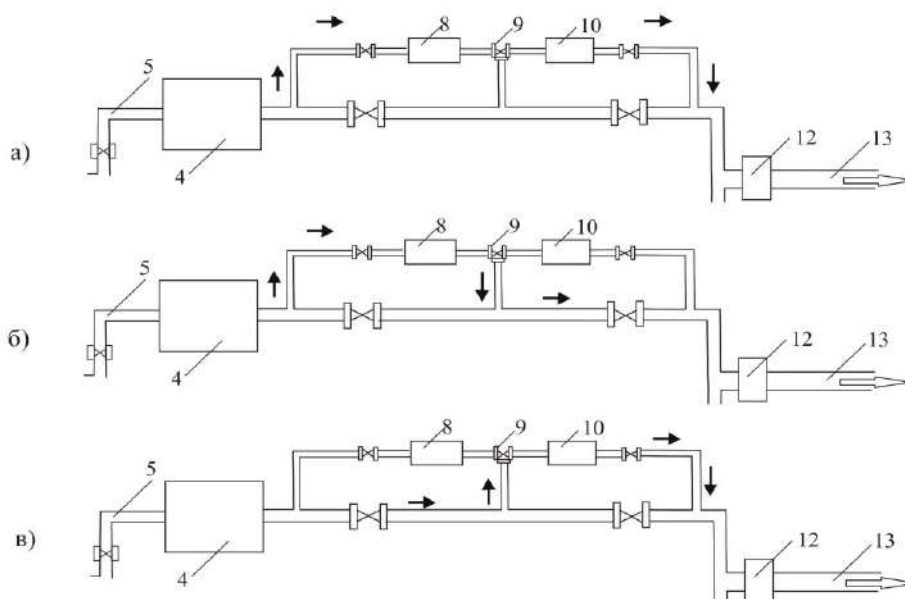


Рисунок 4 – Варианты движения очищаемой воды по сооружению
Figure 4 – Options for the movement of purified water through the structure

Если в дренажной воде установлено превышение концентраций и катионов и анионов, то вода движется по сооружению по варианту: а), если установлено превышение концентраций только катионов, то – по варианту б), если только анионов, то по варианту в). При отсутствии загрязнения дренажного стока вода из дренажного колодца (2) направляется в отводящий канал (13) без очистки. При двух-трехкратном превышении фактических концентраций ионов в воде по сравнению с предельно допустимыми, возможно направлять воду параллельно по линиям, содержащим фильтры и без них, что обеспечивает смешение очищенного и неочищенного потока и соответствующее разбавление.

Направление движение воды регулируется запорной арматурой, установленной на всех линиях сооружений.

Оборудование для сооружения ЛОС рекомендуется выполнить из полимерных и коррозионностойких материалов (полипропилена, полиэтилена, нержавеющей стали).

Результаты натурных исследований очистки воды из исследуемого коллектора представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Солевой состав исследуемой воды до и после очистки
Table 2 – Salt composition of the test water before and after purification

Наименование показателя / Name of the indicator	Содержание ионов в воде, мг-экв/дм ³ / Ion content in water, mEq/dm ³			
	До очистки / Before cleaning		После очистки / After cleaning	
	Из коллектора / From the collector	Из дренажного колодца / From the drain- age well	Из коллектора / From the collector	Из дренажного колодца / From the drainage well
Хлориды / Chlorides	4,70	2,82	1,42	0,85
Сульфаты / Sulphates	6,65	8,44	2,01	2,11
Гидрокарбонаты / Hydrogen carbonates	5,03	0,08	0,82	н/о
Кальций / Calcium	7,0	2,24	1,83	2,24
Магний / Magnesium	3,04	2,59	0,79	2,59
Натрий / Sodium	6,93	3,43	2,31	3,43

Вода из дренажного колодца не требовала очистки по катионам. Степень очистки по солеобразующим ионам составила 73,84%.

Заключение. Разработанная конструкция сооружений очистки дренажного стока позволяет:

- максимально снизить негативное воздействие дренажно-сбросных вод на водные объекты при соблюдении нормативов, действующих в Российской Федерации;
- снизить содержание загрязняющих веществ в отводимых водах до требуемых значений посредством абсорбции на ионообменных смолах, степень очистки на ионитах составила 73,84%;
- повысить экологическую безопасность эксплуатируемых инженерно-мелиоративных систем.

Conclusions. The developed design of drainage runoff treatment facilities allows:

- to minimize the negative impact of drainage and discharge waters on water bodies in compliance with the standards in force in the Russian Federation;
- to reduce the content of pollutants in the discharged waters to the required values by absorption on ion exchange resins, the degree of purification on ionites was 73.84%;
- to increase the environmental safety of the operated engineering and reclamation systems.

Библиографический список

1. Конторович И. И. Каталог перспективных ресурсоэкономичных технологий и технических средств для очистки дренажных и сбросных вод гидромелиоративных систем. М.: Россельхозакадемия, 2007. 89 с.
2. Пособие по очистке и утилизации дренажно-сбросных вод. М.: РАСХН, 1999. 67 с.
3. Кирейчева Л. В., Глазунова И. В. Методика расчета прудов-накопителей дренажного стока для локальных участков орошения. Природообустройство. 2012. № 5. С. 30-34.
4. Kireycheva L. V., Glazunova I. V. Technical Solution on Irrigation Systems for Treated Drainage flow Reusing. 20th International Congress on Irrigation and Drainage. 59th International Executive Council Meeting. Lahore, 2008.
5. Домашенко Ю. Е., Проценко Н. Н. Ретроспективный обзор технологий очистки и подготовки дренажных вод с оросительных систем. Экология и водное хозяйство. 2022. Т. 4. № 3. С. 58-72.
6. Кирейчева Л. В., Андреева Н. П. Комплексные сорбенты для очистки сточных вод от органических соединений и ионов тяжелых металлов. Водочистка, водоподготовка, водоснабжение. 2009. № 1. С. 43-46.
7. Кирейчева Л. В. Дренажные воды как альтернативные водные ресурсы для орошения. Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 4. С. 13-18.
8. Конторович И. И. Технические решения для утилизации дренажных вод. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2011. № 3 (23). С. 5.
9. Конторович И. И. Сооружение для очистки и регулирования качества дренажных вод: пат. № 2358916 RU. МПК C02F 9/14, МПК C02F 3/32. Бюл. № 17.
10. Конторович И. И. Накопитель дренажного стока гидромелиоративных систем: пат. № 2357041 RU. МПК C02B 11/00. Заявка № 2007146667/03. Бюл. № 15.

11. Конторович И. И. Использование капиллярно-пористых материалов для интенсификации испарения минерализованных дренажных вод. Труды Юбилейной международной научно-практической конференции. М.: ВНИИГиМ, 2014. 451 с.

12. Drovovozova T. I., Mariach S. A., Panenko N. N. Technical solutions for cleaning drainage water from irrigated areas. IOP conference series: earth and environmental science. Krasnoyarsk science and technology city hall. Krasnoyarsk, Russian federation, 2021. P. 42094. <https://www.scopus.com>

13. Домашенко Ю. Е., Васильев С. М. Моделирование и оценка поступления загрязняющих веществ в коллекторно-дренажный сток. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 2 (22). С. 112-127.

14. Дрововозова Т. И., Красовская Н. Н. Динамика ирригационного качества оросительной и дренажно-сбросных вод Нижне-Донской оросительной системы в 1972 и 2019-2021 годах. Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 1. С. 87-100.

15. Марьяш С. А. и др. Разработка технологии и технических решений по очистке коллекторно-дренажного и поверхностного стока с орошаемых площадей для обеспечения экологически безопасной эксплуатации мелиоративных систем: отчет о НИР. Новочеркасск: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А. К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской ГАУ», 2019. 177 с.

References

1. Kontorovich I. I. Catalog of promising resource-efficient technologies and technical means for cleaning drainage and waste waters of irrigation systems. M.: Russian Agricultural Academy, 2007. 89 p.

2. Manual on cleaning and utilization of drainage and waste waters. M.: RASKHN, 1999. 67 p.

3. Kireicheva L. V., Glazunova I. V. Calculation method of drainage runoff storage ponds for local irrigation sites. Environmental management. 2012. No 5. Pp. 30-34.

4. Kireycheva L. V., Glazunova I. V. Technical Solution on Irrigation Systems for Treated Drainage flow Reusing. 20th International Congress on Irrigation and Drainage. 59th International Executive Council Meeting. Lahore, 2008.

5. Domashenko Y. E., Protsenko N. N. Retrospective Review of Technologies for Treatment and Preparation of Drainage Water from Irrigation Systems. Ecology and water management. 2022. V. 4. № 3. Pp. 58-72.

6. Kireycheva L. V., Andreeva N. P. Complex Sorbents for Wastewater Treatment from Organic Compounds and Heavy Metal Ions. Water treatment, water treatment, water supply. 2009. № 1. Pp. 43-46.

7. Kireycheva L. V. Drainage waters as alternative water resources for irrigation. Land reclamation and water management. 2018. № 4. Pp. 13-18.

8. Kontorovich I. I. Technical solutions for the utilization of drainage waters. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex. 2011. № 3 (23). P. 5.

9. Kontorovich I. I. Structure for cleaning and regulating the quality of drainage waters. № 2358916 RU. IPC C02F 9/14, IPC C02F 3/32. Bul. № 17.

10. Kontorovich I. I. Accumulator of drainage flow of hydro-meliorativ systems: pat. № 2357041 RU. IPC C02B 11/00. Application No 2007146667/03. Bul. № 15.

11. Kontorovich I. I. Use of capillary-porous materials for intensification of evaporation of mineralized drainage waters. Proceedings of the Jubilee International Scientific and Practical Conference. Moscow, VNIIGiM Publ., 2014. 451 p.

12. Drovovozova T. I., Mariach S. A., Panenko N. N. Technical solutions for cleaning drainage water from irrigated areas. IOP conference series: earth and environmental science. Krasnoyarsk science and technology city hall. Krasnoyarsk, Russian federation, 2021. P. 42094. <https://www.scopus.com>

13. Domashenko Yu. Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2016. № 2 (22). Pp. 112-127.

14. Drovovozova T. I., Krasovskaya N. N. Dynamics of irrigation quality of irrigation and drainage-discharge waters of the Lower Don irrigation system in 1972 and 2019–2021. Land reclamation and hydraulic engineering. 2023. V. 13. № 1. Pp. 87-100.

15. Maryash S. A. et al. Development of technology and technical solutions for the treatment of collector-drainage and surface runoff from irrigated areas to ensure the environmentally safe operation of reclamation systems: research report. Novochoerkassk: Novochoerkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov of the Don State Agrarian University, 2019. 177 p.

Информация об авторах

Дрововозова Татьяна Ильинична, доктор технических наук, доцент, ведущий сотрудник, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 190), ORCID: 0000-0002-8724-7799, e-mail: tid70.drovovozova@yandex.ru

Красовская Наталья Николаевна, научный сотрудник, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 190), ORCID: 0000-0003-4426-7762, e-mail: panya-86@mail.ru

Марьяш Сергей Александрович, научный сотрудник, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (Российская Федерация, 346421, ORCID: 0000-0001-5561-9714, e-mail: smar-78@mail.ru

Author's Information

Drovovozova Tatiana Ilinichna, Doctor of Engineering Sciences, associate Professor, Leading Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (Russian Federation, 346421, Rostov region, Novochoerkassk, Baklanovsky Avenue, 190), ORCID: 0000-0002-8724-7799, e-mail: tid70.drovovozova@yandex.ru

Krasovskaya Natalia Nikolaevna, Research Associate, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (Russian Federation, 346421, Rostov region, Novochoerkassk, Baklanovsky Avenue, 190), ORCID: 0000-0003-4426-7762, e-mail: panya-86@mail.ru

Mariach Sergey Aleksandrovich, Research Associate, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (Russian Federation, 346421, Rostov region, Novochoerkassk, Baklanovsky Avenue, 190), ORCID: 0000-0001-5561-9714, e-mail: smar-78@mail.ru

**STATISTICAL MODEL FOR ASSESSING THE SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION DURING
DISINFECTION OF FRESH PIG LITTERLESS MANURE**^{1,2}Limarenko N. V., ¹Uspensky I. A., ¹Yukhin I. A., ¹Mitrokhin S. V.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 10.08.2024

Submitted 12.09.2024

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. In the conditions of modern agribusiness, the efficiency of manure disinfection is a relevant and significant task for science and technology, requiring an integrated approach, given the high volumes of liquid fraction with a humidity of over 90%. It is important to increase the energy efficiency of operations while maintaining the quality requirements. Analysis of global practices has shown the need to improve existing disinfection methods in terms of energy efficiency and digitalization. Accordingly, the creation of statistical models that allow assessing the specific energy intensity of disinfection, especially with complex effects, is a relevant and significant task. **Object.** The object of this study is the dependence of specific energy capacity on the duration of exposure, temperature and concentration of hydrogen peroxide during the disinfection of pig litterless manure by mechanical vibrations at the ultrasound frequency together with hydrogen peroxide. The study is based on the analysis of previous developments, scientific research and international experience in this area. **Materials and methods.** The research is based on the mathematical theory of experimental planning and the principles of assessing the specific energy capacity of technical means. **Results and conclusions.** The studied data confirm the critical need to develop and implement new, more efficient technologies in the field of processing organic waste from pig farming. The use of manure disinfection technologies using mechanical vibrations at an ultrasound frequency in combination with hydrogen peroxide opens up opportunities for their efficient use. The resulting mathematical model in the form of a second-order polynomial allows us to estimate the effect of the ambient temperature in the working chamber together with the exposure time and the specified concentration of hydrogen peroxide on the specific energy capacity. This model adequately formalizes the effect of exposure time, temperature and hydrogen peroxide concentration on the specific energy capacity of disinfection when exposed to mechanical vibrations at an ultrasound frequency in combination with hydrogen peroxide. At the same time, to obtain the best available energy effect, it is necessary to solve the optimization problem using the resulting model as an objective function, followed by the creation of a digital platform.

Keywords: bedding pig manure, physical and chemical disinfection of manure, assessment of the specific energy capacity of disinfection, ultrasonic effects, hydrogen peroxide.

Citation. Limarenko N. V., Uspensky I. A., Yukhin I. A., Mitrokhin S. V. Statistical model for assessing the specific energy consumption during disinfection of fresh pig litterless manure. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 344-352 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-39.

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

**СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ УДЕЛЬНОЙ ЭНЕРГОЁМКОСТИ
ПРИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИИ СВЕЖЕГО СВИНОГО БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА**^{1,2}Лимаренко Н. В., доктор технических наук, профессор¹Успенский И. А., доктор технических наук, профессор¹Юхин И. А., доктор технических наук, профессор¹Митрохин С. В., 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. В условиях современного агробизнеса эффективность обеззараживания навоза является актуальной и значимой задачей для науки и техники, требующей комплексного подхода, учитывая высокие объёмы жидкой фракции влажностью свыше 90%. Важным при этом являет-

ся повышение энергетической эффективности операций при сохранении предъявляемых качественных требований. Анализ мировых практик показал необходимость совершенствования существующих способов обеззараживания в части энергоэффективности и цифровизации. Соответственно, создание статистических моделей, позволяющих оценивать удельную энергоёмкость обеззараживания, особенно при комплексных воздействиях, является актуальной и значимой задачей. **Объект.** Объектом данного исследования является зависимость удельной энергоёмкости от продолжительности экспозиции, температуры и концентрации пероксида водорода при обеззараживании свиного бесподстильного навоза механическими колебаниями на частоте ультразвука совместно с пероксидом водорода. Исследование основывается на аналитике предыдущих наработок, научных изысканиях и международном опыте в данной области. **Материалы и методы.** Исследование базируется на математической теории планирования эксперимента, принципах оценки удельной энергоёмкости технических средств. **Результаты и выводы.** Изученные данные подтверждают критическую необходимость разработки и внедрения новых, более эффективных технологий в сфере переработки органических отходов свиноводства. Применение технологий обеззараживания навоза механическими колебаниями на частоте ультразвука в сочетании с пероксидом водорода открывает возможности для их эффективного использования. Полученная математическая модель в виде полинома второго порядка, позволяет оценить влияние температуры среды в рабочей камере совместно с продолжительностью экспозиции и заданной концентрацией пероксида водорода на удельную энергоёмкость. Данная модель адекватно формализует влияние продолжительности экспозиции, температуры и концентрации пероксида водорода на удельную энергоёмкость обеззараживания при воздействии механическими колебаниями на частоте ультразвука в сочетании с пероксидом водорода. При этом для получения наилучшего доступного энергетического эффекта необходимо решение оптимизационной задачей с использованием полученной модели в качестве целевой функции, с последующим созданием цифровой платформы.

Ключевые слова: свиной бесподстильный навоз, физико-химическое обеззараживание навоза, оценка удельной энергоёмкости обеззараживания, ультразвуковые воздействия, пероксид водорода.

Цитирование. Лимаренко Н. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Митрохин С. В. Статистическая модель оценки удельной энергоёмкости при обеззараживании свежего свиного бесподстильного навоза. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 344-352. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-39.

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. Эффективная переработка и обеззараживание органических отходов, таких как свиной навоз, является важной задачей как с точки зрения охраны окружающей среды, так и повышения агропромышленного потенциала. Согласно действующим нормативным документам, таким как Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» № 89-ФЗ и СанПиН 2.1.7.1322-03, органические отходы должны подвергаться обязательной обработке для предотвращения распространения патогенов и обеспечения экологической безопасности при их использовании в сельском хозяйстве. Данные требования обуславливают необходимость разработки методов и технологий, обеспечивающих эффективное обеззараживание навоза с минимальными энергозатратами [1-6]. Согласно [7-12], в мировой практике накоплен значительный опыт переработки органических отходов с использованием различных методов обеззараживания, таких как компостирование, термическая обработка, анаэробное брожение, химическое обеззараживание, а также комбинированные физико-химические воздействия. Например, в странах Европейского Союза действуют строгие регламенты, такие как Регламент ЕС № 1069/2009, касающийся переработки навоза и других органических отходов, где особое внимание уделяется методам дезинфекции и переработки для получения биогаза. В Китае и США активно развиваются технологии анаэробного брожения и получения биоэнергии из навоза, что позволяет не только обеззараживать отходы, но и снижать углеродный след агропромышленных предприятий [8, 12]. В России активно ведутся исследования по переработке свиного бесподстильного навоза, однако значительные ограничения связаны с отсутствием стандартизированных методов для оценки энергоёмкости процессов обеззараживания. Исследования [4, 13, 14], направлены на изучение биологической и химической обработки навоза, однако методы для обоснования энергозатрат в этих процессах всё ещё недостаточно развиты. В частности, вопрос энергоёмкости различных способов обеззараживания свиного бесподстильного навоза остаётся малоизученным и в мировой практике. В этом контексте

разработка статистической модели оценки удельной энергоёмкости обеззараживания навоза не только представляет собой научную задачу, но и имеет практическое значение для внедрения энергоэффективных и экологически безопасных технологий переработки органических отходов в агропромышленный комплекс.

Цель настоящего исследования состоит в получении статистической математической модели позволяющей формализовать влияние выбранных факторов на удельную энергоёмкость обеззараживания.

Материалы и методы. Исследования проводились в модельных условиях на базе кафедры технической эксплуатации транспорта ФГБОУ ВО РГАТУ им. П. А. Костычева. В качестве технологического материала использовался свежий свиной бесподстилочный навоз, взятый в частном хозяйстве. Ввиду того, что свиной бесподстилочный навоз является сложным объектом с обилием физических, химических и биологических свойств, при разработке методики измерения удельной энергоёмкости в данном исследовании было принято решение принять допущение позволяющее рассмотреть данный объект как «чёрный ящик». Методика исследований состояла в следующем в частном хозяйстве осуществлялся отбор свежего бесподстилочного навоза, затем он делился на две партии. Первая партия отправлялась в ветеринарную лабораторию для анализа исходных свойств, вторая на кафедру технической эксплуатации транспорта для проведения экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования состояли в том, что доставленная из хозяйства проба подвергалась комплексному физико-химическому воздействию механическими колебаниями на частоте ультразвука совместно с пероксидом водорода. Согласно исследованиям [4, 5] доказано, что данный тип воздействия представляет практический интерес с точки зрения экологии и энергоэффективности. На рисунке 1 представлен процесс обработки бесподстилочного навоза в ультразвуковой ванне. На рисунке 2 представлен блок управления параметрами ультразвуковой ванны. Измерение удельной энергоёмкости обеззараживания осуществлялось согласно методике, описанной в работе¹, а также исследованиях [15-17].



Рисунок 1 – Процесс обработки свиного бесподстилочного навоза в ультразвуковой ванне
Figure 1 – Process of treating pig litterless manure in an ultrasonic bath



Рисунок 2 – Консоль управления параметрами ультразвуковой ванны при обеззараживании
Figure 2 – Console for controlling ultrasonic bath parameters during disinfection

Суть обработки ультразвуком в ванне заключается в создании механических колебаний и вибраций в жидкости, совместно с микроскопическими пузырьками воздуха. Данная совокупность эффектов получила название – кавитация. В общем виде объяснить кавитацию можно как образование и разрыв пузырьков, сопровождаемые высокой температурой и давлением в местах разрыва пузырьков. Временная высокая температура и давление, создаваемые при кавитации, могут уничтожать клеточные структуры патогенных

¹Месхи Б. Ч., Лимаренко Н. В., Жаров В. П., Шаповал Б. Г. Создание математической модели для оценки энергоёмкости процесса обеззараживания стоков животноводства. Вестник Донского государственного технического университета. 2017. № 4(91). С. 129-135.

микроорганизмов и вирусов. Механические колебания на частоте ультразвука также позволяют создавать микротечи, что приводит к лизису клеточных стенок патогенов, делая их не способными к росту и размножению^{2,3}.

В связи с ограниченностью ресурсов и сложностью проведения экспериментальных исследований было решено применить математические методы планирования эксперимента. Данный подход позволяет достичь максимально возможных результатов при минимальном количестве проведенных опытов. В ходе предварительных исследований [15] были определены ключевые факторы и диапазоны их изменения. Первично производился выбор факторов и соответствующих уровней их варьирования. Таблица 1 содержит факторы, уровни их изменения, «звёздные точки» и полученные в ходе эксперимента отклики удельной энергоёмкости. Для повышения достоверности результатов было решено использовать 5 уровней варьирования с включением «звёздных точек».

Таблица 1 – Факторы, уровни варьирования и их «звёздные точки»

Table 1 – Factors, levels of variation and their "star points"

№	Варьируемые факторы / Variable Factors	Диапазон варьирования / Range of variation			Обоз. нат. / Symbol	Разм./ Dimension	Обоз. код. / Symbol	Звёздные точки / Star Points	
		-1	0	+1				Δxi	Δxi нат.
1	Продолжительность экспозиции / Exposure Duration	5	10	15	тэк	мин	X1	5	7,07
2	Температура среды в рабочей камере / Temperature of the medi- um in the working chamber	20	40	60	t	°C	X2	20	28,28
3	Концентрация пероксида водорода / Hydrogen peroxide concentration	10	20	30	ω	мг/л	X3	10	14,14

После выбора факторов и уровней их варьирования были выбраны параметры, определяющие энергетическую и санитарно-эпидемиологическую эффективность (качество) воздействия. Размерности, обозначения и наименования параметров качества приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Энергетические параметры, характеризующие качество выполнения операции

Table 2 – Parameters characterizing the quality of the operation

№	Параметры качества / Quality parameters	Обоз. нат. / Symbol	Обоз. код./ Symbol	Размер / Size
1	Удельная энергоёмкость / Specific energy intensity	N	У ₁	кВт·ч/м ³ / kWh/m ³

Целью экспериментальных исследований являлась формализация влияния выбранных факторов, их уровней варьирования на выбранные энергетические параметры качества. С целью удовлетворения поставленных условий был выбран 3-х факторный центральный композиционный план Бокса-Бенкена со «звёздными точками». Матрица плана эксперимента в кодированных переменных представлена в таблице 3, в натуральных переменных с откликами зафиксированными опытным путём их значений параметров качества представлена в таблице 4.

²Перельман М. И., Моисеев В. С. Бактерицидное действие ультразвука. Проблемы техники в медицине. Таганрог. 1980. С. 38-41.

³Эльпинер И. Е. Биофизика ультразвука. Москва: Наука, 1973. 384 с.

Таблица 3 – Матрица планирования в кодированных переменных
Table 3 – Planning matrix in coded variables

№	Факторы / Factors							Отклик / Response
	Кодированные / Coded				Натуральные / Natural			Натуральный / Natural
	X_0	X_1	X_2	X_3	$t_{эк}$	t	ω	N
1	1	-1	-1	-1	5	20	10	1,99
2	1	-1	-1	1	5	20	30	1,90
3	1	-1	1	-1	5	60	10	1,85
4	1	-1	1	1	5	60	30	1,90
5	1	1	-1	-1	15	20	10	3,50
6	1	1	-1	1	15	20	30	3,51
7	1	1	1	-1	15	60	10	3,52
8	1	1	1	1	15	60	30	3,50
9	1	-1,41	0	0	2,93	40	20	1,65
10	1	1,41	0	0	17,07	40	20	3,9
11	1	0	-1,41	0	10	11,72	20	2,3
12	1	0	1,41	0	10	68,28	20	2,2
13	1	0	0	-1,41	10	20	5,86	2,2
14	1	0	0	1,41	10	20	34,14	1,8
15	1	0	0	0	10	20	10	2,6
16	1	0	0	0	10	20	10	2,0

Результаты и обсуждение. После проведения экспериментальных исследований, расчёте оценок коэффициентов факторов были получены математические модели в форме квадратичных полиномов. Каноническая форма квадратичного полинома была выбрана на основании результатов исследований, описанных в работах [16, 17], а также⁴. Рассмотрим более подробно полученные математические модели для каждого из параметров качества.

Влияние рассмотренных факторов на удельную энергоёмкость интенсификации их обеззараживания механическими колебаниями на частоте ультразвука в сочетании с пероксидом формализуется моделью, кВт·ч/м³:

$$N = 3,52 + 3,70 \cdot x_1^2 + 3,12 \cdot x_2^2 + 2,97 \cdot x_3^2. \quad (1)$$

В таблице 5 представлены результаты дисперсионного анализа математической модели (1) со значениями дисперсии воспроизводимости, средне квадратического отклонения и критерия Стьюдента по коэффициентам модели.

Таблица 4 – Результаты дисперсионного анализа модели
Table 4 – Results of the variance analysis of the model

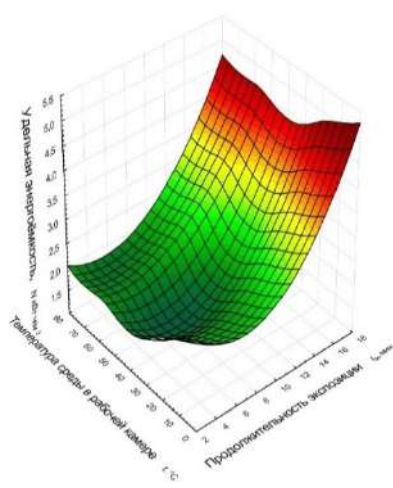
№	Дисперсия воспроизводимости по коэффициентам / Variance of reproducibility by coefficients		Средние квадратические отклонения по коэффициентам / Mean Square Deviations of Coefficients		Значение критерия Стьюдента по коэффициентам / The meaning of the Student's criterion by coefficients	
	$S_{b0'}^2$		$S_{b0'}$		$t_{b0'}$	
1	$S_{b0'}^2$	0,255625104	$S_{b0'}$	0,50559371	$t_{b0'}$	6,962111924
2	$S_{b1'}^2$	0,340833333	$S_{b1'}$	0,58380933	$t_{b1'}$	1,366310887
3	$S_{b2'}^2$	0,340833333	$S_{b2'}$	0,58380933	$t_{b2'}$	0,038742866
4	$S_{b3'}^2$	0,340833333	$S_{b3'}$	0,58380933	$t_{b3'}$	0,087883348
5	$S_{b12'}^2$	0,511258977	$S_{b12'}$	0,715017482	$t_{b12'}$	0,026223135
6	$S_{b13'}^2$	0,511251401	$S_{b13'}$	0,715017482	$t_{b13'}$	0,005244627
7	$S_{b23'}^2$	0,511250145	$S_{b23'}$	0,715017482	$t_{b23'}$	0,019230299
8	$S_{b11'}^2$	0,429860321	$S_{b11'}$	0,655637339	$t_{b11'}$	5,649306384
9	$S_{b22'}^2$	0,429860321	$S_{b22'}$	0,655637339	$t_{b22'}$	4,764885171
10	$S_{b33'}^2$	0,429860321	$S_{b33'}$	0,655637339	$t_{b33'}$	4,532515611

⁴ Лимаренко Н. В., Успенский И. А., Юхин И. А. Способы и модели интенсификации обеззараживания отходов агропромышленного комплекса: монография, ФГБОУ ВО РГАТУ им. П. А. Костычева. Рязань. 2023. 174 с.

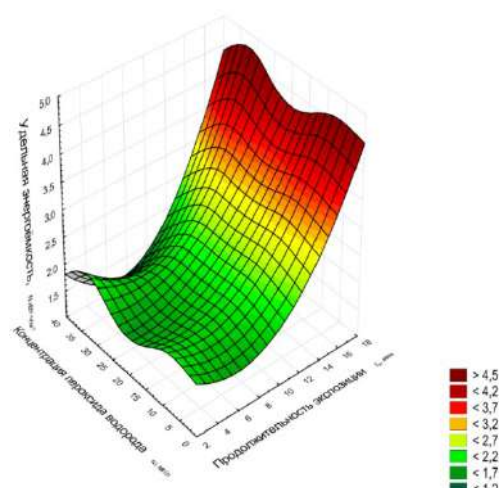
Анализ данных, представленных в таблице 4, позволил установить, что наиболее значимыми факторами, оказывающими влияние на удельную энергоёмкость интенсификации обеззараживания механическими колебаниями на частоте ультразвука в сочетании с пероксидом, являются: квадратичные значения продолжительности экспозиции, температуры среды в рабочей камере и концентрации пероксида водорода. Исходя из этого математическая модель (1) представлена после исключения функций статистически незначимых переменных. Следующим этапом оценки достоверности являлась проверка модели (1) в соответствии с критерием Фишера. Результаты оценки статистической значимости модели по критерию Фишера представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты оценки статистической значимости модели по критерию Фишера
Table 5 – Results of the evaluation of the statistical significance of the model according to the Fisher criterion

№	Отклик / Response y	Расчетный отклик / Estimated Response y_i	$(y-y_i)^2$	Дисперсия адекватности / Adequacy variance S_{ad}^2	Расчетное зна- чение критерия Фишера / Esti- mated value of the Fisher criterion, F_D	Критическое зна- чение критерия Фишера / Critical value of the Fisher criterion, $F_{кр}$
1	1,99	12,63213	113,25493	105,10977	25,69921	243,90604
2	1,90	12,49452	112,24376			
3	1,85	12,52189	113,88930			
4	1,90	12,43928	111,07640			
5	3,50	14,18246	114,11495			
6	3,51	14,05985	111,29924			
7	3,52	14,14722	112,93787			
8	3,50	14,07961	111,92812			
9	1,65	9,79972	66,41800			
10	3,90	12,05586	66,51807			
11	2,30	9,80006	56,25091			
12	2,20	9,73609	56,79259			
13	2,20	9,53593	53,81590			
14	1,80	9,39081	57,62045			
15	2,60	3,52000	0,84640			
16	2,00	3,52000	2,31040			



а)



б)

Рисунок 3 – Зависимость удельной энергоёмкости от исследуемых факторов:

а) от температуры среды в рабочей камере и продолжительности экспозиции

б) от концентрации пероксида водорода и продолжительности экспозиции

Figure 3 – Dependence of specific energy capacity on the studied factors:

а) on the temperature of the environment in the working chamber and the duration of exposure

б) on the concentration of hydrogen peroxide and the duration of exposure

Анализ результатов представленных в таблица 6 позволил сделать вывод о том, что математическая модель (1) адекватно формализует влияние выбранных факторов на удельную энергоёмкость интенсификации обеззараживания механическими колебаниями на частоте ультразвука в сочетании с пероксидом, так как расчётное значение критерия Фишера меньше критического. Графическая интерпретация полученных результатов представлена на рисунке 3.

Как показал анализ графических зависимостей, представленных на рисунке 3, удельная энергоёмкость не линейно зависит от выбранных факторов, соответственно для того, чтобы исключить принятие «локального» экстремума за «глобальный», необходимо решение оптимизационной задачи, позволяющей определить сочетания факторов, обеспечивающих минимальные энергозатраты, что будет являться следующим этапом исследования.

Заключение. Наиболее значимыми факторами, оказывающими влияние на удельную энергоёмкость при обеззараживании механическими колебаниями на частоте ультразвука в сочетании с пероксидом, являются: квадратичные значения продолжительности экспозиции, концентрации пероксида водорода и температуры среды в рабочей камере. Полученная математическая модель в виде полинома второго порядка, позволяет оценить влияние температуры среды в рабочей камере совместно с продолжительностью экспозиции и заданной концентрацией (экз/100 мл) пероксида водорода на удельную энергоёмкость, данная модель адекватно формализует влияние выбранных факторов при воздействии механическими колебаниями на частоте ультразвука в сочетании с пероксидом водорода, обеспечивая минимальные издержки. При этом для получения наилучшего доступного энергетического эффекта необходимо решение оптимизационной задачей с использованием полученной модели (1) в качестве целевой функции, с последующим созданием цифровой платформы.

Conclusions. The most significant factors influencing the specific energy capacity during disinfection with mechanical vibrations at the ultrasound frequency in combination with peroxide are: quadratic values of exposure time, hydrogen peroxide concentration and temperature of the medium in the working chamber. The obtained mathematical model in the form of a second-order polynomial allows us to estimate the effect of the temperature of the medium in the working chamber together with the exposure time and the specified concentration (copies/100 ml) of hydrogen peroxide on the specific energy capacity. This model adequately formalizes the effect of the selected factors when exposed to mechanical vibrations at the ultrasound frequency in combination with hydrogen peroxide, ensuring minimal costs. At the same time, to obtain the best available energy effect, it is necessary to solve the optimization problem using the obtained model (1) as the target function, followed by the creation of a digital platform.

Библиографический список

1. Головки 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.
2. Алдошин Н. В. и др. Эффективность применения свиного навоза в звене кормового севооборота. Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2023. № 33 (196). С. 53-68.
3. Arisov A. V., Chugunova O. V. Application of non-thermal physical methods of disinfection of grain raw materials. Modern Science and Innovations. 2021. No. 1 (33). Pp. 142-145.
4. Зилов Е. А. Обеззараживание вод с помощью ультрафиолетового излучения и ультразвуковой обработки. XXI век. Техносферная безопасность. 2024. № 2 (34). С. 142-151.
5. Тюрин В. Г., Родионова Н. В., Бирюков К. Н. Выживаемость санитарно-показательных микроорганизмов в навозе при аэробной ферментации в различных биоценозах. Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2023. № 2 (25). С. 143-146.
6. Койчуев А. У. Эффективное средство для обеззараживания объектов птицеводства. Птицеводство. 2022. № 9. С. 73-76.
7. Deltsov A. A., Sodboev T. T., Schukin M. V., Vvedenskaya E.M. Prospects for the use of «Thiazone» in the disinfection of liquid pig manure. Veterinary Medicine, Animal Science and Biotechnology. 2022. Vol. 7 (104). Pp. 56-61.
8. Wijerathna P., et al. Formulation of novel microbial consortia for rapid composting of biodegradable municipal solid waste: An approach in the circular economy. Environment and Natural Resources. 2024. № 3 (22). Pp. 283-300.
9. Choi W., Lee W., Kim K. Odor generation pattern of swine manure according to the processing form of feed. Journal of Animal Science and Technology. 2024. № 1 (66). P. 219.
10. Ma H., et al. The odor release regularity of livestock and poultry manure and the screening of deodorizing strains // Microorganisms. 2021. №. 12 (9). P. 2488.

11. Wijerathna P. A. K. C., Udayagee K. P. P., Idroos F. S., Manage P. M. Novel Bacterial Consortium for Mitigation of Odor and Enhance Compost Maturation Rate of Municipal Solid Waste: A Step Toward a Greener Economy. *Nature Environment and Pollution Technology An International Quarterly Scientific Journal*. 2024. Vol. 3 (23). Pp. 1751-1760.

12. Manzia N., et al. Ozone: a breath of fresh solutions for crop health and livestock well-being. *Advances and Technology Development in Greenhouse Gases: Emission, Capture and Conversion*. Elsevier. 2024. Pp. 357-381.

13. Сырчина Н. В. и др. Влияние гипохлорита натрия на микробиоту и запах навозных стоков. *Поволжский экологический журнал*. 2023. № 1. С. 107-116.

14. Пархачева А. А., Белоусов А. С., Сулейманов Е. В. Фотокаталитическая активность гетероструктур PWO₃/Bi₂WO₆ в разложении органических соединений. *Химические проблемы современности* 2023. 2023. С. 351-354.

15. Лимаренко Н. В. и др. Цифровые инструменты повышения эффективности экспериментальных исследований энергоёмкости обеззараживания свиного бесподстилочного навоза механическими колебаниями на частоте ультразвука. *Техника и оборудование для села*. 2024. № 6 (324). С. 23-28.

16. Лобачевский Я. П. и др. Контрфактуальный анализ эффективности обеззараживания органических отходов животноводства. *Инженерные технологии и системы*. 2023. № 4 (33). С. 466-489.

17. Борячев С. Н. 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.

References

1. 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.

2. Aldoshin N. V., et al. Efficiency of using pig manure in the forage crop rotation link. *Bulletin of agricultural science of Tavrida*. 2023. No 33 (196). Pp. 53-68.

3. Arisov A. V., Chugunova O. V. Application of non-thermal physical methods of disinfection of grain raw materials. *Modern Science and Innovations*. 2021. No. 1 (33). Pp. 142-145.

4. Zilov E. A. Water disinfection using ultraviolet radiation and ultrasound treatment. *XXI century. Technosphere safety*. 2024. No 2 (34). Pp. 142-151.

5. Tyurin V. G., Rodionova N. V., Biryukov K. N. Survival of sanitary indicator microorganisms in manure during aerobic fermentation in various biocenoses. *Bulletin of the Chuvash State Agrarian University*. 2023. No 2 (25). Pp. 143-146.

6. Koichuev A. U. An effective means for disinfection of poultry farming facilities. *Poultry farming*. 2022. No 9. Pp. 73-76.

7. Deltsov A. A., Sodboev T. T., Schukin M. V., Vvedenskaya E. M. Prospects for the use of «Thiazone» in the disinfection of liquid pig manure. *Veterinary science, zootechnics and biotechnology*. 2022. Vol. 7 (104). Pp. 56-61.

8. Wijerathna P., et al. Formulation of novel microbial consortia for rapid composting of biodegradable municipal solid waste: An approach in the circular economy. *Environment and Natural Resources*. 2024. No 3 (22). Pp. 283-300.

9. Choi W., Lee W., Kim K. Odor generation pattern of swine manure according to the processing form of feed. *Journal of Animal Science and Technology*. 2024. No 1 (66). P. 219.

10. Ma H., et al. The odor release regularity of livestock and poultry manure and the screening of deodorizing strains. *Microorganisms*. 2021. No 12 (9). P. 2488.

11. Wijerathna P. A. K. C., Udayagee K. P. P., Idroos F. S., Manage P. M. Novel Bacterial Consortium for Mitigation of Odor and Enhance Compost Maturation Rate of Municipal Solid Waste: A Step Toward a Greener Economy. *Nature Environment and Pollution Technology. International Quarterly Scientific Journal*. 2024. Vol. 3 (23). Pp. 1751-1760.

12. Manzia N., et al. Ozone: a breath of fresh solutions for crop health and livestock well-being. *Advances and Technology Development in Greenhouse Gases: Emission, Capture and Conversion*. Elsevier. 2024. Pp. 357-381.

13. Сырчина Н. В., et al. Effect of sodium hypochlorite on the microbiota and odor of manure effluents. *Volga Region Ecological Journal*. 2023. No 1. Pp. 107-116.

14. Parkhacheva A. A., Belousov A. S., Suleimanov E. V. Photocatalytic activity of the PWO₃/Bi₂WO₆ heterostructure in the decomposition of organic compounds. *Chemical Problems of Our Time* 2023. 2023. Pp. 351-354.

15. Limarenko N. V., 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.

16. Lobachevsky Ya. P., et al. Counterfactual analysis of the efficiency of disinfection of organic livestock waste. *Engineering technologies and systems*. 2023. No 4 (33). Pp. 466-489.

17. Borychev S. N., et al. Use of fuzzy modeling in assessing the intensity of organic waste disposal technologies. *News of the Lower Volga Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2021. No 1(61). Pp. 298-315.

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 технической эксплуатации 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, ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: ivan.uspenskiy@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 кафедры технической эксплуатации транспорта ФГБОУ ВО Рязанский агротехнологический университет имени П. А. Костычева (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: serg.m1trohin@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 Engineering 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 Engineering 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 Engineering Operation of Transport, Ryazan Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1); e-mail: serg.m1trohin@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-40

ROBOTIC MODULE FOR MULCH FILM LAYING AND DRIP IRRIGATION SYSTEM

**Nesmiyanov I. A., Vorob'eva N. S., Bocharnikov V. S.,
Ivanov A. G., Dyashkin-Titov V. V., Dyashkin A. V., Azhgaliev R. S.**

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vgsxa@mail.ru

Received 10.08.2024

Submitted 01.10.2024

The research was carried out within the framework of Research and Development of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. FESR-2023-0009 "Development of technology for the cultivation of vegetable crops based on the use of modern methods of breeding, primary seed production with elements of robotization"

Summary

The article presents the design, principle of operation, and description of the technological process of the module of a robotic device designed for laying and subsequent perforation of a mulching film with the possibility of simultaneous installation of a drip irrigation system.

Abstract

Introduction. Mulching films reduce unproductive evaporation of moisture and thus create a more favorable water regime for plants. The reserves of productive moisture in the soil during the growing season under the mulch are higher by 3...4%. Film mulch affects the physical properties of the soil - no soil crust is formed, which contributes to the appearance of friendly seedlings of crops, especially small-seeded ones. There is no compaction of the soil under the film from planting to harvesting. **Object.** The object of research is a module designed for laying and subsequent perforation of a mulching film with the possibility of simultaneous installation of a drip irrigation system. **Materials and methods.** The module solves the following tasks: formation of a ridge of different heights and widths depending on the type of planting material; laying of an irrigation pipeline in the center of the formed ridge; laying of a mulching film followed by rolling with clamping wheels and sprinkling the edges with soil; perforation of the film with the possibility of adjusting the planting step and the distance between the perforation lines in order to develop an optimal technology for cultivating vegetable crops based on the use of modern methods of breeding, primary seed production. **Results and conclusion.** A robotic tool with a mulching film laying module automatically spreads the film, fixes it and makes holes in it, which helps to preserve moisture in the soil and prevents the appearance of weeds in the breeding material.

Keywords: mulch films, modules of robotic devices, drip irrigation systems.

Citation. Nesmiyanov I. A., Vorob'eva N. S., Bocharnikov V. S., Ivanov A. G., Dyashkin-Titov V. V., Dyashkin A. V. Robotic module for mulch film laying and drip irrigation system. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 352-360 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-40.

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 631.344.2

**РОБОТИЗИРОВАННЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ УКЛАДКИ МУЛЬЧИРУЮЩЕЙ ПЛЕНКИ
И СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ**

Несмиянов И. А., доктор технических наук, профессор
Воробьева Н. С., доктор технических наук, доцент
Бочарников В. С., доктор технических наук, профессор
Иванов А. Г., кандидат технических наук, доцент
Дяшкин-Титов В. В., кандидат технических наук, доцент
Дяшкин А. В., кандидат технических наук, доцент
Ажгалиев Р. С., аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках НИР Минобрнауки России № FESR-2023-0009 «Разработка технологии возделывания овощных культур на основе использования современных методов селекции, первичного семеноводства с элементами роботизации»

Актуальность. Мульчирующие пленки снижают непроизводительное испарение влаги и тем самым создают более благоприятный водный режим для растений. Запасы продуктивной влаги в почве в течение вегетационного периода под мульчей выше на 3...4%. Пленочная мульча оказывает влияние на физические свойства почвы – не образуется почвенная корка, что способствует появлению дружных всходов культур, особенно мелкосеменных. Под пленкой не происходит уплотнения почвы от посадки до уборки урожая. **Объект.** Объектом исследований является модуль, предназначенный для укладки и последующей перфорации мульчирующей пленки с возможностью одновременной укладки системы капельного орошения. **Материалы и методы.** Модуль решает следующие поставленные задачи: формирование гряды различной по высоте и ширины в зависимости от типа посадочного материала; укладка оросительного трубопровода по центру сформированной гряды; укладка мульчирующей пленки с последующим прикатыванием прижимными колесами и присыпкой краев почвой; перфорацию пленки с возможностью регулирования шага посадки и расстояния между строками перфорации с целью разработки оптимальной технологии возделывания овощных культур на основе использования современных методов селекции, первичного семеноводства. **Результаты и выводы.** Робототехническое средство с модулем укладки мульчирующей пленки в автоматическом режиме расстилает пленку, фиксирует ее и делает отверстия в ней, что способствует сохранению влаги в почве и предотвращает появление сорной растительности в селекционном материале.

Ключевые слова: мульчирующие пленки, модули роботизированных устройств, системы капельного орошения.

Цитирование. Несмиянов И. А., Воробьева Н. С., Бочарников В. С., Иванов А. Г., Дяшкин-Титов В. В., Дяшкин А. В. Роботизированный модуль для укладки мульчирующей пленки и системы капельного орошения. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 352-360. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-40.

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. К технологиям, обеспечивающим экономию оросительной воды, регулирующим воздушный и тепловой режим относится мульчирование поверхности [1, 2]. Мульчирование – это поверхностное покрытие почвы различным материалом, мульчей. Мульча защищает почву от пересыхания и перегрева, создает среду, благоприятную для растений, полезной микрофлоры, угнетает сорняки, удобряет землю (если это органика). Применение мульчирования способствует повышению экономической эффективности фермерских хозяйств, особенно, при возделывании овощных культур [3, 4].

Многие условно делят мульчу на органическую и неорганическую. Традиционно для мульчирования почвы используют навоз, торф, опилки, солому и другие растительные остатки [5]. Не умаляя практической значимости этих материалов, являющихся одновременно органическими удобрениями, следует отметить, что в последнее время для мульчирования почвы чаще применяют различные синтетические материалы.

Более перспективен, чем торфяной субстрат, продукт в виде пены из мочевино-формальдегида и почвообразователен, который изготовлен в ФРГ и носит название гидромуля. Гидромуль содержит 32,9% углерода, 0,25% растворимого азота, 30,5% общего азота, и незначительное количество зольных элементов. В почве гидромуль разлагается медленно, освобождая азот. Исключительно велика его роль с точки зрения поглощения воды. При орошении или осадках 1 м³ хлопьев гидромуля способны впитывать 700 л воды и защитить почву от испарения. Дозы внесения гидромуля 200...400 м³/га. Очень важно и то, что гидромуль способен впитывать водяные пары. Обычно для мульчирования почвы широко используют прозрачные, черные, комбинированные, а также свето- и теплоотражающие полиэтиленовые пленки.

Исследованиям действия мульчирующих пленок посвящено большое число работ, из которых следует, что мульчирование можно рассматривать как способ тепловой и водной мелиорации корнеобитаемого слоя почвы.

Мульчирующие пленки снижают непроизводительное испарение влаги и, тем самым создают более благоприятный водный режим для растений. Запасы продуктивной влаги в почве в течение вегетационного периода под мульчей выше на 3...4%. Пленочная мульча оказывает влияние на физические свойства почвы. Под пленочной мульчей не образуется почвенная корка, что способствует появлению дружных всходов культур, особенно мелкосеменных. Под пленкой не происходит уплотнения почвы от посадки до уборки урожая.

При использовании синтетических материалов существуют различные технологии – от ручного способа проделывания отверстий (рисунок 1) до современных машин-пленкоукладчиков, которые укладывают пленку и одновременно пробивают отверстия (рисунок 2), также существуют машины, которые способны с одновременным раскатыванием пленки произвести посев семян или рассады. Например, компании Samco, Sparrer производят сеялки, которые уплотняют почву, укладывают пленку и точно высевает семена с помощью перфоратора колесного блока, обеспечивающего точную глубину посева и расстояние между семенами (рисунок 3). Рассадопосадочные машины компании Sparrer обладают возможностью прокладки шлангов капельного полива и комбинацией с машиной по укладке плёнки (рисунок 4) [6, 7, 8].

При создании современных машин широко применяются технологии робототехники и роботизации, в том числе на основе алгоритмов машинного зрения и искусственного интеллекта [9, 10, 11]. Особенно эффективно роботизированные агрегаты применяются при возделывании овощных [12, 13] и бахчевых культур [14, 15].



Рисунок 1 – Ручной дырокол для мульчирующей пленки

Figure 1 – Manual hole punch for mulching film



Рисунок 2 – Пленкоукладчик с устройством для проделывания отверстий
Figure 2 – A film-laying machine with a device for making holes



Рисунок 3 – Пневматическая сеялка SPAPPERI
Figure 3 – SPAPPERI pneumatic seeder



Рисунок 4 – Рассадопосадочная машина SPAPPERI
Figure 4 – SPAPPERI seedling machine

Материалы и методы. Объектом исследований является модуль, предназначенный для укладки и последующей перфорации мульчирующей пленки с возможностью одновременной укладки системы капельного орошения. В данном модуле предусмотрена возможность установки дополнительного узла для посадки семенного материала (например, посадка клубней картофеля), либо саженцев рассады овощных культур (например, томатов) (рисунок 5).

Представленный модуль можно устанавливать на самоходное роботизированное устройство, а также монтировать к лонжеронам рамы шасси трактора ВТЗ-30СШ или агрегатироваться с тракторами класса до 3 кН (рисунок 6).

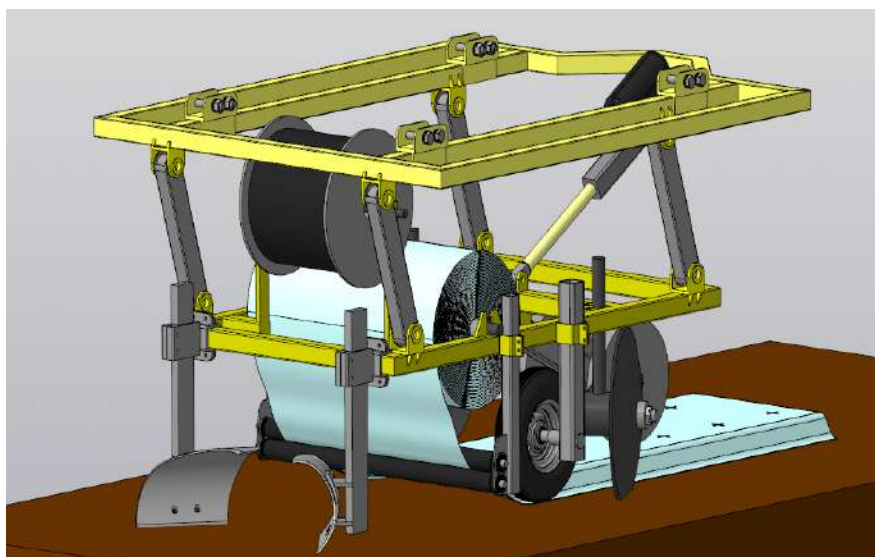


Рисунок 5 – 3Д модель модуля для укладки мульчирующей пленки
Figure 5 – 3D model of the module for laying mulching film

Модуль решает следующие поставленные задачи: формирование гряды различной по высоте и ширины в зависимости от типа посадочного материала; укладка оросительного трубопровода по центру сформированной гряды; укладка мульчирующей пленки с последующим прикатыванием прижимными колесами и присыпки краев почвой; перфорацию пленки с возможностью регулирования шага посадки и расстояния между строками перфорации с целью разработки оптимальной технологии возделывания овощных культур на основе использования современных методов селекции, первичного семеноводства.



Рисунок 6 – 3Д модель модуля для укладки мульчирующей пленки на базе тракторного самоходного шасси ВТЗ-30СШ

Figure 6 – 3D model of the module for laying mulching film based on the tractor self-propelled chassis VTZ-30SSH

Модуль состоит (рисунок 7) из основания 1 и рамы 2, соединенные между собой штангами 3 посредством шарниров 4, расположенных в четырех углах по контуру основания 1 и рамы 2. Основание 1, рама 2 и четыре штанги 3 представляют собой параллелограммный механизм. Основание 1 верхней стороной в четырех точках с помощью болтовых соединений жестко крепится с корпусом самоходного роботизированного устройства или к лонжеронам рамы шасси трактора. Все рабочие органы, выполняющие перечисленные поставленные задачи, монтируются на раме 2. Основание 1 и рама 2 представляют собой сборную сварную конструкцию из профильных труб.

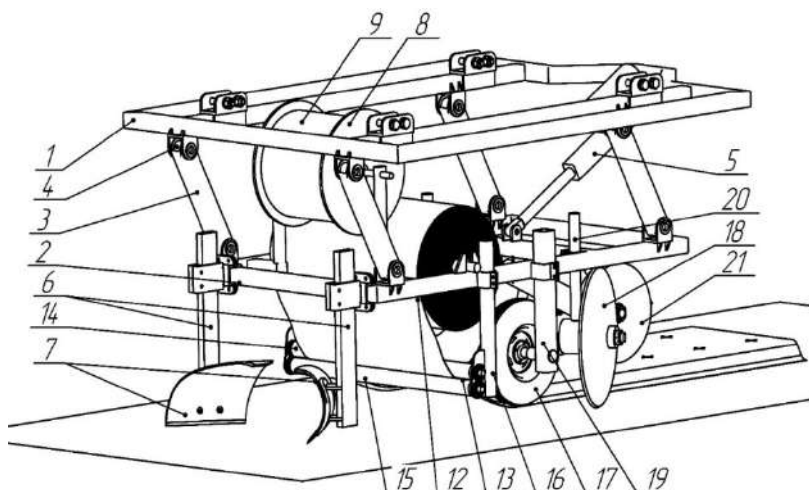


Рисунок 7 – Конструкция модуля для укладки мульчирующей пленки
Figure 7 – Design of the module for laying the mulching film

Параллелограммный механизм может изменять свою геометрическую форму за счет линейного привода (актуатора) 5 установленного между основанием 1 и рамой 2 посредством шарнирных узлов. На раме 2 спереди по ходу движения установлены две симметрично расположенных между собой стойки 6, на которых установлены нагребные органы в виде двух корпусов 7 с отвалами. Расстояние между стойками 6 регулируется и позволяет формировать гряды различной ширины.

Укладка оросительного канала 9 производится с помощью барабана 8, смонтированного на кронштейнах рамы 2, а также направляющего 10 и укладывающего 11 роликов. Для расстила пленки рама 2 имеет кронштейны для установки рулона с пленкой 12, механизм разматывания пленки 13, состоящего из приводного 14 и ведомого 15 валов, между которыми пропускается пленка, жестко закрепленных между стойками 16, прикатывающие колеса 17 и присыпающие органы 18, закрепленные на стойках с осями 19 и 20. Присыпающие органы 18 представлены в виде двух дисков, расположенных симметрично между собой под некоторым углом. Для прокалывания пленки на раме 2 монтируется перфоратор 21, состоящий из двух пар цилиндрических барабанов 22, установленных на валу 23 с возможностью осевого перемещения барабанов 22 с последующей их фиксации в установленном положении. Вал 23 вращается в подшипниковых опорах 24. На цилиндрической поверхности барабана 22 проделаны отверстия, через которые выдвигаются перфорирующие элементы 25 с помощью кулачкового механизма 26. Кулачковый механизм 26 позволяет изменять расстояния между проделанными отверстиями в пленке, обеспечивает несколько различных шагов перфорации посредством варьирования числом выдвигаемых перфорирующих элементов 25.

Модуль предусматривает основные регулировки:

- глубина и ширина окучивающих корпусов 7;
- переход из транспортного в рабочее положение посредством применения линейного привода 5;
- изменение схемы геометрии перфорации пленки путем перемещения ступиц барабанов 22 перфоратора в осевом направлении и установки необходимого количества перфорирующих элементов 25 (устанавливается необходимое расстояние в рядке и шаг между отверстиями в пленке).

Кинематическая схема конструкции модуля для укладки мульчирующей пленки представлена на рисунке 8.

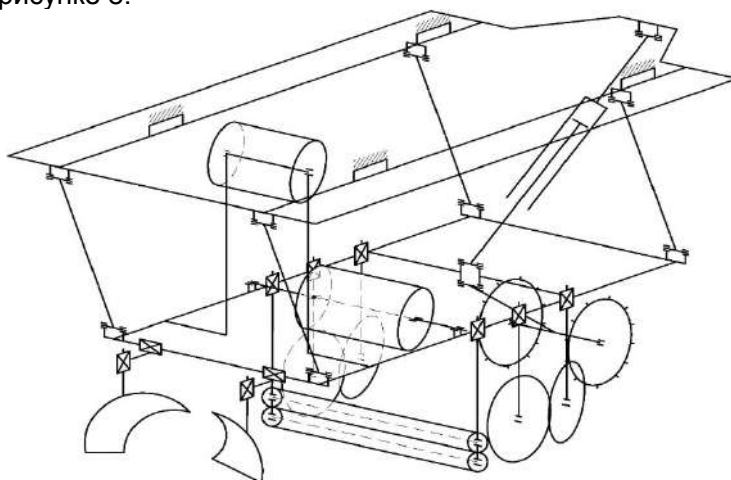


Рисунок 8 – Кинематическая схема конструкции модуля для укладки мульчирующей пленки

Figure 8 – Kinematic diagram of the module design for laying mulching film

Технологический процесс. Технологический процесс укладки мульчирующей плёнки с использованием разработанного модуля осуществляется следующим образом (рисунок 7, 9):

1. Шасси подъезжает к краю поля. В автоматическом режиме модуль с помощью линейного привода (актуатора) 5 опускается вниз, в зависимости от формируемой гряды по ширине и высоте выполняется регулировка с помощью двух окучивающих корпусов 7 с отвалами.
2. Подается сигнал на механизм разматывания пленки 13 и оросительного трубопровода 9 с барабаном 8.
3. В момент касания пленкой и оросительным трубопроводом почвы роботизированное шасси начинает движение согласно навигационной карте перемещения.

4. Окучивающие корпуса 7 формируют гряды.
5. Пленка стелется на гряде и растягивается прикатывающими колесами 17.
6. Присыпающие органы 18 фиксируют пленку в почве.
7. Если технологией возделывания культуры предусмотрен прорез пленки во время ее укладки, то перфоратор 21 проделявает отверстия в пленке. Конструкция перфоратора 21 позволяет делать отверстия на разном расстоянии друг от друга.

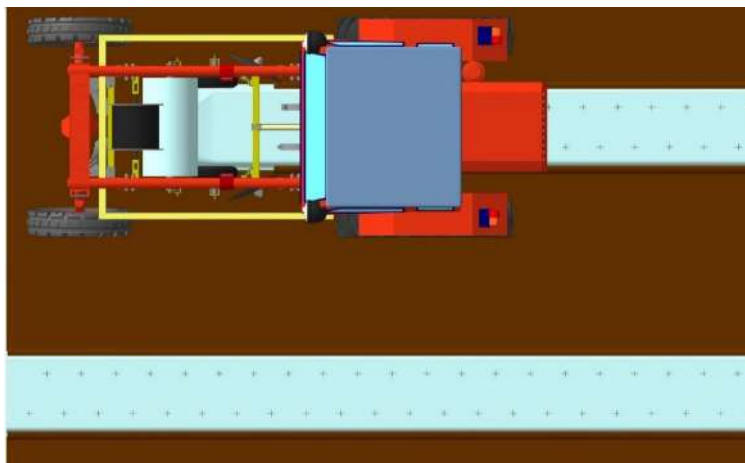


Рисунок 9 – Технологический процесс укладки мульчирующей пленки роботизированным средством
Figure 9 – The technological process of laying a mulching film with a robotic tool

Закключение. Таким образом, робототехническое средство с модулем укладки мульчирующей пленки в автоматическом режиме расстилает пленку, фиксирует ее и делает отверстия в ней, что способствует сохранению влаги в почве и предотвращает появление сорной растительности в селекционном материале.

Conclusions. Thus, a robotic tool with a module for laying a mulching film in automatic mode spreads the film, fixes it and makes holes in it, which helps to preserve moisture in the soil and prevents the appearance of weeds in the selective material.

Библиографический список

1. Камолова Ш. Р., Тошматов Б. А., Файзиев Ш. А. Значение мульчирования в сохранении и восстановлении плодородия почвы. Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. 2017. № 1 (40). С. 252-255.
2. Козлова И. В. Влияние мульчирования почвы биоразлагаемой черной пленкой фирмы BASF на продуктивность томатов в условиях выращивания юга России. Аграрная Россия. 2021. № 2. С. 7-11.
3. Овчинников А. С., Бочарников В. С., Бочарникова О. В. Регулирование водного и пищевого режимов почвы при капельном орошении в условиях Волгоградской области. Плодородие. 2012. № 3 (66). С. 35-36.
4. Popova L., Balashova N., Bocharnikov V., Ivanov V. Prospects for the digitalization of regional agro-industrial complex. Digital Future Economic Growth, Social Adaptation, and Technological Perspectives. Switzerland, 2020. Pp. 687-694.
5. Пузевич К. Л. и др. Анализ способов мульчирования. Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2021. № 1 (20). С. 160-166.
6. Коцуба В. И., Пузевич К. Л., Пузевич В. В., Кузюр В. М. Анализ машин для посева под мульчирующую пленку и обоснование движения их рабочих органов. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 146-150.
7. Годжаев З. А. Тенденции развития средств механотроники, автоматизации и роботизации для синтеза новых высокопроизводительных технологий, и машин в сельском хозяйстве. Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2018. № 3 (329). С. 4-16.
8. Пузевич К. Л. Агрегаты для посева сельскохозяйственных культур под мульчирующую пленку. Вестник Барановичского государственного университета. Серия: Технические науки. 2022. № 1 (11). С. 88-95.
9. Измайлов А. Ю. Интеллектуальные технологии и роботизированные средства в сельскохозяйственном производстве. Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89. № 5. С. 536-538.
10. Абросимов В. К., Елисеев В. В. Малые интеллектуальные роботы для решения задач точного земледелия: проблемы и решение. Робототехника и техническая кибернетика. 2018. № 4 (21). С. 14-18.
11. Ронжин А. Л., Савельев А. И. Системы искусственного интеллекта в решении задач цифровизации и роботизации агропромышленного комплекса. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 2. С. 22-29.
12. Воробьева Н. С. и др. Робототехнический комплекс для возделывания овощных культур. Известия Волгоградского государственного технического университета. 2024. № 4 (287). С. 41-44.

13. Nesmiyanov I. et al. Robot for strip spraying of vegetable crops. International Conference on Ensuring Sustainable Development: Ecology, Energy, Earth Science and Agriculture (AEES2023). Les Ulis, France: EDP SCIENCES S A, 2024. V. 494. P. 4033.

14. Воробьева Н. С. и др. Обоснование конструктивного исполнения роботизированного устройства для возделывания бахчевых культур под пленкой. Известия Волгоградского государственного технического университета. 2022. № 9 (268). С. 19-23.

15. Иванов А. Г., Воробьева Н. С. Кинематика движения манипуляционного механизма роботизированного пропольщика при выполнении технологического процесса прополки. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 452-463.

References

1. Kamolova Sh. R., Toshmatov B. A., Fayziev Sh. A. Importance of mulching in the preservation and restoration of soil fertility. Scientific Notes of Khujand State University named after Academician B. Gafurov. Series: Natural and Economic Sciences. 2017. № 1 (40). Pp. 252-255.

2. Kozlova I. V. Effect of Mulching Soil with Biodegradable Black Film by BASF on Tomato Productivity in Growing Conditions in the South of Russia. Agrarian Russia. 2021. № 2. Pp. 7-11.

3. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Bocharnikova O. V. Regulation of water and food regimes of soil under drip irrigation in the conditions of the Volgograd region. Fertility. 2012. № 3 (66). Pp. 35-36.

4. Popova L., Balashova N., Bocharnikov V., Ivanov V. Prospects for the digitalization of regional agro-industrial complex. Digital Future Economic Growth, Social Adaptation, and Technological Perspectives. Switzerland, 2020. Pp. 687-694.

5. Puzevich K. L. et al. Analysis of mulching methods. Design, use and reliability of agricultural machines. 2021. № 1 (20). Pp. 160-166.

6. Kotsuba V. I., Puzevich K. L., Puzevich V. V., Kuzyur V. M. Analysis of machines for sowing under mulch film and substantiation of the movement of their working tools. Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. 2021. № 3. Pp. 146-150.

7. Godzhaev Z. A. Trends in the development of mechatronics, automation and robotization for the synthesis of new high-performance technologies, and machines in agriculture. Fundamental and Applied Problems of Technics and Technology. 2018. № 3 (329). Pp. 4-16.

8. Puzevich K. L. Aggregates for sowing agricultural crops under mulching film. Bulletin of Baranovichi State University. Series: Technical Sciences. 2022. № 1 (11). Pp. 88-95.

9. Izmailov A. Y. Intelligent Technologies and Robotic Means in Agricultural Production. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2019. V. 89. № 5. Pp. 536-538.

10. Abrosimov V. K., Eliseev V. V. Small intelligent robots for solving problems of accurate agriculture: problems and solutions. Robotics and Technical Cybernetics. 2018. № 4 (21). Pp. 14-18.

11. Ronzhin A. L., Savelyev A. I. Artificial Intelligence Systems in Solving Problems of Digitalization and Robotization of the Agro-Industrial Complex. Agricultural Machinery and Technologies. 2022. V. 16. № 2. Pp. 22-29.

12. Vorobyeva N. S. et al. Robotic Complex for Vegetable Crops Cultivation. Proceedings of the Volgograd State Technical University. 2024. № 4 (287). Pp. 41-44.

13. Nesmiyanov I. et al. Robot for strip spraying of vegetable crops. International Conference on Ensuring Sustainable Development: Ecology, Energy, Earth Science and Agriculture (AEES2023). Les Ulis, France: EDP SCIENCES S A, 2024. V. 494. P. 4033.

14. Vorobyeva N. S. et al. Substantiation of the Design of a Robotic Device for Cultivation of Melons and Cucumbers Under Film. Proceedings of the Volgograd State Technical University. 2022. № 9 (268). Pp. 19-23.

15. Ivanov A. G., Vorobyeva N. S. Kinematics of the Motion of the Manipulation Mechanism of a Robotic Weeder in the Performance of the Weeding Technological Process. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. № 4 (64). Pp. 452-463.

Информация об авторах

Несмиянов Иван Алексеевич, доктор технических наук, доцент, профессор, проректор по учебной работе ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: ivan_nesmiyanov@mail.ru

Бочарников Виктор Сергеевич, доктор технических наук, доцент, профессор, ученый секретарь ФГБОУ ВО ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Воробьева Наталья Сергеевна, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: vgsxa@mail.ru

Иванов Алексей Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: leha_2106@list.ru

Дяшкин-Титов Виктор Владимирович, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: c_43.52.00@mail.ru

Дяшкин Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: andrejdyashkin@mail.ru

Author's Information

Nesmiyanov Ivan Alekseevich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor, Vice-Rector for Academic Affairs, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: ivan_nesmiyanov@mail.ru

Bocharnikov Viktor Sergeevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Scientific Secretary, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Vorob'eva Natalia Sergeevna, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: vgsxa@mail.ru

Ivanov Aleksey Gennadievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: leha_2106@list.ru

Dyashkin-Titov Victor Vladimirovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: c_43.52.00@mail.ru

Dyashkin Andrey Vladimirovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: andrejdyashkin@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-41

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES AND TOOLS IN THE CULTIVATION OF CROPS WITH ENRICHED HYDROGEL ON RAIN-FED FARMING AND IN IRRIGATION

Tseplyaev A. N.

The All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture is a branch of the Federal state budgetary scientific institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov"

Corresponding author E-mail: can_volgau@mail.ru

Received 12.08.2024

Submitted 21.10.2024

Abstract

Introduction. By now, an increasing number of world-class scientists are noting the trend of global climate change. At the same time, the dynamics of increasing temperatures has been especially noticeable in the last decade. In general, the temperature on the planet from 2010 to 2021 increased by 0.05 °C compared to the previous decade by 0.03 °C. The shortage of fresh water is becoming the main problem of providing the world's population. Therefore, we propose to use special hydro sorbents in the cultivation of agricultural crops on the rain-fed farming and in irrigation (hydrogels). It is known that they are able to accumulate soil moisture in excess, and when it decreases, transfer it to plants through the root system. The greatest efficiency is achieved when using hydrogels enriched with fertilizers and trace elements when they are introduced into the row area during sowing and planting of seed material. The research was carried out on barley of the «Ergenensky-2» variety, soy «Volgogradka-2», and potatoes «Gulliver» in the rain and irrigation. A family of machines protected by patents for inventions has been developed for planting and sowing seeds. **Object.** The object of the study was the technology of sowing and planting seeds of vegetable, grain and leguminous crops and potatoes with the introduction of enriched hydrogel into the zone of the row by specially designed machines. **Materials and methods.** The research was carried out at the experimental sites of VNIIOZ and VolGAU on irrigation and in rain-fed conditions during the cultivation of barley of the «Yevgenevsky-2» variety, soy «Volgogradka-2», as well as potatoes of the «Gulliver» variety. An upgraded seeder SZ-3.6 was used for sowing barley; soybean seeds were sown with a converted seeder SUPN-8.0, and potato planting was carried out with a potato planter CH-4B with the installation of appropriate equipment on it. **Results and conclusions.** When cultivating agricultural crops using standard technologies of sowing and planting seeds in the rainwater and in irrigation, water consumption during irrigation is unreasonably increased, and yields on the rainwater are reduced compared to the technology of using hydrogel. At the same time, it is proved that the yield of crops, in particular barley «Ergeninsky-2», increases by 31.3% on rain-fed farming, and water consumption during irrigation, for example potatoes, decreases by 12...17%. For comparison, the yield of barley on rain-fed farming, when sown without hydrogel did not exceed 2.17 t/ha, and when using enriched hydrogel – 2.85 t/ha. When irrigating potatoes, the irrigation rate was 3,900 m³/ha at the control, 3,300 m³/ha when using enriched hydrogel, it should be noted that the yield increased by 38.1% (21.6 t/ha at the control, 29.8 t/ha when using enriched hydrogel), and the commodity yield increased by 47.3% (from 19.2 t/ha under control, to 28.2 t/ha on enriched hydrogel). To obtain the presented results, a family of machines equipped with appropriate devices for supplying hydrogel and fertilizers was used.

Keywords: enriched hydrogel, modernized potato planters, grain seeders, seeds of row crops, resource-saving cultivation technologies.

Citation. Tseplyaev A. N. Resource-saving technologies and tools in the cultivation of crops with enriched hydrogel on rain-fed farming and in irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 360-369 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-41.

Author's contribution. The author of the study were directly involved in planning, conducting the experiment and analyzing the results obtained. The author of this article have read the final version and approved it.

Conflict of interest. The author declare no conflicts of interest.

УДК 631:67:633.853.52

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР С ОБОГАЩЕННЫМ ГИДРОГЕЛЕМ НА БОГАРЕ
И В ОРОШЕНИИ****Цепляев А. Н., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник***Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал
ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники» и мелиорации имени А. Н. Костякова»
г. Волгоград, Российская Федерация*

Актуальность. В настоящее время большая часть ученых мирового уровня отмечает тенденцию глобального изменения климата. При этом динамика увеличения температур особенно заметна в последнее десятилетие. В целом на планете температура с 2010 года по 2021 г выросла на 0,05 °С по сравнению с предыдущим десятилетием на 0,03 °С. Дефицит пресной воды становится основной проблемой обеспечения населения планеты. Поэтому нами предлагается использовать при выращивании сельскохозяйственных культур на богаре и в орошении специальные гидросорбенты (гидрогели). Известно, что они способны накапливать почвенную влагу при ее избытке, а при снижении – передавать растениям через корневую систему. Наибольшая эффективность достигается при применении гидрогелей, обогащенных удобрениями и микроэлементами с внесением их в зону рядка при посеве и посадке семенного материала. Исследования проводились на ячмене сорта «Ергененский-2», сое «Волгоградка-2» и картофеле «Гулливёр» на богаре и в орошении. Для проведения посадки и посева семян разработано семейство машин, защищенных патентами на изобретения. **Объект.** Объектом исследования служили технологии посева и посадки семян зерновых и зернобобовых культур, а также картофеля с внесением в зону рядка обогащенного гидрогеля специально разработанными машинами. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытных участках ВНИИОЗ и ВолГАУ на орошении и в богарных условиях при возделывании ячменя сорта «Ергененский-2», сои «Волгоградка-2», а также картофеля сорта «Гулливёр». Для посева ячменя применяли модернизированную сеялку СЗ-3,6, семена сои высевали переоборудованной сеялкой СУПН-8,0, а посадку картофеля проводили картофелесажалкой СН-4Б с монтажом на нее соответствующего оборудования. **Результаты и выводы.** При возделывании сельскохозяйственных культур по типовым технологиям посева и посадки семян на богаре и в орошении возможно сокращение расхода воды на единицу продукции за счёт повышения урожайности от применения различного типа гидрогелей. Доказано, что урожайность культур, в частности ячменя «Ергененский-2», на богаре возрастает на 31,3%, а расход воды при орошении, например картофеля, снижается на 12...17%. Для сравнения урожайность ячменя на богаре в посевах без гидрогеля не превышала 2,17 т/га, а с использованием обогащенного гидрогеля – 2,85 т/га. На участках с картофелем оросительная норма составляла: на контроле 3900 м³/га, при использовании обогащенного гидрогеля 3300 м³/га, следует отметить, что урожайность выросла на 38,1% (21,6 т/га на контроле, 29,8 т/га – на делянках с обогащенным гидрогелем), а товарный выход возрос на 47,3% (с 19,2 т/га – на контроле, до 28,2 т/га на обогащенном гидрогеле). Для получения представленных результатов применялось семейство машин, оборудованных соответствующими устройствами для подачи гидрогеля и удобрений.

Ключевые слова: обогащенный гидрогель, модернизированная картофелесажалка, сеялка зерновая, семена пропашных культур, ресурсосберегающие технологии возделывания.

Цитирование. Цепляев А. Н. Ресурсосберегающие технологии и средства при возделывании сельскохозяйственных культур с обогащенным гидрогелем на богаре и в орошении. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 360-369. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-41.

Авторский вклад. Автор проведенного исследования принимал непосредственное участие в планировании, проведении эксперимента и анализе полученных результатов. Автор данной статьи ознакомлен с окончательным её вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. При возделывании сельскохозяйственных культур в засушливых зонах Волгоградской, Астраханской областей и республике Калмыкия наиболее острым остается вопрос сохранения влаги. В последнее десятилетие наблюдается явная тенденция к повышению температур в глобальном масштабе, что, безусловно, будет способствовать всё более частому наступлению засух [1, 2]. Поэтому возникает потребность в материалах, способных накапливать и удерживать влагу при её избытке в почве (в осенний и зимний периоды), а в последующем – передаче корням растений в период наступления засухи. Технологически такие условия может обеспечить специальный гидрогель [2, 3, 4]. Он спо-

собен накапливать влагу, увеличиваясь в объеме и это накопление, в зависимости от абсорбционных возможностей, может достигать до 1000 мл на 1 грамм вещества [5, 6]. Чаще всего в сельском хозяйстве используют гидрогели с характеристиками 1:200, 1:300, 1 г вещества абсорбирует 200-300 мл воды [6, 7]. Естественно, чем выше абсорбционная способность, тем дороже стоит гидрогель. Следует отметить, что вещество это дорогостоящее и цена за 1 кг может составлять 600 рублей. Наибольшая эффективность гидрогеля достигается при его подаче вместе с удобрениями [7, 8].

В богарных условиях внесение гидрогеля в корнеобитаемый слой без удобрений (0,10...0,12 м) в поздний весенний период имел малую отдачу, поскольку объемов влаги не достаточно для полного его насыщения. Более выгодным было внесение его на глубину 0,20...0,22 м (зерновые – озимая пшеница). В этом случае растения получают дополнительное питание на достаточно длительный период. Для рационального использования гидрогеля и удобрений их необходимо вносить ниже дна посевной (посадочной бороздки) на глубину от 0,05 м – для семян сои и ячменя, до 0,15 м – под картофель. [9,10]. Наиболее рациональным следует считать локальное внесение – только в зону рядка, что позволяет достичь максимального эффекта от применения обогащенного гидрогеля. Однако машин способных обеспечить такую посадку или посев, производством не выпускается. Поэтому нами предлагаются различные сельскохозяйственные орудия, разработанные и защищённые патентами на изобретения.

Цели при использовании гидрогеля на богаре и в орошении различны: для богары она состоит в том, чтобы накопленная влага способствовала возможному увеличению периода ее подачи к корням растений, что способствовало бы снижению отрицательного воздействия на растение в период засухи. При орошении цель заключается в экономии оросительной воды и удобрений, что оказывает положительное действие не только на уменьшение объемов самих материалов, но и на снижение антропогенного воздействия на почву и способствует повышению урожайности.



Рисунок 1 – Общий вид зерновой сеялки, переоборудованной сошниками для посева семян ячменя с обогащенным гидрогелем (патент RU 2577370 C1)

Figure 1 – General view of a grain planter, converted with coulter for sowing barley seeds with enriched hydrogel (patent RU 2577370 C1)

Исходя из поставленных целей, для применения гидрогеля на богаре разработаны приспособления к зерновой сеялке в виде дополнительных бункеров под гидрогель, ёмкости для подачи жидких удобрений, а также полых ножей, по которым гидрогель направляют в почву ниже дна посевной борозды [9, 10]. Общий вид сеялки представлен на рисунке 1. Модернизированная сеялка использовалась для посева семян ячменя сорта «Ергенекский-2.».

В качестве жидких удобрений применяли Гумат калия. Он подавался в полость ножа для перемещения гидрогеля под давлением, которое составляло 0,3...0,5 Мпа. Расход удобрений составлял 200 л/га. Порошкообразные частицы гидрогеля насыщались Гуматом калия непосредственно в полости ножа, а также абсорбировали некоторую часть удобрений из почвы после подачи на дно борозды.

Для проверки действия гидрогеля на растения сравнивались опытные участки и контроль. По визуальным наблюдениям за развитием растений следует отметить, что динамика всходов при использовании гидрогеля была выше, чем на контроле, а урожайность увеличилась – до 2,9 т/га, против 2,1 т/га на контроле, что составило 38% прироста.

Соя, одна из основных культур, обеспечивающая растительным белком население страны. Основная часть площадей при возделывании сои размещается на орошении [11, 12]. При этом исследовались нормы посевов, сроки и другие факторы, влияющие на урожайность этой культуры [13]. В наших исследованиях изучалось влияние обогащенного удобрениями гидрогеля на продуктивность этой культуры.

Для посева семян сои за базовую машину была принята сеялка СУПН-8 (рисунки 2, 3). Усовершенствование заключалось в том, что на брус сеялки устанавливали дополнительные рабочие органы для гидрогеля, представляющие собой пустотелые вертикально закреплённые ножи-питатели. По их каналам в почву направлялся насыщенный гидрогель. Их положение изменялось в вертикальной плоскости, что позволяло регулировать глубину заделки гидрогеля. Для подачи жидких удобрений устанавливали дополнительную ёмкость с гидронасосом. В качестве удобрений использовали, как в предыдущем опыте – Гумат калия. Далее, процесс насыщения гидросорбента водой и удобрениями аналогичен ранее представленному описанию.



Рисунок 2 – Общий вид секции сеялки для посева семян сои на орошении (патент № RU 2789007 C1)
Figure 2 – General view of the section of the planter for sowing soybean seeds for irrigation
(patent № RU2789007C1)

При посеве сои на орошении наибольшая эффективность достигалась при внесении гидрогеля в дозах 100 кг/га одновременно с удобрениями. При этом экономия воды составила 600 м³/га, а урожайность в опыте возросла на 13,8%, что по сравнению с контролем составила 3,17 т/га при 2,78 на контроле.



Рисунок 3 – Общий вид секции сеялки для посева семян сои с подачей насыщенного гидрогеля (патент № RU 2748807 C1)

Figure 3 – General view of the section of the seed drill for sowing soybean seeds with the supply of saturated hydrogel (patent № RU2748807C1)

Наиболее важные, на наш взгляд, исследования относятся к определению эффективности применения обогащенного гидрогеля в посадках картофеля.

Важность решения указанного вопроса объясняется потребностью картофеля, являющегося для россиян «вторым хлебом».

В качестве основной машины для посадки картофеля использовалась картофеле-сажалка СН-4Б.



Рисунок 4 – Общий вид модернизированной картофелесажалки (патент № RU 2798920 C1)

Figure 4 – General view of the upgraded potato planter (patent № RU2798920C1)

Принцип её переоборудования остался неизменным, как и для ранее представленных машин. Однако при этом, в отличии от сеялок, изменена конструкция ножа. В нижней части его полости под углом установлена текстолитовая пластина с низким коэффициентом трения, по которой обогащенные гранулы гидрогеля подавались в полость смешивания с удобрениями и распределения по полосе рядка шириной 0,12 м. Для образования этой полости полый нож заканчивался специальным наконечником в виде узкой стрелчатой лапы 0,12 м по концам крыльев. Такая конструкция улучшает смешивание и распределение продукта по ширине лунок с картофелем (рисунок 4).

Конструкция позволяет изменять норму внесения гидрогеля от 100 кг/га до 500 кг/га, для этого используется механизм вариатора, обеспечивающий любую норму подачи, подобное устройство установлено для подачи сухих удобрений. При необходимости, бункер для сухих удобрений может демонтироваться, а вместо него предусмотрена ёмкость для жидких удобрений с соответствующим гидрооборудованием.

При посадке картофеля сорта «Гулливёр» вносили обогащенные гидрогели двух типов «Аквасин» и «Акрилекс» в различных дозах. Из удобрений применяли нитроаммофоску. Наибольший эффект был получен при внесении «Акрилекса» в дозе 250 кг/га вместе с удобрениями в дозе 450 кг/га. Полив проводился дождевальными машинами «Valley» с нормой 300 м³/га, при 80% НВ. На контроле проведено 14 поливов (4200 м³/га), в опыте 12 поливов (3600 м³/га), т.е. снижение оросительной нормы на 600 м³/га. Урожайность картофеля составила на контроле – 21,6 т/га, в опыте 29,8 т/га, т.е. повышение на 37,9%.

Один из наиболее важных показателей является «Динамика изменения влажности почвы». Ее показатели представлены на рисунках 5а,б в виде графиков (рисунок 5а – изменение показателей влажности на контроле, рисунок 5б – изменение показателей влажности при использовании обогащенного гидрогеля (факторы АВ, где А – дозы гидрогеля, Б – удобрение)).

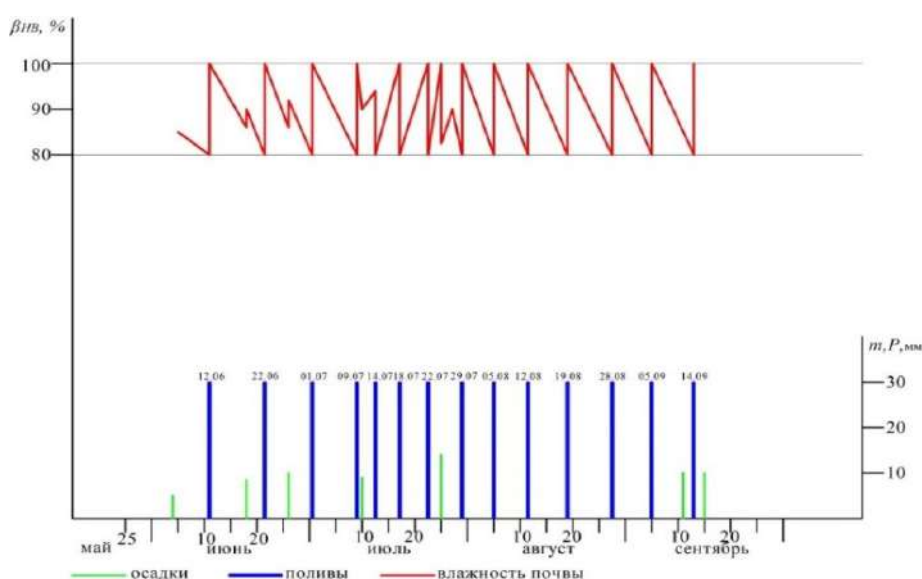


Рисунок 5а – Изменение показателей влажности на контроле
Figure 5a – Changes in humidity indicator sat the control

На графиках по оси абсцисс представлены календарные сроки количество поливов, а также сроки выпадения атмосферных осадков. По оси ординат – поливная норма (300 м³/га), объемы атмосферных осадков, а в верхней части – изменение влажности почвы в пределах от 100% до 80% НВ предполивного порога влажности. Сравнивая динамику изменения влажности необходимо отметить, что ее снижение после полного (100%) насыщения почвы выглядит на графике с обогащенным гидрогелем более плавной снижающейся линии по сравнению с контролем. Это заметно в наиболее жаркий период (июнь, июль месяцы), когда температура доходила до +40 °С в тени. Кроме этого, количество поливов за сезон, при использовании обогащенного гидрогеля сократилось на два. Еще одним важным показате-

лем, следует считать снижение стресса растений при высокой частоте поливов, а также более рациональное использование удобрений, растворенных в воде и удерживаемых в массе гидрогеля с последующим их поглощением корнями растений. Таким образом, за сезон поливная норма уменьшилась, на $600 \text{ м}^3/\text{га}$, а количество поливов на участках с обогащенным гидрогелем сократилось на 2 (14 – на контроле, 12 – при использовании гидрогеля). Дополнительный полив в августе месяце объясняется повышением урожайности по сравнению с контролем.

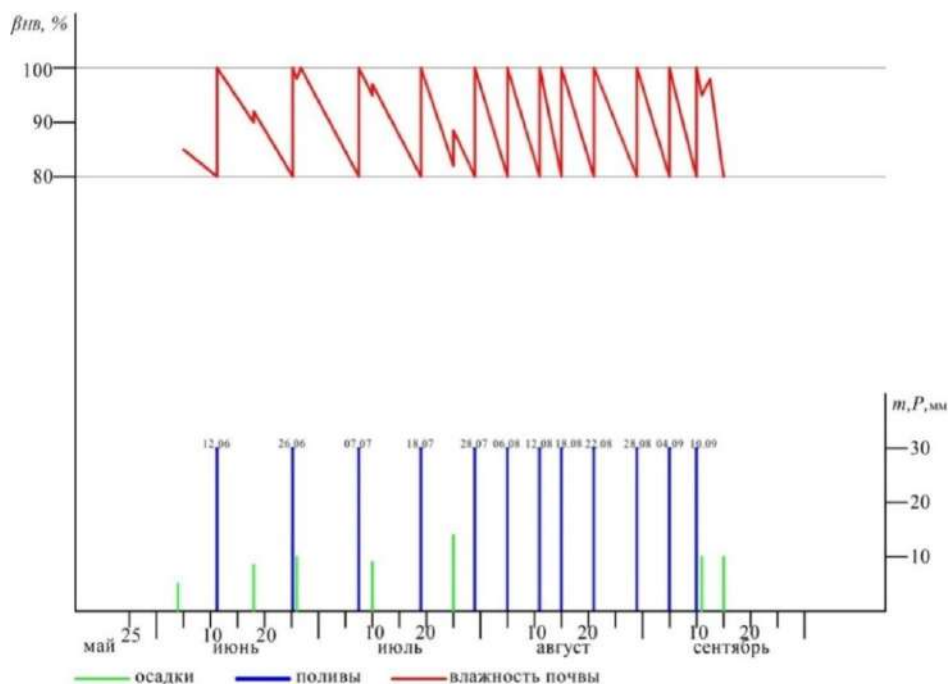


Рисунок 5б – Изменение показателей влажности при внесении гидрогеля
Figure 5b – Changes in humidity indicators when applying hydrogel

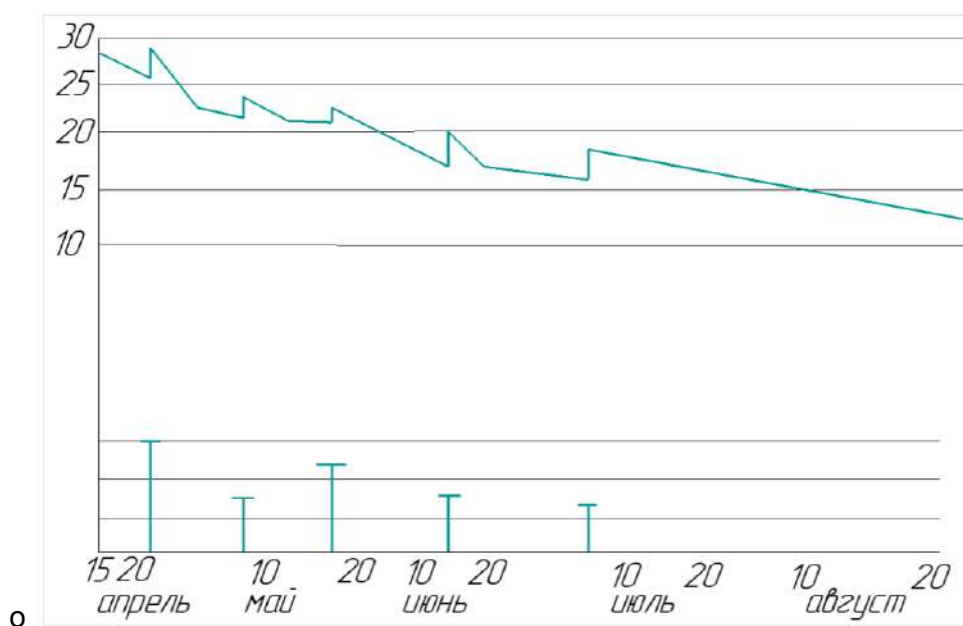


Рисунок 6а – Динамика изменения влажности почвы при возделывании ячменя «Ергененский-2» на богаре (контроль)
Figure 6a – Dynamics of changes in soil moisture during the cultivation of «Ergeninsky-2» barley on rain-fed farming (control)

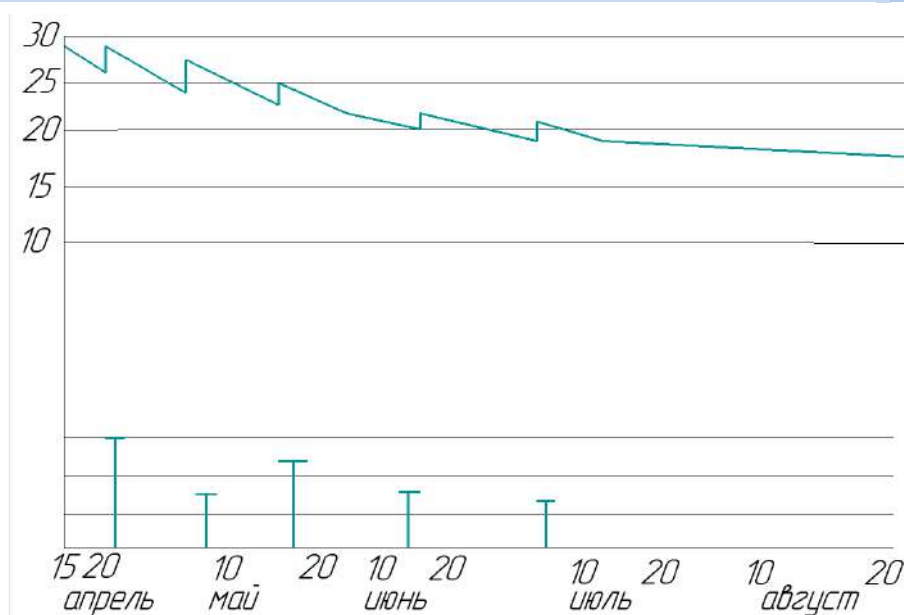


Рисунок 6б – Динамика изменения влажности почвы при возделывании ячменя «Ергененский-2» на богаре с обогащенным гидрогелем

Figure 6b – Dynamics of changes in soil moisture during cultivation of «Ergeninsky-2» barley on rain-fed farming with enriched hydrogel

Исследования по использованию обогащенного гидрогеля на богаре в посевах ячменя сорта «Ергененский-2», указывают на его высокую эффективность. Он способен накапливать влагу из почвы (при атмосферных осадках) на 4,0...5,0% выше, чем на контроле, а затем более длительный период (в 2,0 раза дольше, чем на контроле) отдавать её растениям через корневую систему. Урожайность при возделывании ячменя выросла на 0,68 т/га.

На графиках рисунков 5, 6 представлена динамика изменения абсолютной влажности при возделывании ячменя сорта «Ергененский-2» на богаре.

По оси абсцисс показано календарное время сезона от посева семян ячменя до его уборки, а также даты атмосферных осадков, а по оси ординат их количество в мм.

Динамика изменения влажности почвы на контроле и при использовании, обогащенного Гуматом калия, гидрогеля. Сравнивая указанные графики следует отметить, что общий тренд кривых изменения влажности почвы на контроле и участках посева с гидрогелем остается примерно одинаковым. При этом в период выпадения атмосферных осадков (22.04.2022) количеством 11 мм в течение 4...5 часов влажность почвы повысилась – на 2,5%, достигнув 30% от начала измерения (15.04.2022). Далее на контроле она снижалась – до 24,7% в течение 9 суток, а при использовании насыщенного гидрогеля тот же процесс продолжался, практически, 18 суток, т.е. влага удерживалась более длительный период (в 2 раза), по сравнению с контролем. Последующие периоды после атмосферных осадков подтверждают указанную тенденцию, что улучшает состояние растений, обеспечивает более равномерное их питание, динамику развития и способствует получению более высокого урожая. Следует учесть, что выпадение атмосферных осадков 22.05.2022 г. в количестве 8 мм в короткий период (около 45...50 мин.) в виде ливня способствовал подъему влажности на контроле на 2,7% в опытах с гидрогелем на 5,0%, т.е. наличие гидрогеля в почве снизило смыв её верхнего слоя, что увеличило объём накопленной влаги, это улучшило структурность почвы из-за присутствия гидросорбентов.

При уборке ячменя в первых числах августа (03.08...05.08.2022) влажность почвы составляла на контроле – 13,6%, в опытах – 17,7%, т.е. практически была на 4,0% выше при НСР=0,5%. Следовательно, гидросорбент, внесенный в почву одновременно с удобрениями, способствует повышенному процентному содержанию влаги и более равномерному её распределению по срокам.

Закключение. В условиях глобального потепления, на которое обращают внимание известные ученые-климатологи все больше внимания уделяют экономии пресной воды, особенно при выращивании сельскохозяйственных культур на орошении. Снижение затрат оросительной воды при возделывании картофеля и сои на орошении и расхода почвенной влаги при выращивании ячменя на богаре достигается применением обогащенного удобрениями гидрогеля. Для внесения обогащенного гидрогеля в зону рядка при посеве и посадке семян сельскохозяйственных культур разработано семейство посевных и посадочных машин, защищенных патентами на изобретение. Машины способны подавать обогащенный гидрогель в зону рядка одновременно с посевом семян. Из результатов исследований следует, что при возделывании картофеля и сои на орошении расход поливной воды уменьшился на 600 м³/га, а урожайность картофеля выросла на 37,9% (21,6 т/га – на контроле, 29,8 т/га в опыте) на сое – на 13,8% (контроль-2,78; опыт-3,17). Урожайность ячменя «Ергененский-2» – на богаре составила: на контроле 2,1 т/га, при использовании обогащенного гидрогеля – 2,85 т/га, что на 31,3% больше.

Conclusions. In the context of global warming, which is being noticed by well-known climate scientists, more and more attention is being paid to saving freshwater, especially when growing agricultural crops under irrigation. To reduce the cost of irrigation water when cultivating potatoes and soybeans for irrigation and to reduce the consumption of soil moisture when growing barley in rain-fed farming, it is proposed to use a fertilizer-enriched hydrogel. To introduce enriched hydrogel into the row area during sowing and planting of agricultural seeds, a family of sowing and planting machines protected by patents for their invention has been developed. The machines are capable of feeding enriched hydrogel into the row area at the same time as sowing seeds. It follows from the research results that when cultivating potatoes and soybeans under irrigation, irrigation water consumption decreases by 600 m³/ha, while potato yield increased by 37.9% (21.6 t/ha – under control, 29.8 t/ha in the experiment) on soybeans – by 27.3%. The yield of barley "Ergheninsky-2" on rain-fed farming was 2.1 t/ha at the control, with the use of enriched hydrogel – 2.85 t/ha, which is 31.3% more.

Библиографический список

1. Rathore S. S., et al. Deficit Irrigation Scheduling and Superabsorbent Polymer- Hydrogel Enhance Seed Yield, Water Productivity and Economics of Indian Mustard Under Semi-Arid Ecologies. Irrigation and Drainage. 2019. № 68 (3). Pp. 531-541.
2. Ioannou A., et al. Advanced nanomaterials in agriculture under a changing climate: The way to the future. Environmental and Experimental Botany. 2020. № 176. Article number 104048.
3. Наумов П. В., Щербакова Л. Ф., Околенова А. А. Оптимизация влагообеспеченности почв с помощью полимерных гидрогелей. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2011. № 4. С. 1-5.
4. Годунова Е. И., Шкабарда С. Н., Гундырин В. Н. Использование гидрогеля и влагообеспеченность культур в зоне неустойчивого увлажнения Ставрополья. Земледелие. 2014. № 6. С. 37-38.
5. Агафонов О. М., Ревенко В. Ю. Возможности полимерного гидрогеля как накопителя почвенной влаги в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017. № 10. С. 35-38.
6. Цепляев А. Н., Куприянов А. А., Непокрытый Р. А. Ресурсосберегающая технология возделывания картофеля с гидросорбентами на орошении. Мелиорация и водное хозяйство – основа продовольственной и экологической безопасности. 2024. С. 27-32.
7. Ревенко В. Ю., Агафонов О. М. Использование гидрогелей в растениеводстве. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 11-2. С. 59-65.
8. Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А. Возделывание картофеля с использованием влагосберегающих полимеров. Техника и технологии АПК. 2015. № 1. С. 15-18.
9. Цепляев А. Н. Теоретическое обоснование параметров машины. для посадки картофеля с гидрогелем на орошении. Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 499-507.
10. Цепляев В. А., Магомедов А. М. Условия размещения пят сошника на разработанной секции сеялки при посеве семян сои. Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 430-443.
11. Юркова, Р. Е., Докучаева Л. М. Современное состояние производства сои в России. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 2 (74). С. 8-13.
12. Балакай Г. Т. Особенности технологии возделывания сои на орошаемых землях юга России. http://www.infotechno.ru/ros-soya2014/dok_ba-lakay2014.php.
13. Толоконников В. В., Вронская Л. В., Кошкарлова Т. С. Влияние норм посева на продуктивность сои с различными сроками созревания в условиях орошения. Орошаемое земледелие. 2022. № 3. С. 21-24.

References

1. Rathore S. S., et al. Deficit Irrigation Scheduling and Superabsorbent Polymer- Hydrogel Enhance Seed Yield, Water Productivity and Economics of Indian Mustard Under Semi-Arid Ecologies. Irrigation and Drainage. 2019. № 68 (3). Pp. 531-541.
2. Ioannou A., et al. Advanced nanomaterials in agriculture under a changing climate: The way to the future. Environmental and Experimental Botany. 2020. № 176. Article number 104048.

3. Naumov P. V., Shcherbakova L. F., Okolelova A. A. Optimization of soil moisture supply using polymer hydrogels. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex. 2011. № 4. Pp. 1-5.
4. Godunova E. I., Shkabarda S. N., Gundyryin V. N. Hydrogel Use and Moisture Supply of Crops in the Zone of Unstable Moisture in the Stavropol Territory. Agriculture. 2014. № 6. Pp. 37-38.
5. Agafonov O. M., Revenko V. Y. Possibilities of Polymer Hydrogel as a Soil Moisture Accumulator in the Zone of Unstable Moisture in the Krasnodar Region. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2017. № 10. Pp. 35-38.
6. Tseplyaev A. N., Kupriyanov A. A., Nepokritanyy R. A. Resource-saving technology of potato cultivation with hydro sorbents on irrigation. Land reclamation and water management are the basis of food and environmental security. 2024. Pp. 27-32.
7. Revenko V. Yu., Agafonov O. M. Use of hydrogels in plant production. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2018. № 11-2. Pp. 59-65.
8. Starovoytov V. I., Starovoitova O. A., Manokhina A. A. Cultivation of potatoes using moisture-saving polymers. Equipment and technologies of the agro-industrial complex. 2015. № 1. Pp. 15-18.
9. Tseplyaev A. N. Theoretical justification of machine parameters for planting potatoes with hydrogel on irrigation. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 2 (70). Pp. 499-507.
10. Tseplyaev V. A., Magomedov A. M. Conditions for the placement of coulter heels on the developed section of the seeder when sowing soybean seeds. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 2 (66). Pp. 430-443.
11. Yurkova, R. E., Dokuchaeva L. M. Current state of soybean production in Russia. Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2019. № 2 (74). Pp. 8-13.
12. Balakay G. T. Features of the technology of soybean cultivation on irrigated lands of the south of Russia. http://www.infotechno.ru/ros-soya2014/dok_balakay2014.php.
13. Tolokonnikov V. V., Vronskaya L. V., Koshkarova T. S. Influence of sowing rates on soybean productivity with different ripening periods under irrigation conditions. Irrigated agriculture. 2022. № 3. Pp. 21-24.

Информация об авторе

Цепляев Алексей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»), (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), e-mail: can_volgau@mail.ru

Author's Information

Tseplyaev Aleksey Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, leading researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), e-mail: can_volgau@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-42

RESERVES OF THE RAW MATERIAL BASE OF RECLAMATION CONSTRUCTION¹Vasilyeva E. V., ²Fedorov V. M.¹South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov²Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute-branch A. K. Kortunov of the Don State Agrarian University
Novocherkassk, Russian Federation

Corresponding author E-mail: karalenka5@yandex.ru

Received 08.07.2024

Submitted 24.09.2024

Summary

The authors of the article obtained a polynomial model of the 2nd order, determined the optimal dosage (2.5-3.0%) of the FSR diluent added to the concrete mixture.

Abstract

Introduction. Reclamation construction, along with other types of construction, refers to a material-intensive industry that requires the extraction, processing and transportation of large amounts of mineral raw materials. A significant part of it is used for the production of concrete and concrete works. Half of the total cost of concrete, including the cost of its manufacture, is the cost of fillers. In the total cost of raw materials for concrete, the share of fillers reaches 70%. Contrary to popular belief, the most expensive part of the concrete mix is not cement, but ordinary aggregates – sand and gravel or gravel. Aggregates for concrete are consumed 5-7 times more than the cement. At the same time, the general trend in concrete technology is such that the consumption of cement in the concrete mixture decreases, and the consumption of aggregates increases accordingly. In a number of regions, aggregates are delivered to the place of consumption hundreds of kilometers from the place of their extraction and processing, since aggregates that fully meet regulatory requirements are extremely uneven in the country, which is why they have to be imported to many areas from afar with appropriate costs. Therefore, the most realistic ways to reduce the cost of aggregates is to fully expand the use of local non-conventional stone materials for the production of concrete

and concrete works and thereby expand the raw material base of construction. **Object.** The object of the study is prefabricated elements of reclamation systems. **Materials and methods.** To solve the formulation and technological problems, the methods of the theory of experimental design were used, followed by the construction of a geometric image of the response function. M500 cement (Oktyabr plant, Novorossiysk, Krasnodar Territory), crushed limestone with a grain size of 5-20 mm (Zhiron settlement, Rostov region) with dusty and clay inclusions of over 2%, as well as a secondary product of carbonate rock processing were used as components of the mixture for research (limestone) into crushed stone - screening of crushing fractions of 0-5 mm, containing over 15% of pulverized and clay particles $M_{kr} = 3.50$. The following conditions were met: 1. The sum of cement costs and crushing screening is 1000 kg/m^3 2. The amount of crushed stone is 1220 kg/m^3 . Concrete mixtures on such aggregates are sedentary, which makes it difficult to mix them, as well as formability and compaction during vibration, which has a negative effect on the quality of concrete and the reliability of concrete (reinforced concrete) elements. In this regard, to compensate for the negative effect of ordinary carbonate aggregates on the properties of concrete and the reliability of prefabricated elements, it is proposed to add to the concrete mixture a by-product of alcohol production - pentaerythritol in the form of a formate-alcohol component (liquidizer FSR), which is an aqueous solution of 50% concentration of sodium formate, syrup-forming substances and poly alcohols - monopentaerythritol and polypentaerythritol. Concrete cubes with an edge of 100 mm were made from the prepared mixtures on a vibrating sealing table, which were then placed in a laboratory steaming chamber for accelerated strength gain and subsequent standard tests. **Results and conclusion.** Research has established the effectiveness of using inexpensive carbonate aggregates in the production of concrete elements of reclamation systems. It follows from the obtained data that, despite the increased (over 15%) content of polluting pulverized and clay particles, the strength of concrete after heat and moisture treatment was 50-60 MPa. This became possible due to the addition of a formate-alcohol component (FSR diluent) to the concrete mixture, which is an aqueous solution of 50% concentration of sodium phosphate, syrup-forming substances and poly alcohols. A polynomial model of the 2nd order was obtained, the optimal dosage (2.5-3.0%) of the FSR diluent added to the concrete mixture was determined. Local construction organizations do not need to purchase high-quality crushed stone and sand that fully meet regulatory requirements, take them to the place of consumption from afar and pay a high price for delivery. After appropriate research, inexpensive local aggregates (crushed stone, crushing screening) of other deposits (quartzite, dolomite, shell rock, etc.) can also be used for the production of concrete and reinforced concrete without additional "refinement", while builders should be given comprehensive recommendations by which techniques, means, materials local aggregates can be brought to application in the production of concrete and concrete works. The results of the conducted research have revealed the possibility of expanding the raw material base for the production of high-strength concrete (reinforced concrete) elements of reclamation systems through the use of inexpensive local carbonate aggregates in concrete with an increased (excess) content of polluting particles.

Keywords: reclamation construction, mineral raw materials, cost of concrete, concrete aggregates, concrete mixtures, properties of concrete.

Citation. Vasilyeva E. V., Fedorov V. M. Reserves of the raw material base of reclamation construction. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 369-382 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-42.

Author's contribution. These authors of this study were directly involved in the formulation of the problem, the planning of the study, the analysis, the presentation of conclusions and the preparation of proposals to production. The authors of this article have read and approved the final version of the article.

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

УДК 666. 97(075.8)

РЕЗЕРВЫ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ МЕЛИОРАТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

¹Васильева Е. В., кандидат технических наук, доцент

²Федоров В. М., доктор технических наук, профессор

¹Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М. И. Платова

²Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А. К. Кортунова – филиал

Донского государственного аграрного университета

г. Новочеркасск, Российская Федерация

Актуальность. Мелиоративное строительство наряду с другими видами строительства относится к материалоемкой отрасли производства, предусматривающей добычу, переработку и транспортировку значительных объемов сырьевых материалов. Существенная их часть используется для производства бетона и бетонных работ. Половины всей стоимости бетона, включая затраты на его изготовление, составляет стоимость заполнителей. В общих же расходах на исходные компоненты для бетонной смеси траты на песок и щебень (или гравий) составляют около 70%. Вопреки расхожим представлениям, самой дорогостоящей частью бетонной смеси является не цемент, а

обычные заполнители – песок и щебень или гравий. Заполнителей для бетона потребляется в 5-7 раз больше, чем цемента. При этом общая тенденция в технологии бетона такова, что расход цемента в бетонной смеси снижается, а расход заполнителей, соответственно, возрастает. В ряде регионов заполнители доставляются к месту потребления за сотни километров от места их камнедобычи и переработки, поскольку в наших регионах в полной мере соответствующие показателям нормативных документов заполнители размещены не повсеместно, поэтому и доставлять их в большую часть районов приходится из отдаленных местностей с дополнительными транспортными расходами. В связи с этим самым реалистичным способом снижения стоимости заполнителей является всемерный рост использования каменных материалов местного происхождения в производстве бетона и бетонных работ и расширение, тем самым, базы минерального сырья не только для мелиоративного, но и для других видов строительства. **Объект.** Объектом исследований являются бетонные элементы для мелиоративного строительства, изготовленные с использованием каменных материалов местного происхождения. **Материалы и методы.** Разрешение рецептурных вопросов технологического характера основывалось на современных методах математической теории планирования эксперимента, регрессионном и статистическом анализе с дальнейшим построением графической интерпретации полученной математической модели. В ходе проводимых исследований компонентами бетонной смеси были – Новороссийский портландцемент марки 500 завода “Октябрь”, известняковый щебень крупностью от 5 до 20 мм Жирновского месторождения в Ростовской области, содержащий загрязняющих пылевато-глинистых примесей более 2-х процентов, отход камнедробления известняка Жирновского месторождения – отсев дробления, крупностью от 0 до 5 мм, включающий более 15 процентов определяемых отмучиванием загрязняющих пылевато-глинистых примесей и имеющий модуль крупности порядка 3,5. При назначении по плану составов бетонной смеси суммарное количество цемента и отхода камнедробления составляло 1000 кг/м^3 , а щебня – 1220 кг/м^3 . Особенностью бетонных смесей на выбранных заполнителях является их малая подвижность, осложняющая смешивание компонентов бетонной смеси и уплотняемость при формировании на вибростоле, что неблагоприятно сказывается на качестве и надежности элементов и деталей из бетона (железобетона). Поэтому для компенсации негативно влияющих заурядных заполнителей из карбонатных пород на строительно-технические и эксплуатационные показатели бетона и долговечность бетонных (железобетонных) конструкций рекомендовано использовать в составе бетонных смесей формиатно-спиртовой разжижитель (ФСР), являющийся вторичным продуктом при изготовлении спирта пентаэритрита. ФСР доставляется потребителям в виде водного раствора 50-ти процентной концентрации из формиата натрия, сиропообразных веществ и полиспиртов. После приготовления бетонных смесей, на лабораторной виброплощадке производили формирование образцов кубов размером $100 \times 100 \times 100 \text{ мм}$, которые позже помещались в специальную камеру для пропарки с целью быстрого набора прочностных показателей и дальнейших лабораторных исследований. **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований выявлена целесообразность использования сравнительно дешевых заполнителей из карбонатных пород местного происхождения при изготовлении бетонных и железобетонных деталей (изделий) для мелиоративного строительства. Полученные результаты свидетельствуют о том, что, невзирая на чрезмерное (более 15%) количество загрязняющих пылевато-глинистых примесей, максимальные показатели прочности бетона на таких (заурядных, рядовых) заполнителях, после ускоренного набора прочности в специальных пропарочных камерах, составили 50-60 МПа. Это оказалось достижимым из-за введения в состав бетонной смеси формиатно-спиртового разжижителя (ФСР), являющегося вторичным продуктом при изготовлении спирта пентаэритрита. В виде математической модели результатов исследований, получено регрессионное уравнение второго порядка, установлено наиболее предпочтительное количество (от 2,5 до 3%) добавленного в бетонную смесь разжижителя ФСР. Важным является то, что местным строительным организациям незначен приобретать полностью удовлетворяющие нормативным требованиям дорогостоящие щебень и песок, везти их к месту потребления издалека и платить высокую цену за доставку. После проведения соответствующих исследований недорогие местные заполнители (щебень, отсев дробления) других месторождений (кварцита, доломита, ракушечника и др.) могут также без дополнительного “облагораживания” использоваться для производства бетона и железобетона. При этом строителям должны быть даны исчерпывающие рекомендации, путем каких приемов, средств, материалов, местные заполнители могут быть доведены до применения в изготовлении бетонных и железобетонных конструкций. Данные, полученные в результате выполненных экспериментальных исследований, позволили выявить дополнительные ресурсы сырьевых материалов для изготовления элементов и деталей высокой прочности из бетона и железобетона, с целью широкомасштабного их использования в мелиоративном строительстве, за счет потребления строительной индустрией заполнителей местного происхождения с высокой долей загрязняющих пылевато-глинистых примесей.

Ключевые слова: мелиоративное строительство, минеральное сырье, стоимость бетона, заполнители бетона, бетонные смеси, свойства бетона.

Цитирование. Васильева Е. В., Федоров В. М. Резервы сырьевой базы мелиоративного строительства. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 369-382. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-42.

Авторский вклад. Авторы данного исследования непосредственно участвовали в постановке проблемы, планировании исследования, анализе, в изложении выводов и подготовке предложений производству. Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный в окончательном виде вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Мелиоративное строительство, как и другие виды строительства, относится к материалоемкой отрасли производства, предусматривающей добычу, переработку и транспортировку значительных объемов сырьевых материалов [1-4]. Вместе с тем едва ли не везде есть запасы нерудных ископаемых, пока широко не востребованных в строительстве, из-за несоответствия их требованиям нормативных документов. Поэтому изучение возможности их использования для изготовления различных бетонов является важной исследовательской задачей.

Примерно половину всей стоимости бетона, включая затраты на его изготовление, составляет стоимость заполнителей. В общих же расходах на исходные компоненты для бетонной смеси траты на песок и щебень (или гравий) составляет около 70 процентов. Не смотря на достаточно популярные суждения, наиболее дорогими компонентами бетонной смеси являются заполнители (песок, щебень или гравий), а не цемент. Это вызвано рядом приведенных ниже факторов.

Во-первых, песка и щебня (гравия) для приготовления бетонной смеси потребляется приблизительно в пять-семь раз больше, чем цемента. Одновременно с этим, всеобщий тренд в производстве бетона таков, что расходование цемента в составах бетонных смесей снижается, а доля заполнителей в соответствии с этим увеличивается. Это вызвано развитием инновационных процессов в производстве бетона, применением жестких и особо жестких бетонных смесей, увеличением активности цемента, использованием суперпластификаторов и суперразжижителей, применением высокоэффективных комплексных добавок, разного рода наполнителей и др.

Во-вторых, по сравнению с производством цемента, издержки предприятий нерудных строительных материалов при изготовлении заполнителей, достаточно высоки из-за сравнительно низкого уровня производства.

В-третьих, траты на песок и щебень (гравий) для бетонной смеси весьма зависимы от транспортных издержек. Во многие регионы страны заполнители доставляются потребителям за сотни километров от места их камнедобычи и переработки, поскольку в наших регионах в полной мере соответствующие показателям нормативных документов заполнители размещены не повсеместно, поэтому и доставлять их в большую часть районов приходится из отдаленных местностей с дополнительными транспортными расходами. В связи с этим самым реалистичным способом снижения стоимости заполнителей является всемерный рост использования каменных материалов местного происхождения в производстве бетона и бетонных работ и расширение, тем самым, базы минерального сырья не только для мелиоративного, но и для других видов строительства [3-9].

На территории страны (таблица 1) есть запасы известняков, доломитов, известняков-ракушечников и других карбонатных пород. Твердые карбонатные породы достаточно широко используются в качестве заполнителей при изготовлении бетона и производстве бетонных работ. Использование же местных карбонатных пород средней и низкой прочности пока еще ограничено, особенно в мелиоративном строительстве [10-14].

Карбонатными породами в широком смысле называют осадочные горные породы, состоящие в основном из кальцита – CaCO_3 , доломита – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, магнезита – MgCO_3 , сидерита – FeCO_3 и др. Свойства карбонатных пород колеблются в широких пределах и зависят не только от их состава, но и от особенностей происхождения и строения. Из всех разведанных и зарегистрированных на территории России месторождений каменных пород, свыше 50% приходится на долю карбонатных пород.

Таблица 1 – Разведанные на территории России запасы карбонатных пород
Table 1 – Explored reserves of carbonate rocks in Russia

Регионы России Regions of Russia	Количество месторождений / Number of deposits	Запасы, млн м ³ / Reserves, mln. m ³	В % к общему запасу каменных пород / In % of the total stock of rocks
Центральный / Central	251	1731,3	99,9
Северо-Западный / Северо-Западный	37	177,7	37,2
Волго-Вятский / Volga-Wjatka	27	122,7	100,0
Центрально-Черноземный / Central Chernozemnyi	38	439,9	98,5
Поволжский / Volga region	106	663,7	93,0
Северо-Кавказский / North Caucasian	49	279,0	40,8
Уральский / Ural	104	418,5	26,7
Западно-Сибирский / West Siberian	54	256,9	32,6
Восточно-Сибирский / East Siberian	81	597,4	38,6
Дальневосточный / Far Eastern	11	20,3	5,2
ВСЕГО: Total	758	4707,4	57,3

Материалы и методы. Жирновское месторождение карбонатных пород в Ростовской области достаточно широко используется в качестве производителя щебня. При переработке горных карбонатных пород в щебень образуется крупностью от 0 до 5 мм отсев камнедробления, который является побочным продуктом переработки и считается крупнотоннажным отходом производства. Отсевы дробления накапливают на открытых площадках горнодобывающих предприятий, вывозят в отвалы, часто даже в карьеры, что осложняет производство и наращивание объемов горных работ. Плотность и прочность горной породы, особенности технологического процесса производства, тип дробильно-сортировочного оборудования и перечень производимой продукции, являются решающими факторами, влияющими на выход (объем) отсева дробления при переработки горной породы в щебень. Повсеместное увеличение объемов строительства сопровождается и ростом объемов отсева на предприятиях нерудных строительных материалов. Ежегодно на 10-15% возрастают объемы отсева дробления исключительно за счет наращивания производства мелкого щебня и ограничений по содержанию в нем зерен пластинчатой и игольчатой формы.

В настоящее время строительный комплекс, в том числе предприятия стройиндустрии, испытывают острую потребность в среднем и крупном песке для мелкого заполнителя в составах строительных (бетонных, растворных) смесей. Казалось бы, использование отсева дробления могло бы решить проблему нехватки высококачественного природного песка. Но сверхнормативное (от 7,0-10,0% до 25,0-30,0%) содержание пылевато-глинистых примесей размером менее 0,16 мм, а также изломанная форма частиц отсева дробления, разодранная и шероховатостная их поверхность способствуют увеличению доли цемента в бетонных и растворных смесях и препятствуют пока их массовому использованию строительным комплексом.

Если же поработать над улучшением формы частиц отсева, уменьшением в нем количества пылевато-глинистых примесей и разделением отсева на фракции, то появиться возможность решить не только проблему нехватки высококачественного (среднего, крупного) песка, но и обеспечить дополнительные объемы щебня и наполнителя для разнообразных материалов, изделий и конструкций. Разумеется, понадобится для решения этих задач дорогое промышленное техоборудование и немалые денежные ресурсы, что отразится на подорожании заполнителей и себестоимости производимых изделий и конструкций.

Далее, на примере мелкого заполнителя (отсева дробления) и крупного щебня, размером от 5 до 20 мм, полученных из обыкновенных пород известняка Жирновского месторождения, не прибегая в ходе производства к повышающему показателю качества заполнителя специальному технологическому оборудованию, продемонстрирована не только реальная возможность, но и высокую эффективность обычных рядовых заполнителей при использовании их в составе тяжелого бетона, за счет применения в качестве дополнительного компонента смеси формиатно-спиртового разжижителя (ФСР), являющегося вторичным продуктом при изготовлении спирта пентаэритрита. ФСР доставляется потребителям в виде водного раствора 50-ти процентной концентрации из формиата натрия, сиропообразных веществ и полиспиртов [10, 13-16].

Для проведения экспериментальной проверки были использованы нижеприведенные компоненты бетонной смеси: Новороссийский портландцемент марки 500 завода “Октябрь”; известняковый щебень крупностью от 5 до 20 мм Жирновского месторождения (Ростовская область), содержащий загрязняющих пылевато-глинистых примесей более 2-х процентов, прочностью определяемой сдавливанием в цилиндре М 800, морозостойкостью F 50, пустотностью 45%; отход камнедробления известняка Жирновского месторождения – отсев дробления, крупностью от 0 до 5 мм, включающий более 15 процентов определяемых отмучиванием загрязняющих пылевато-глинистых примесей и имеющий модуль крупности около 3,5; добавка – формиатно-спиртовой разжижитель (ФСР), являющийся вторичным продуктом при изготовлении спирта пентаэритрита и представляющий собой водный раствор 50-ти % концентрации из формиата натрия, сиропообразных веществ и полиспиртов.

Разрешение рецептурных вопросов технологического характера основывалось на современных методах математической теории планирования эксперимента, регрессионном и статистическом анализе с дальнейшим вычерчиванием графической интерпретации полученной математической модели.

Результаты и обработка исследований, обсуждение. Условия кодировки и вариации факторов экспериментальных исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Кодирование и варьирование факторов
Table 2 – Coding and variation of factors

Наименование факторов / Name of factors	Кодированные значения / Coded values X_i	Основной уровень факторов / Basic Level of Factors X_0 , %	Интервал варьирования факторов / Factor Variation Interval ΔX_i	Нижний уровень факторов / Lower level of factors «-»	Верхний уровень факторов / Upper level of factors «+»
Цемент / Cement	X_1	450	250	200	700
ФСР / Formate Alcohol Diluent	X_2	2,5	1,5	1,0	4,0

План эксперимента в графическом толковании представлен на рисунке 1, а матрица и данные по выполняемым исследованиям приведены в таблице 3.

В соответствии с рисунком 1 точки реализуемого плана экспериментальных исследований находятся в вершинах шестиугольника, вычерченного в границах изменения факторов ± 1 в кодированном виде. Переход от кодированных значений факторов к натуральным и наоборот, просто осуществить графическим путем по соответствующим осям, что наряду с числом опытов предопределило выбор данного плана (рисунок 1). Результатов семи опытов (1 – в центре шестиугольника, 6 – в его вершинах) достаточно для определения неизвестных коэффициентов квадратичной математической модели [10, 16]:

$$\hat{y}_R = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{12} X_1 X_2, \quad (1)$$

где:

$$b_0 = (0y) - \sum_{i=1}^k(iiy); \quad b_i = 1/3(iy); \quad b_{ij} = 4/3(ijy);$$

$$b_{ii} = 2/3(iiy) + 5/6 \sum_{i=1}^k(iiy) - (0y) \quad (2)$$

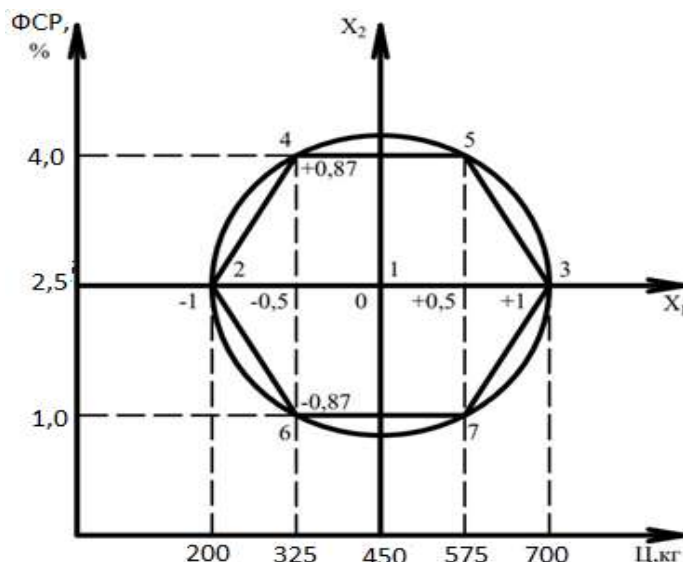


Рисунок 1 – План эксперимента на шестиугольнике
Figure 1 – Hexagon experiment design

Таблица 3 – Матрица планирования и условия эксперимента
Table 3 – Planning matrix and conditions of the experiment

Номер опыта / Experience Number	План / Plan		X_1^2	X_2^2	X_1X_2	Факторы / Factors	
	X_1	X_2				X_1 (Ц)	X_2 (ФСР)
1	0	0	0	0	0	450	2,5
2	-1	0	1	0	0	200	2,5
3	1	0	1	0	0	700	2,5
4	-0,5	0,87	0,25	0,75	-0,43	325	4,0
5	0,5	0,87	0,25	0,75	0,43	575	4,0
6	-0,5	-0,87	0,25	0,75	0,43	325	1,0
7	0,5	-0,87	0,25	0,75	-0,43	575	1,0

По формулам (2) вычислялись значения коэффициентов квадратичной математической модели, численные значения которых представлены ниже:

$$b_0 = 302,4 - (121,68 + 128,63) = 52,09;$$

$$b_1 = 76,95/3 = 25,65;$$

$$b_2 = 4,26/3 = 1,42;$$

$$b_{12} = 4/3(1,07) = 1,43;$$

$$b_{11} = 2/3(121,68) + 5/6(121,68 + 128,63) - 302,4 = -12,69;$$

$$b_{22} = 2/3(128,63) + 5/6(121,68 + 128,63) - 302,4 = -8,06.$$

Регрессионное уравнение, позволяющее произвести подсчет прочностных показателей бетона, полученных при испытании стандартных образцов-кубов на одноосное сжатие после ускоренной теплообработки, имеет следующий вид:

$$\hat{y}_R = 52,09 + 25,65X_1 + 1,42X_2 - 12,69X_1^2 - 8,06X_2^2 + 1,43X_1X_2. \quad (3)$$

Для регрессионного анализа квадратичного математического полинома (3) необходимо предварительно определить ошибку эксперимента и произвести подсчет ошибок коэффициентов уравнения регрессии. С учетом трехкратной повторности каждого опыта ошибка экспериментального исследования по воспроизводимости составила $S_{\text{эв}} = \sqrt{S_{\text{эв}}^2} = 0,62$.

Таблица 4 – Ошибки коэффициентов
Table 4 – Odds errors

b_m	b_0	b_i	b_{ii}	b_{ij}
T_i	1,0	0,577	1,224	1,155
$T_i \cdot S_{\text{эв}}$	0,62	0,358	0,759	0,716
$t \cdot T_i \cdot S_{\text{эв}}$	1,092	0,630	1,336	1,261

Таблица 5 – Регрессионный анализ модели
Table 5 – Regression analysis of the model

b_m	Начальная модель / Initial model	$b_{кр}$	Конечная модель / Final model	ijy	$b_{ij}(ijy)$
b_0	52,09	1,092	52,09	302,4	15752,02
b_1	25,65	0,630	25,65	76,95	1973,77
b_2	1,42	0,630	1,42	4,26	6,05
b_{11}	-12,69	1,336	-12,69	121,68	-1544,12
b_{22}	-8,06	1,336	-8,06	128,63	-1036,76
b_{12}	1,43	1,261	1,43	1,07	1,53

Сумма квадратов $SS_{\text{мод}}$ и SS :

$$SS_{\text{мод}} = 15152,49;$$

$$SS_{\text{эв}} = 5,32.$$

$$SS = SS_{\text{мод}} + SS_{\text{эв}} = 15157,81.$$

Выполним проверку адекватности математической модели при риске $\alpha = 0,05$, и числе степеней свободы $f_{\text{на}} = 7 - 6 = 1$ и $f_{\text{э}} = N(n-1) = 14$. Сумма квадратов $SS_{\text{на}}$:

$$SS_{\text{на}} = (yy) - (SS_{\text{мод}} + SS_{\text{эв}}) = 15158,94 - (15152,49 + 5,32) = 1,13.$$

Дисперсия неадекватности $S_{\text{на}}^2$ и критерий Фишера, соответственно:

$$S_{\text{на}}^2 = SS_{\text{на}} / f_{\text{на}} = 1,13 / (7-6) = 1,13 ,$$

$$F_a = 2,97 < F_T = 4,62.$$

Следовательно, можно предположить, что регрессионное уравнение (4), являясь математической моделью результатов исследований, с риском $\alpha = 0,05$ адекватно отражает результаты экспериментального исследования:

$$\hat{y}_R = 52,09 + 25,65X_1 + 1,42X_2 - 12,69X_1^2 - 8,06X_2^2 + 1,43X_1X_2. \quad (4)$$

Выявим тип и построим геометрический образ полученной математической модели с целью последующего ее анализа. Для этого используем общую теорию линий и поверхностей второго порядка [10,16], учитывая:

$$b_0 - y = a_0; \quad b_{ij} = 2a_{ij}; \quad b_i = 2a_i; \quad b_{ii} = a_{ii}.$$

Для квадратичных форм инвариантами являются: сумма коэффициентов при квадратичных членах (S), определитель, образованный из коэффициентов при старших членах (δ), определитель 3-го порядка, составленный из всех коэффициентов (Δ):

$$S = b_{11} + b_{22} = -12,69 - 8,06 = -20,75; \quad (5)$$

$$\delta = \begin{vmatrix} b_{11} & 0,5b_{12} \\ 0,5b_{12} & b_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -12,69 & 0,72 \\ 0,72 & -8,06 \end{vmatrix} = 101,76; \quad (6)$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} b_{11} & 0,5b_{12} & 0,5b_1 \\ 0,5b_{12} & b_{22} & 0,5b_2 \\ 0,5b_1 & 0,5b_2 & b_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -12,69 & 0,72 & 12,83 \\ 0,72 & -8,06 & 0,71 \\ 12,83 & 0,71 & 52,09 \end{vmatrix} = 6647,21 \quad (7)$$

Принимая во внимание тот факт, что $\delta > 0$, $\Delta \neq 0$, $S\Delta < 0$, регрессионное уравнение (4) отображает поверхность отклика в виде эллипса.

С помощью инвариантов (5), (6), (7) воспроизведем уравнение (4) в подходящей для изучения и геометрической трактовки канонической форме:

$$\lambda_1 \bar{X}_1^2 + \lambda_2 \bar{X}_2^2 + C = 0 \quad (8)$$

Коэффициенты уравнения в канонической форме вычислим посредством использования инвариантов:

$$C = \frac{\Delta}{\delta} = \frac{6647,21}{101,76} = 65,32 \quad (9)$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{S}{2} \pm \sqrt{\frac{S^2}{4} - \delta} = -10,38 \pm 2,43; \quad (10)$$

$$\lambda_1 = -12,81; \quad \lambda_2 = -7,95.$$

Согласно геометрическим канонам, переход от регрессионного уравнения (4) к канонической форме уравнения (8), указывает на перенос начала координат в центр поверхности (кривой) и поворот их на определенный угол до совмещения с главными осями поверхности (кривой) второго порядка.

Учитывая (9) и (10), каноническую форму уравнения (4) получим в виде:

$$-12,81 \bar{X}_1^2 - 7,95 \bar{X}_2^2 + 65,32 = R_{ТВО}, \quad (11)$$

а координаты центра поверхности отклика вычислим по формулам:

$$\begin{aligned} \bar{X}_{01} &= \frac{\begin{vmatrix} -0,5b_1 & 0,5b_{12} \\ -0,5b_2 & b_{22} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} b_{11} & 0,5b_{12} \\ 0,5b_{12} & b_{22} \end{vmatrix}} = \frac{\begin{vmatrix} -12,83 & 0,72 \\ -0,71 & -8,06 \end{vmatrix}}{101,76} = \frac{103,92}{101,76} = 1,021, \\ \bar{X}_{02} &= \frac{\begin{vmatrix} b_{11} & -0,5b_1 \\ 0,5b_{12} & -0,5b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} b_{11} & 0,5b_{12} \\ 0,5b_{12} & b_{22} \end{vmatrix}} = \frac{\begin{vmatrix} -12,69 & -12,83 \\ 0,72 & -0,71 \end{vmatrix}}{101,76} = \frac{18,25}{101,76} = 0,179. \end{aligned} \quad (12)$$

Угол поворота новых осей относительно первоначальных, определить по ниже приведенной формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\lambda_1 - b_{11}}{0,5b_{12}} = \frac{-12,81 + 12,69}{0,72} = -0,167.$$

Используя каноническую форму (11), из нижеследующих соотношений определим полуоси эллипсов:

$$a = \sqrt{\frac{65,32 - R_{ТВО}}{12,81}}; \quad b = \sqrt{\frac{65,32 - R_{ТВО}}{7,95}}. \quad (13)$$

Для геометрического образа математической модели, задаваясь последовательно шагом $\Delta \hat{y}_R = 8,0$, получаем ряд сечений, изображения которых на факторной плоскости окажутся в виде эллипсов с полуосями, вычисляемыми по формулам (13): Для $R_{ТВО} = 65,0$;

$$a = \sqrt{\frac{65,32 - 65,0}{12,81}} = 0,158; \quad b = \sqrt{\frac{65,32 - 65,0}{7,95}} = 0,201;$$

$$\text{Для } R_{ТВО} = 57,0; \quad a = \sqrt{\frac{65,32 - 57,0}{12,81}} = 0,806; \quad b = \sqrt{\frac{65,32 - 57,0}{7,95}} = 1,023;$$

$$\text{Для } R_{ТВО} = 49,0; \quad a = \sqrt{\frac{65,32 - 49,0}{12,81}} = 1,129; \quad b = \sqrt{\frac{65,32 - 49,0}{7,95}} = 1,433;$$

$$\text{Для } R_{ТВО} = 41,0; \quad a = \sqrt{\frac{65,32 - 41,0}{12,81}} = 1,378; \quad b = \sqrt{\frac{65,32 - 41,0}{7,95}} = 1,750;$$

$$\text{Для } R_{ТВО} = 33,0; \quad a = \sqrt{\frac{65,32 - 33,0}{12,81}} = 1,588; \quad b = \sqrt{\frac{65,32 - 33,0}{7,95}} = 2,016;$$

$$\text{Для } R_{ТВО} = 25,0; \quad a = \sqrt{\frac{65,32 - 25,0}{12,81}} = 1,774; \quad b = \sqrt{\frac{65,32 - 25,0}{7,95}} = 2,252;$$

$$\text{Для } R_{ТВО} = 17,0; \quad a = \sqrt{\frac{65,32 - 17,0}{12,81}} = 1,942; \quad b = \sqrt{\frac{65,32 - 17,0}{7,95}} = 2,465;$$

$$\text{Для } R_{ТВО} = 14,0; \quad a = \sqrt{\frac{65,32 - 14,0}{12,81}} = 2,002; \quad b = \sqrt{\frac{65,32 - 14,0}{7,95}} = 2,541.$$

Геометрическая интерпретация модели $\hat{y}_R$ ($R_{ТВО}$) приведена на рисунке 2.

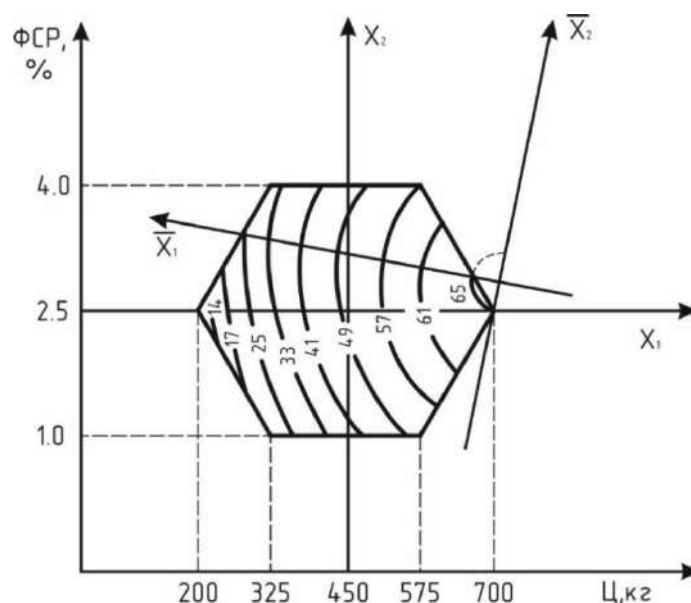


Рисунок 2 – Геометрический образ модели $\hat{y}_R$ прочности бетона после тепловой обработки

Figure 2 – Geometric image of the model $\hat{y}_R$ strength of concrete after heat treatment

Из вышеприведенных результатов исследований можно сделать выводы, что, не взирая на сверхнормативное (более 15 процентов) количество пылевато-глинистых примесей, максимальная прочность бетона на обычных, рядовых карбонатных заполнителях после тепловой обработки составила от 50 до 60 МПа. Принимая во внимание общепринятые

теоретические представления, пояснить данные результаты можно следующим образом. Будучи химической добавкой с высоким разжижающим эффектом, ФСР, помимо микродиспергирования коллоидной системы цементного теста, содействует и дроблению пленки из пылевидных и глинистых частиц на зернах заполнителя. Одновременно с повышением текучести бетонной смеси и проявлением дефлокулирующего эффекта в гидратирующейся системе “цемент-вода”, пылевидные и глинистые примеси заполнителя из инертной составляющей бетонной смеси переходят в активную – мельчайшие частицы, соразмерные коллоидным, располагаясь меж зерен цемента или близко к ним, создают дополнительные центры кристаллизации в зоне контакта цемент-заполнитель, добавляя прочности цементному камню в бетоне.

В условиях Новочеркасского завода СМ для облицовки каналов мелиоративных систем была изготовлена опытно-промышленная партия железобетонных плит, произведенных из бетона на карбонатных заполнителях Жирновского месторождения (рисунок 3). Дозировка ФСР составляла около 3-х процентов от массы цемента. Повышенная длительность перемешивания и контроль за процессом растворения и последующего осаждения, были отличительной особенностью его (ФСР) приготовления. Доставка и дозировка разжижителя ФСР производились общепринятыми средствами.

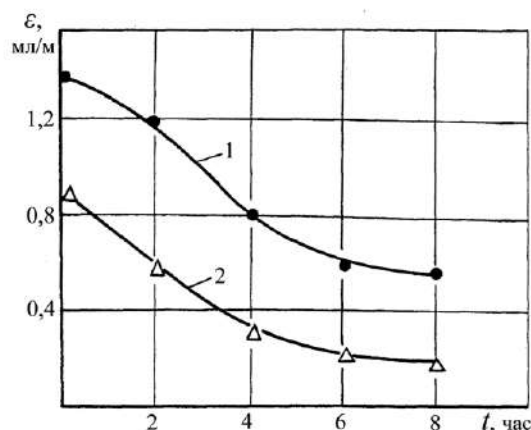
Учитывая повышенную текучесть смеси и проявление дефлокулирующего эффекта в гидратирующейся системе “цемент-вода”, в процесс тепловой обработки плит вносились некоторые изменения. Следовало обеспечить формирование первичной структуры в бетоне для сопротивления ее (структуры) тепловому воздействию. Предварительное выдерживание изделий в пропарочных камерах явного типа именно ее и формирует. Высокопластичные и высокоподвижные бетонные смеси формируют первичную структуру весьма медленно. На рисунке 4, в зависимости от предварительной выдержки изделий, приведены значения деформаций бетона. Наибольшие значения деформаций были при тепловой обработке изделий без предварительного выдерживания в пропарочной камере. Наименьшие оказывались при начале теплового воздействия на изделия через шесть (семь) часов предварительного выдерживания в камере, что обеспечило образование первичной структуры, способной сопротивляться расширению воды и газообразной фазы. В связи с этим выдержка плит в пропарочных камерах до тепловой обработки была принята около семи часов.



Рисунок 3 – Плиты облицовки каналов мелиоративных систем из бетона на заполнителях Жирновского месторождения

Figure 3 – Concrete slabs for canal cladding of reclamation systems on aggregates of the Zhirnovsky deposit

На протяжении 4-х часов производили плавный подъем температуры до 80 °С в пропарочных камерах. Длительность изотермической обработки соответствовала 10-ти часам. Для предупреждения деструктивных развитий в бетоне и минимизации деформаций бетона плит при перепадах температур, понижение температуры в камерах производилось медленно с обеспечением скорости остывания плит от 25 до 30 °С/час.



1 – значения деформаций при изотермическом прогреве; 2 – значения остаточных деформаций
1 – values of deformations during isothermal heating; 2 – values of residual deformations

Рисунок 4 – Связь численных значений деформаций бетона при нагреве с длительностью предварительной выдержки плит в пропарочных камерах

Figure 4 – Relationship between the numerical values of concrete deformations during heating and the duration of preliminary exposure of slabs in steaming chambers

Заводские испытания изделий проводились с применением стандартных методик. Полученные в ходе производственных испытаний данные согласовывались в целом с экспериментальными, так что проведенные исследования свидетельствуют об эффективности использования известняковых заполнителей местного происхождения с высоким содержанием загрязняющих пылевато-глинистых примесей в производстве бетона и железобетона. Важно, что местным строительным организациям незначительно приобретать полностью удовлетворяющие нормативным требованиям дорогостоящие щебень и песок, везти их к месту потребления издалека и платить высокую цену за доставку, что, разумеется, скажется на конкурентной способности изготавливаемого бетона и железобетона. Аналогично, после соответствующих исследований недорогие местные заполнители (щебень, отсев дробления) других месторождений (кварцита, доломита, ракушечника и др.), могут без дополнительного «облагораживания» также использоваться для производства бетона и железобетона. При этом строители должны получить исчерпывающие рекомендации, посредством каких приемов, средств, материалов местные заполнители могут быть доведены до применения в производстве бетона и бетонных работ.

Заключение. Половины всей стоимости бетона составляет стоимость заполнителей, потребление которых в 5-7 раз больше цемента. Соответствующих требованиям нормативных документов заполнителей не так много, распространены в наших регионах они не повсеместно, поэтому и доставлять их в большую часть районов приходится из отдаленных местностей с дополнительными транспортными расходами.

Реальными путями удешевления заполнителей является расширение использования для их производства недорогих каменных материалов местного происхождения. На примере рядовых карбонатных заполнителей Жирновского месторождения в Ростовской области показана высокая эффективность их применения в составе тяжелого бетона для плит облицовок каналов мелиоративных систем. Максимальные значения прочности бетона после тепловой обработки составили от 50 до 60 МПа, невзирая на несоответствие карбонатных заполнителей установленным требованиям нормативных документов по некоторым показателям, в том числе по количественному содержанию отрицательно влияющих на качество бетона пылевидных и глинистых частиц. Добавлением в бетонную смесь формиатно-спиртового разжижителя (ФСР), удалось компенсировать их вредное влияние на свойства бетона. ФСР обеспечил получение высокоподвижных с высокой текучестью бетонных смесей и способствовал созданию в них дополнительных центров кристаллизации в зоне контакта цемент-заполнитель, добавляя прочности цементному камню в бетоне элементов мелиоративных систем.

Таким образом, современная база минеральных сырьевых материалов для производства бетона и бетонных работ в области мелиоративного строительства может стать заметно шире за счет использования в бетонных смесях известняковых заполнителей местного происхождения, содержащих сверхнормативное количество загрязняющих пылевато-глинистых примесей.

Conclusions. Half of the total cost of concrete is the cost of aggregates, the consumption of which is 5-7 times more than cement. There are not so many placeholders that meet the requirements of regulatory documents, they are not widespread in our regions, therefore, they have to be delivered to most of the districts from remote areas with additional transport costs. The real ways to reduce the cost of aggregates is to expand the use of inexpensive stone materials of local origin for their production. Using the example of ordinary carbonate aggregates from the Zhirnovsky deposit in the Rostov region, the high efficiency of their use in the composition of heavy concrete for slabs facing channels of reclamation systems has been demonstrated. The maximum values of concrete strength after thermal treatment ranged from 50 to 60 MPa, despite the non-compliance of carbonate aggregates with the established requirements of regulatory documents for some indicators, including the quantitative content of pulverized and clay particles negatively affecting the quality of concrete. By adding formate-alcohol diluent (FSR) to the concrete mixture, it was possible to compensate for their harmful effect on the properties of concrete. The FSR ensured the production of highly mobile concrete mixtures with high fluidity and contributed to the creation of additional crystallization centers in them in the contact zone of cement-filler, adding strength to cement stone in concrete elements of reclamation systems. Thus, the modern base of mineral raw materials for the production of concrete and concrete works in the field of reclamation construction can become noticeably wider, due to the use of limestone aggregates of local origin in concrete mixtures containing an excess amount of polluting dusty clay mixtures.

Библиографический список

1. 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.
2. Гулюк Г. Г. Эффективное развитие мелиоративного комплекса. Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 2. С. 2-6.
3. Жезмер В. Б., Адыев С. Б., Шабанов Р. М. Алгоритм анализа гидромелиоративной системы с целью выявления причин снижения эксплуатационной надежности и производительности. Природообустройство. 2023. № 1. С. 54-61.
4. Шилин А. А., Кириленко А. М., Знайченко П. А. Современный подход к разработке решений по ремонту железобетонных конструкций гидротехнических сооружений. Транспортное строительство. 2017. № 12. С. 6-10.
5. Ищенко А. В., Баев О. А. Оценка эффективности противофильтрационного экрана на Донском магистральном канале. Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7. № 4. С. 51-56.
6. Турлов А. Г. Строительство и реконструкция водохозяйственных сооружений: учебное пособие. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2014. 113 с. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=473891>.
7. Дубяго Д. С., Новиков А. Е., Григоров С. М. Дефекты бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений мелиоративных систем Республики Беларусь. Мелиорация и водное хозяйство. 2023. № 2. С. 36-40.
8. Еремеев А. В., Гурьев А. П., Ханов Н. В. Исследование фильтрационных характеристик геомата с заполнителем из щебня и битум-полимера. Природообустройство. 2018. № 4. С. 48-53.
9. Косиченко Ю. М., Баев О. А., Гарбуз А. Ю. Оценка комплексной реконструкции и модернизации оросительных систем. Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 2. С. 6-11.
10. Федоров В. М., Васильева Е. В., Яковенко Е. А. Безопасные и надежные сооружения водохозяйственных систем из укатанных бетонов. Новочеркасск: Лик, 2019. 166 с.
11. Семененко С. Я. Способ реконструкции деформационных швов противофильтрационных бетонных и железобетонных облицовок гидротехнических сооружений. Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 1. С. 31-35.
12. Ханов Н. В. и др. Исследования гидродинамического воздействия водного потока на защитное покрытие из геосинтетического материала. Строительство: наука и образование. 2018. Т. 8. № 1 (27). С. 108-117.
13. Давиденко В. М. и др. Причины разрушения и концепция ремонта бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений. Известия ВНИИГ им Б. Е. Веденеева. 2017. Т. 286. С. 3-9.
14. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А., Сафин Э. Э. Покрытие оросительных каналов инновационным бетонным полотном и адаптивные способы их эксплуатации. Мелиорация и водное хозяйство. 2023. № 2. С. 27-31.
15. Куприянова С. В., Власов М. В. Установление и комплексное использование критериев оценки эффективности различных видов ресурсов агро-мелиоративных систем. Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 1. С. 32-36.
16. Хисматуллин М. М. Цифровые технологии в орошаемом земледелии. Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 2. С. 28-32.

References

1. Shevchenko V. A., Shchedrin V. N., Kupriyanova S. V. Tasks and Problems of Restoration of Irrigation Reclamation in the South of Russia. Land reclamation and water management. 2023. № 3. Pp. 28-32.
2. Gulyuk G. G. Effective development of the reclamation complex. Land reclamation and water management. 2022. № 2. Pp. 2-6.

3. Zhezmer V. B., Adyaev S. B., Shabanov R. M. Algorithm for the Analysis of the Hydro-Reclamation System in Order to Identify the Causes of Reduced Operational Reliability and Productivity. *Environmental Engineering*. 2023. № 1. Pp. 54-61.
4. Shilin A. A., Kirilenko A. M., Znaychenko P. A. Modern Approach to the Development of Solutions for the Repair of Reinforced Concrete Structures of Hydraulic Structures. *Transport construction*. 2017. № 12. Pp. 6-10.
5. Ishchenko A. V., Baev O. A. Estimation of the Effectiveness of the Impervious Screen on the Donskoy Main Canal. *Urban planning and architecture*. 2017. V. 7. № 4. Pp. 51-56.
6. Turlov A. G. Construction and reconstruction of water management structures: a textbook. Yoshkar-Ola: PSTU, 2014. 113 p. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=473891>.
7. Dubyago D. S., Novikov A. E., Grigorov S. M. Defects of Concrete and Reinforced Concrete Structures of Hydraulic Structures of Reclamation Systems of the Republic of Belarus. *Land reclamation and water management*. 2023. № 2. Pp. 36-40.
8. Ereemeev A. V., Guryev A. P., Khanov N. V. Study of Filtration Characteristics of Geomat with Aggregate of Crushed Stone and Bitumen Polymer. *Environmental Engineering*. 2018. № 4. Pp. 48-53.
9. M., Baev O. A., Garbuz A. Y. Assessment of Complex Reconstruction and Modernization of Irrigation Systems. *Land reclamation and water management*. 2021. № 2. Pp. 6-11.
10. Fedorov V. M., Vasilyeva E. V., Yakovenko E. A. Safe and Reliable Structures of Water Management Systems from Rolled Concrete. *Novocherkassk, Lik Publ.*, 2019. 166 p.
11. Semenenko S. Y. Method of Reconstruction of Deformation Joints of Impervious Concrete and Reinforced Concrete Linings of Hydraulic Structures. *Land reclamation and water management*. 2017. № 1. Pp. 31-35.
12. Studies of the hydrodynamic effect of water flow on a protective coating of geosynthetic material. *Construction: science and education*. 2018. V. 8. № 1 (27). Pp. 108-117.
13. Causes of Destruction and the Concept of Repair of Concrete and Reinforced Concrete Structures of Hydraulic Structures. *Izvestiya B. E. Vedenev's VNIIG*. 2017. V. 286. Pp. 3-9.
14. Abdrazakov F. K., Rukavishnikov A. A., Safin E. E. Coating of Irrigation Canals with Innovative Concrete Canvas and Adaptive Methods of Their Operation. *Land reclamation and water management*. 2023. № 2. Pp. 27-31.
15. Kupriyanova S. V., Vlasov M. V. Establishment and Comprehensive Use of Criteria for Assessing the Efficiency of Various Types of Resources of Agro-Reclamation Systems. *Land reclamation and water management*. 2022. № 1. Pp. 32-36.
16. Khismatullin M. M. Digital Technologies in Irrigated Agriculture. *Land reclamation and water management*. 2022. № 2. Pp. 28-32.

Информация об авторах

Васильева Елена Викторовна, кандидат технических наук, доцент Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М. И. Платова (Российская Федерация, 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, д. 132), e-mail: karalenka5@yandex.ru

Федоров Виктор Матвеевич, доктор технических наук, профессор Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А. К. Кортунова - филиал Донского государственного аграрного университета (Российская Федерация, 346409, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, д. 11), e-mail: viktor-fedorov1955@yandex.ru

Author's Information

Vasilyeva Elena Viktorovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov (Russian Federation, 346428, Rostov Region, Novocherkassk, Prosveshcheniya Street, 132), e-mail: karalenka5@yandex.ru

Fedorov Viktor Matveyevich, Doctor of Engineering Sciences Professor of the A. K. Kortunov Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute-branch of the Don State Agrarian University (Russian Federation, 346409, Rostov Region, Novocherkassk, Pushkinskaya Street, 11), e-mail: viktor-fedorov1955@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-43

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF USING BUILDING ENVELOPES FOR THE PLACEMENT OF PHOTOVOLTAIC BATTERIES¹Daus Yu. V., ¹Kharchenko S. N., ^{2,3}Panchenko V. A.

¹Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin
Krasnodar, Russian Federation

²FNATS VIM

³Russian University of Transport (MIIT)
Moscow, Russian Federation

Corresponding author E-mail: zirochka3011@gmail.com

Received 12.07.2024

Submitted 02.09.2024

Summary

The article analyzes the effectiveness of using the building envelope for installing a photovoltaic battery of the solar power plant in the Rostov region. There was analyzed the utilized solar energy resource relative to various options for the spatial orientation of photovoltaic battery modules: optimal spatial orientation, obtained from the condition of providing the largest amount of converted solar energy per year; horizontal placement of modules; the optimal inclination angle of the existing azimuth of the enclosing structure.

Abstract

Introduction. It is relevant, in view of the limited free space in rural areas, to assess the effectiveness of using building envelopes for the installation of photovoltaic batteries by estimating the amount of solar energy resource on the receiving surface of a given inclination angle and azimuth. **The purpose of the study** is to analyze the effectiveness of using the building envelope for installing a photovoltaic battery of an existing solar power plant. **The research Object** is a private solar power plant located in a rural area of the Rostov-on-Don region. **Materials and methods.** The paper uses mathematical modeling of the performance of a photovoltaic battery for various options for its spatial orientation, obtained using a software for estimating the solar energy resource at a given geographic point. Data from monitoring the functioning of a photovoltaic plant were applied. **Results and conclusions.** If an existing building envelope is used to install the modules at an angle of 30° to the southwest, then the peak of the electricity generation schedule is shifted to the evening, so that between 15:00 and 22:00 the modules generate their maximum power, and the utilized solar energy resources are less by 5.3-43.1% compared to the horizontal orientation and 2.4-31.5% compared to the optimal spatial orientation of the receiving surface. At the same time, in the first half of the day the amount of generated electricity drops from 5.8% at noon to 22.1-22.7% at sunset compared to the case of horizontal orientation, and from 3.2% at noon to 73.3-76.3% in the evening compared to optimal spatial orientation. When installing modules at the tilt angle of the building envelope, the utilized resource of solar energy increases by 13.2-32.9% in autumn, 25.5-42.7% in winter, 2.7-25.5% in winter and 1.1-3.3% in summer, compared to values at the horizontal receiving site. If to compare the electricity production of studied solar power plant with its maximum possible value, then the efficiency of electricity production decreases from September to March (from 6.3 to 22.0%), and in the rest of the year it corresponds to the electricity production at optimal spatial orientation (1.3-2.7%).

Keywords: intensity of solar radiation, photovoltaic arrays, solar power plants.

Citation. Daus Yu. V., Kharchenko S. N., Panchenko V. A. Analysis of the efficiency of using building envelopes for the placement of photovoltaic batteries. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 382-390 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-43.

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

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

УДК 633.2(58.02)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ БАТАРЕЙ

¹Даус Ю. В., кандидат технических наук

¹Харченко С. Н., кандидат технических наук

^{2,3}Панченко В. А., кандидат технических наук

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»

г. Краснодар, Российская Федерация

²ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

³ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)

г. Москва, Российская Федерация

Введение. В условиях ограниченности свободных площадей на сельских территориях актуальным является анализ эффективности использования ограждающих конструкций для установки фотоэлектрических батарей путем оценки количества реализуемого ресурса солнечной энергии на приемной поверхности заданного угла наклона и азимута. **Цель исследования** – проанализировать эффективность использования ограждающей конструкции здания для размещения фотоэлектрической батареи действующей солнечной электростанции. **Объект исследования** – частная солнечная электростанция, расположенная в сельской местности Ростовской области. **Материалы и методы.** В статье проведено математическое моделирование производительности фотоэлектрической батареи для различных вариантов её пространственной ориентации, полученное с помощью программного комплекса оценки ресурса солнечной энергии в заданной географической точке. Используются данные мониторинга функционирования фотоэлектрической станции. **Результаты и выводы.** Если для установки модулей используется существующая ограждающая конструкция с углом 30° на юго-запад, то пик графика выработки электроэнергии смещается на вечер, так что между 15:00 и 22:00 модули работают с максимальной мощностью, но используемый ресурс солнечной энергии меньше на 5,3-43,1% по сравнению с горизонтальным их размещением и 2,4-31,5% по сравнению с оптимальной пространственной ориентацией приемной поверхности. В то же время в первой половине дня количество вырабатываемой электроэнергии падает с 5,8% в полдень до 22,1-22,7% на закате

по сравнению с горизонтальной ориентацией, и с 3,2% в полдень до 73,3-76,3% вечером по сравнению с оптимальной пространственной ориентацией. При установке модулей под углом к ограждающей конструкции преобразуемый ресурс солнечной энергии увеличивается на 13,2-32,9% осенью, 25,5-42,7% зимой, 2,7-25,5% зимой и 1,1-3,3% летом, по сравнению со значениями на горизонтальной приемной площадке. Если сравнивать производство электроэнергии рассматриваемой солнечной электростанцией с максимально возможным его значением, то эффективность производства электроэнергии снижается с сентября по март (с 6,3 до 22,0%), а в остальное время года она соответствует производству электроэнергии при оптимальной пространственной ориентации (1,3-2,7%).

Ключевые слова: интенсивность солнечной радиации, фотоэлектрические батареи, солнечные электростанции.

Цитирование. Даус Ю. В., Харченко С. Н., Панченко В. А. Анализ эффективности использования ограждающих конструкций зданий для размещения фотоэлектрических батарей. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 382-390. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-43.

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. Фотоэлектрические системы обладают уникальным преимуществом – они могут быть интегрированы в любую существующую или новую инфраструктуру системы электроснабжения независимо от её конфигурации [1]. Это может быть достигнуто благодаря использованию для установки фотоэлектрических батарей ограждающих конструкций здания, что особенно актуально для сельских территорий, характерной особенностью которых является то, что земля является объектом труда и только в отдельных случаях может использоваться по другому назначению [2].

Системы электроснабжения с локальными источниками генерации на основе преобразования солнечного ресурса района могут быть преобразованы в децентрализованные (автономные) системы генерации, обеспечивающие потребителей внутри одного поместья, фермы или предприятия. При этом они не будут производить энергию за точку балансовой принадлежности. Такой подход может стать основой для реализации одного из новых трендов в области распределенной генерации – активного электроэнергетического комплекса, который позволяет реализовать ресурс местных возобновляемых источников энергии в виде подключенной к энергосистеме локальной генерации и снизить затраты потребителей.

Существует три способа установки фотоэлектрических модулей на крыше здания: горизонтально к поверхности земли, под оптимальным углом на плоской крыше или под углом наклона ограждающих конструкций здания.

Исследования по преобразованию солнечной энергии средствами фотоэлектрических батарей, установленными на крышах промышленных и жилых зданий, проводятся достаточно широко группами ученых в разных странах [3-5]. Однако существуют различные подходы к оценке преобразуемого ресурса солнечной энергии, уровня его реализации относительно максимального потенциала локальной генерации путем применения такой технологии производства электрической энергии [6]. Большинство существующих исследований касается оценки технического ресурса солнечной энергии, то есть оценки доступного потока солнечного излучения с учетом таких ограничений, как площадь крыши, эффективность модулей и т. д.). В более ранних исследованиях [7] ресурс солнечной энергии фотоэлектрических установок, размещенных на крышах зданий, определялся упрощенным методом – определялась доступная площадь крыши для установки фотоэлектрических батарей путем умножения её площади на обобщенный коэффициент, учитывающий факторы, влияющие на количество вырабатываемой электроэнергии (угол наклона фотоэлектрического модуля, условия освещенности, технические условия на монтаж фотоэлектрической батареи и т.д.). Но эти работы содержат в себе данные по зданиям и сооружениям городов и поселений и не адаптированы к сельской территории [8]. Также полученное согласно приведенным исследованиям решение – обобщённое и не указывает, в какой конкретной области ограждающей конструкции следует устанавливать фотоэлектрическую батарею, с какой пространственной ориентацией и т.д.

В настоящее время исследования по оценке количества преобразуемого в электрическую энергию ресурса солнечной энергии при размещении фотоэлектрических батарей на крышах зданий проводятся с использованием географических информационных технологий на основе спутниковых снимков [9]. Эти исследования обычно проводятся в масштабах микрорайонов и городов, реже – в региональном или национальном масштабе. Для определения архитектурных характеристик свободных участков и крыш для установки фотоэлектрических батарей используются методы выборки, инструменты анализа характеристик на основе геоинформационных систем, данные аэрофотосъемки и LiDAR (Light Detection and Ranging). Однако эти подходы характеризуются следующими недостатками: низкое пространственное разрешение, которое делает их непригодными для точечных объектов; неточность в учете условий освещенности ввиду необходимости большого объема вычислений.

Таким образом, актуальной является оценка эффективности использования ограждающих конструкций для установки фотоэлектрических батарей путем оценки количества реализуемого ресурса солнечной энергии на приемной поверхности заданного угла наклона и азимута.

Цель исследования – проанализировать эффективность использования ограждающей конструкции здания для установки фотоэлектрической батареи действующей солнечной электростанции.

Объект исследования – частная солнечная электростанция, расположенная в сельской местности на 47,5° с.ш., 40,0° в.д. (Ростовская область).

На рисунке 1 приведен внешний вид крышной солнечной электростанции установленной мощностью 7,2 кВт с тремя инверторами SunnyIsland 8.0, образующими трехфазную сеть, тремя инверторами SunnyBoy5000TL-21 в трехфазной конфигурации, 12 последовательно соединенными KV200/24М Микроконтроллер MPPT с 12 последовательно соединенными модулями KV200/24М в качестве входов, а также один банк из восьми аккумуляторов SunLight общей емкостью 1600 А·ч при номинальном напряжении 48 В, установленный ООО НПП "Донские технологии".

Крыша здания имеет следующую пространственную ориентацию: угол наклона 30°, азимут – юго-запад. Солнечные модули установлены в шесть рядов по четыре штуки под углом наклона $\beta = 45^\circ$ на юг.



Рисунок 1 – Фотоэлектрическая станция в сельском районе Ростовской области
Figure 1 – Photovoltaic plant in a rural area of the Rostov region

Материалы и методы исследования: математическое моделирование производительности фотоэлектрической батареи для различных вариантов её пространственной ориентации, полученное с помощью программного комплекса оценки ресурса солнечной энергии в заданной географической точке [10]. Также использованы данные мониторинга функционирования фотоэлектрической станции.

Результаты исследования и их обсуждения. На рисунке 2-3 для характерных дней года приведены:

- суточный график генерации электрической энергии 2017-2020 гг.;
- суточный график генерации электрической энергии, смоделированный на основе данных о ресурсе солнечной энергии, в соответствии с координатами района её места размещения [10].

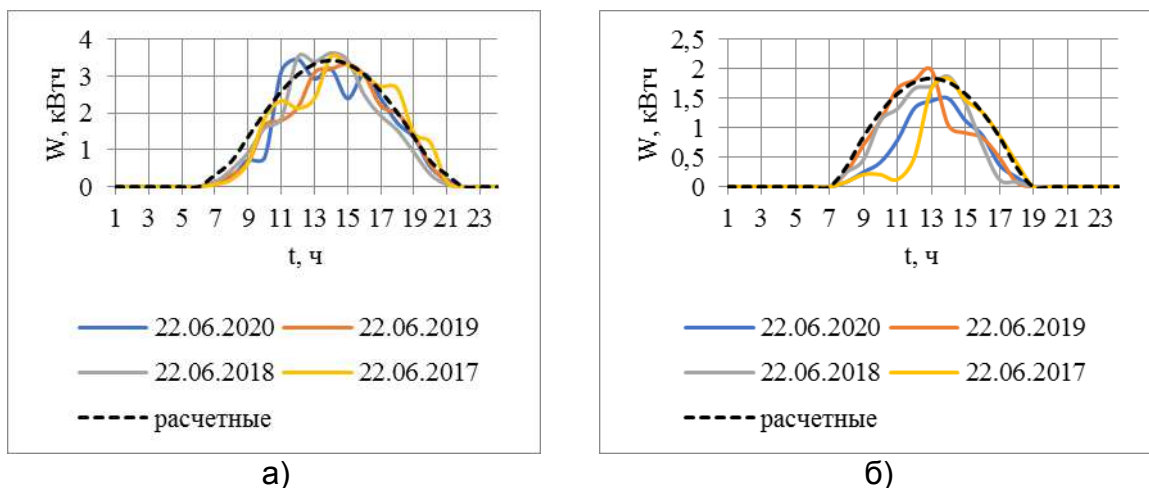


Рисунок 2 – Суточный график генерации электрической энергии фотоэлектрической станцией для характерных дней: 22 июня (а), 23 марта (б)

Figure 2 – Daily schedule of electricity generation by a photovoltaic power plant for typical days: June 22 (a), March 23 (b)

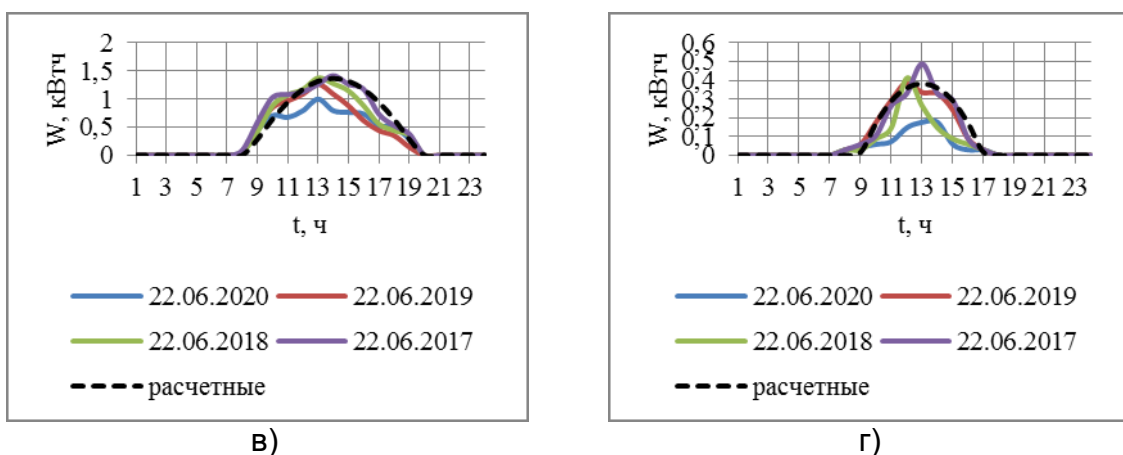


Рисунок 3 – Суточный график генерации электрической энергии фотоэлектрической станцией для характерных дней: 23 сентября (в) и 22 декабря (г)

Figure 3 – Daily schedule of electricity generation by a photovoltaic plant for typical days: September 23 (c) and December 22 (d)

На рисунках 2-3 представлены как реальные графики выработки электрической энергии за четыре года мониторинга функционирования фотоэлектрической станции, так и смоделированные математическим путем на основе сочетания расчетного метода и данных многолетних наземных и спутниковых измерений. Математически смоделированный график имеет достаточно правильную форму, так как использованы данные более чем за 15 лет наблюдений. Анализ реальных графиков выработки электрической энергии по характерным дням года показывает отклонения даже по годам, так как они отражают процессы в атмосферном слое для конкретного уникального момента времени и характеризуются пиками и спадами в течение дня.

При сравнении суточной выработки электроэнергии по годам с расчетными значениями разница составляет от 4,0 до 15,3%. С другой стороны, общая суточная выработка, усредненная за пятилетний период, находится в близком соответствии с прогнозируемыми значениями на тот же период. Отклонение для летних дней составляет 1,4%, для осенних дней – 0,5%, для весенних дней – 3,2% и для зимних дней – 1,4%. Отклонение годовой выработки электроэнергии крышной солнечной электростанцией составляет от 0,4 до 18,1%. При этом среднее значение годовой выработки электроэнергии за исследуемый период 2017-2020 гг. не превышает 4,5%.

В рассматриваемом варианте размещения фотоэлектрической станции модули располагаются на конструкции (в частности, на крыше) в направлении на юг с помощью системы крепления, а не в юго-западном направлении, на которое ориентирована поверхность крыши.

Был проанализирован реализованный уровень ресурса солнечной энергии, в рассматриваемой точке на поверхности земли относительно различных вариантов пространственного размещения модулей фотоэлектрической батареи: оптимальная пространственная ориентация [11], полученная из условия обеспечения наибольшего количества преобразуемой солнечной энергии за год ($\Delta W1$); горизонтальное размещение модулей ($\Delta W2$); оптимальный угол наклона имеющегося азимута ограждающей конструкции ($\Delta W3$).

На рисунке 4 приведены отклонения в суточном графике выработки электрической энергии между имеющейся пространственной ориентацией конструкции и другими вариантами для летнего и зимнего характерных дней года.

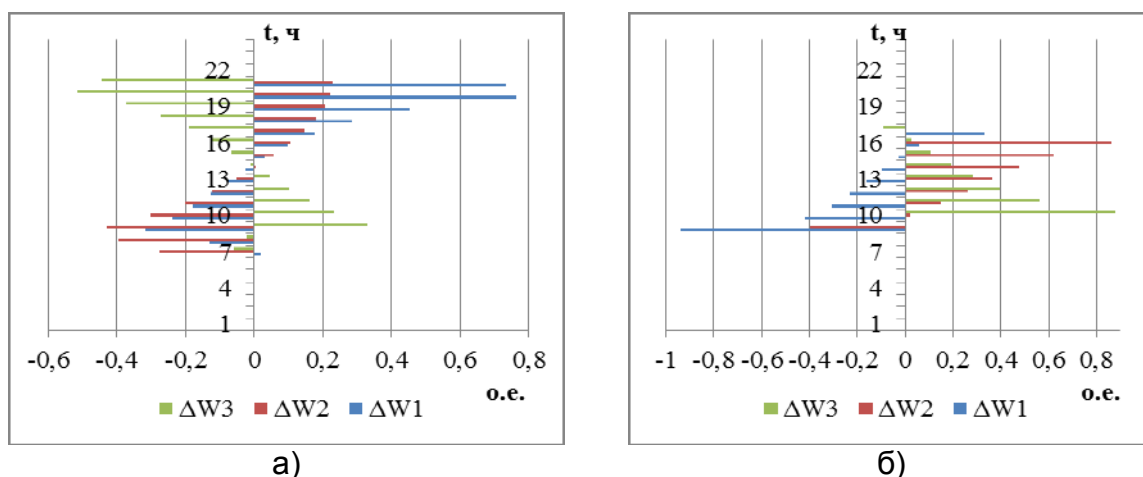


Рисунок 4 – Отклонения в суточном графике выработки электрической энергии между имеющейся пространственной ориентацией конструкции и другими вариантами для летнего (а) и зимнего (б) характерных дней года

Figure 4 – Deviations in the daily schedule of electricity generation between the existing spatial orientation of the structure and other options for summer (a) and winter (b) characteristic days of the year

Если для установки модулей используется существующая ограждающая конструкция с углом 30° к юго-западному горизонту, то пик графика выработки электроэнергии смещается на вечер, так что между 15:00 и 22:00 модули работают максимально эффективно, а преобразуемый ресурс солнечной энергии меньше на 5,3-43,1% по сравнению с горизонтальной ориентацией и 2,4-31,5% по сравнению с оптимальной пространственной ориентацией приемной поверхности. В то же время в первой половине дня количество вырабатываемой электроэнергии падает с 5,8% в полдень до 22,1-22,7% на закате по сравнению с горизонтальной ориентацией относительно поверхности земли, и с 3,2% в полдень до 73,3-76,3% вечером по сравнению с оптимальной пространственной ориентацией. В то же время суточная выработка электроэнергии примерно одинаковая для всех трех вариантов пространственной ориентации модуля (отклонение в пределах 2,3-3,2%).

Зимний характерный день (22 декабря) характеризуется снижением преобразованной солнечной радиации на 16,9 % по сравнению с оптимальной пространственной ориентацией. Ориентируя солнечный модуль на юг с пространственной ориентацией, соответствующей пространственной ориентации ограждающей конструкции, можно увеличить количество вырабатываемой за день электроэнергии на 7,4% летом, на 9,5-10,0% осенью и весной и на 30,1% зимой.

На рисунке 5 показано отклонение годового графика выработки электрической энергии модулями, размещенными под углом конструкции здания, и другими вариантами их пространственной ориентации.

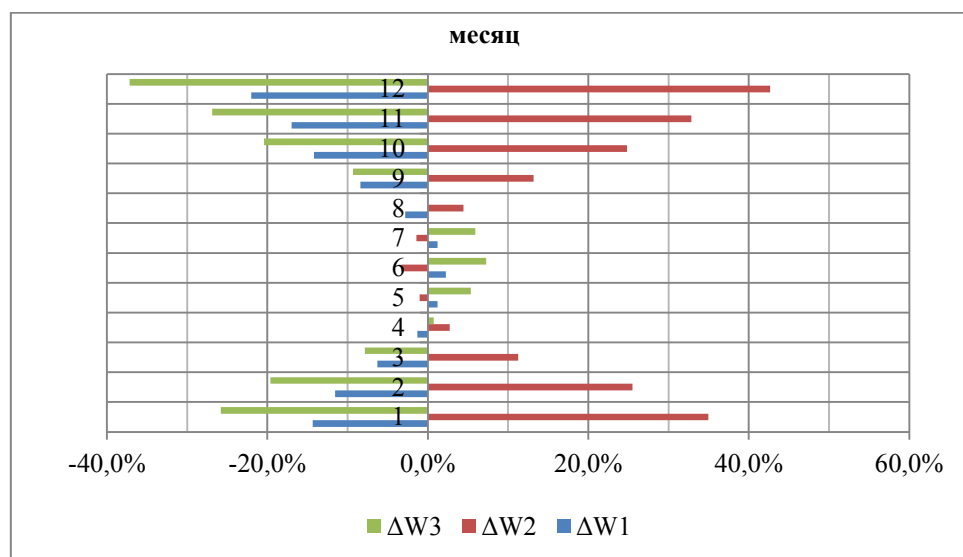


Рисунок 5 – Отклонения годового графика выработки электрической энергии модулями пространственной ориентации согласно конструкции их размещения и различными вариантами их пространственной ориентации

Figure 5 – Deviations of the annual schedule of electricity generation by spatial orientation modules according to the design of their location and various options for their spatial orientation

При установке модулей под углом к ограждающей конструкции преобразуемый ресурс солнечной энергии увеличивается на 13,2-32,9% осенью, 25,5-42,7% весной, 2,7-25,5% зимой и 1,1-3,3% летом, по сравнению со значениями на горизонтальной приемной площадке. Если сравнивать производство электроэнергии исследуемой солнечной электростанцией с максимально возможным его значением, то эффективность производства электроэнергии снижается с сентября по март (с 6,3 до 22,0%), а в остальное время года она соответствует производству электроэнергии при оптимальной пространственной ориентации (1,3-2,7%).

Годовое отклонение от максимально возможного производства электроэнергии составляет – 5,1%, а приходящее солнечное излучение преобразуется в количестве на 7,7% больше значения валового потенциала. Когда модули были ориентированы на юг, ежемесячное производство электроэнергии увеличилось на 0,7-7,3% с апреля по сентябрь, на 7,9 и 9,3% в марте и октябре соответственно и на 19,6-37,2% в остальное время года.

Выводы. При размещении фотоэлектрической батареи на участках с неоптимальной пространственной ориентации, что особенно актуально при размещении модулей на ограждающих конструкциях зданий, необходимо определить эффективность использования фотоэлектрической батареи. Так как потери потока солнечной энергии в таком случае могут достигать 25-37% за год, что снижает общую эффективность всей фотоэлектрической установки в целом.

Conclusions. When placing a photovoltaic battery in areas with non-optimal spatial orientation, which is especially important when placing modules on building envelopes, it is necessary to determine the efficiency of using the photovoltaic battery. Since the loss of solar energy flow in this case can reach 25-37%, which generally reduces the overall efficiency of the entire photovoltaic installation.

Библиографический список

1. Dehwah A. H. A., Asif M., Rahman M. T. Prospects of PV Application in Unregulated Building Rooftops in Developing Countries: A Perspective from Saudi Arabia. *Energy and Buildings*. 2018. V. 171. I. 499. Pp. 76-87.
2. Daus Y. V., et al. Improving the Efficiency of the Power Supply to Agricultural Facilities by Means of Roof-Top Photovoltaic Installations. *Applied Solar Energy*. 2020. V. 56. No 3. Pp. 207-211.
3. Assouline D., Mohajeri N., Scartezzini J.-L. Large-scale rooftop solar photovoltaic technical potential estimation using Random Forests. *Applied Energy*. 2018. V. 217. Pp. 189-211.
4. Zhe Chen, et al. City-scale solar PV potential estimation on 3D buildings using multi-source RS data: A case study in Wuhan, China. *Applied Energy*. 2014. V. 359. 122720.
5. Hua Du, et al. Community solar PV adoption in residential apartment buildings: A case study on influencing factors and incentive measures in Wuhan. *Applied Energy*. 2024. V. 354. Part A. 122163.
6. Belal Ghaleb, et al. Application of solar PV in the building sector: Prospects and barriers in the GCC region. *Energy Reports*. 2023. V. 9. Pp. 3932-3942.
7. Hong T/, Lee M/, Koo C/, Jeong K/, Kim J. Development of a method for estimating the rooftop solar photovoltaic (PV) potential by analyzing the available rooftop area using Hillshade analysis. *Appl Energy*. 2017. V. 194. Pp. 320-322.
8. Belal Ghaleb, Muhammad Asif Assessment of solar PV potential in commercial buildings. *Renewable Energy*. 2022. V. 187. Pp. 618-630.
9. Amine Allouhi Solar PV integration in commercial buildings for self-consumption based on life-cycle economic/environmental multi-objective optimization. *Journal of Cleaner Production*. 2020. V. 270. 122375.
10. Даус Ю. В., Ракитов С. А., Юдаев И. В. Оценка потенциала использования энергоустановок на основе преобразования солнечной энергии на примере г. Волгограда. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2016. № 2 (42). С. 261-267.
11. Daus Yu. V., Kharchenko V. V., Yudaev I. V. Managing Spatial Orientation of Photovoltaic Module to Obtain the Maximum of Electric Power Generation at Preset Point of Time. *Applied Solar Energy*. 2018. V. 54. No 6. Pp. 400-405.

References

1. Dehwah A. H. A., Asif M., Rahman M. T. Prospects of PV Application in Unregulated Building Rooftops in Developing Countries: A Perspective from Saudi Arabia. *Energy and Buildings*. 2018. V. 171. I. 499. Pp. 76-87.
2. Daus Y. V., et al. Improving the Efficiency of the Power Supply to Agricultural Facilities by Means of Roof-Top Photovoltaic Installations. *Applied Solar Energy*. 2020. V. 56. No 3. Pp. 207-211.
3. Assouline D., Mohajeri N., Scartezzini J.-L. Large-scale rooftop solar photovoltaic technical potential estimation using Random Forests. *Applied Energy*. 2018. V. 217. Pp. 189-211.
4. Zhe Chen, et al. City-scale solar PV potential estimation on 3D buildings using multi-source RS data: A case study in Wuhan, China. *Applied Energy*. 2014. V. 359. 122720.
5. Hua Du, et al. Community solar PV adoption in residential apartment buildings: A case study on influencing factors and incentive measures in Wuhan. *Applied Energy*. 2024. V. 354. Part A. 122163.
6. Belal Ghaleb, et al. Application of solar PV in the building sector: Prospects and barriers in the GCC region. *Energy Reports*. 2023. V. 9. Pp. 3932-3942.
7. Hong T., Lee M., Koo C., Jeong K., Kim J. Development of a method for estimating the rooftop solar photovoltaic (PV) potential by analyzing the available rooftop area using Hillshade analysis. *Appl Energy*. 2017. V. 194. Pp. 320-322.
8. Belal Ghaleb, Muhammad Asif Assessment of solar PV potential in commercial buildings. *Renewable Energy*. 2022. V. 187. Pp. 618-630.
9. Amine Allouhi Solar PV integration in commercial buildings for self-consumption based on life-cycle economic/environmental multi-objective optimization. *Journal of Cleaner Production*. 2020. V. 270. 122375.
10. Daus Y. V., Rakitov S. A., Yudaev I. V. Assessment of the potential of the use of power plants based on the conversion of solar energy on the example of the city of Volgograd. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2016. № 2 (42). Pp. 261-267.
11. Daus Yu. V., Kharchenko V. V., Yudaev I. V. Managing Spatial Orientation of Photovoltaic Module to Obtain the Maximum of Electric Power Generation at Preset Point of Time. *Applied Solar Energy*. 2018. V. 54. No 6. Pp. 400-405.

Информация об авторах

Даус Юлия Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), e-mail: zirochka2505@gmail.com

Харченко Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электрических машин и электропривода, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), e-mail: s.kharchenko@kubsau.ru

Панченко Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной механики, ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (Российская Федерация, 127994, г. Москва, ГСП-4, ул. Образцова, д. 9, стр. 9), старший научный сотрудник лаборатории систем нетрадиционной энергетики, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 109456, г. Москва, 1-ый Вешняковский пр., д. 2, стр. 1), e-mail: pancheska@mail.ru

Author's Information

Daus Yuliya Vladimirovna, Candidate of Engineering Sciences, associate professor of the Physics department, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin street, 13), e-mail: zirochka2505@gmail.com

Kharchenko Sergey Nikolaevich, Candidate of Engineering Sciences, associate professor of the Electrical engineering, heat engineering and renewable sources department, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin street, 13), e-mail: s.kharchenko@kubsau.ru

Panchenko Vladimir Anatolyevich, Candidate of Engineering Sciences, associate professor of the department of theoretical and applied mechanics, Russian University of Transport (Russian Federation, 127994, Moscow, GSP-4, Obratsova St., 9, building 9), senior researcher at the laboratory of non-traditional energy systems, FNATS VIM (Russian Federation, 109456, Moscow, 1st Veshnyakovsky pr., 2, building 1), e-mail: pancheska@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-44

ACQUISITION AND ANALYSIS OF DATA ON THE COMPOSITION OF THE AIR ENVIRONMENT IN THE POULTRY HOUSE DURING GROWING OF BROILER CHICKENS

**Evdokimov A. P., Nikolaev S. I., Vorontsova E. S., Kondratyev A. N.,
Shkalenko V. V., Danilenko I. Yu.**

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: apevdokimov@yandex.ru

Received 04.07.2024

Submitted 25.08.2024

The study was carried out within the framework of the research agreement no. 21 dated 13.11.2023 on the topic "Research on the use of superdosing phytase from various manufacturers and assessment of its impact on the productivity of broiler chickens in the conditions of the Middle and Lower Volga region", LLC "MegaMix"

Summary

The article presents the results of the study of changes in the concentration of harmful gases in the poultry house when growing broiler chickens in the presence of ventilation operating in a given mode. The necessity of introducing feedback into the ventilation system from sensors measuring the concentration of harmful gases is shown.

Abstract

Introduction. Ventilation plays a crucial role in the microclimate of the poultry house. Elevated levels of harmful gases have a negative impact on poultry health and product yield. Efficient ventilation helps to improve the quality of the birds' housing conditions and increases the quality of the product produced. Often ventilation is carried out according to the norms developed for some averaged indicators, without taking into account the real situation. However, this approach does not guarantee an optimal mode of ventilation, because it does not take into account the actual content of harmful gases such as ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide and carbon monoxide in the air environment. Insufficient ventilation has a negative effect on poultry, while excessive ventilation leads to energy overconsumption. **Object.** Concentration of harmful gases in the poultry house during growing broiler chickens. **Materials and methods.** With the help of the developed microprocessor device, which included sensors of such gases as ammonia, hydrogen sulfide, carbon dioxide and carbon monoxide, as well as a sensor of hydrogen compounds, were measured in the dynamics of the concentration of harmful gases in the air environment of the poultry house when growing broiler chickens during 35 days. **Results and conclusion.** In the result of the conducted researches, it was found out that the presence of harmful gases in the poultry house air environment is not stable even in the presence of ventilation unit with adjustable capacity, which can lead to prohibitively high concentration of harmful substances in the air. The solution to this problem is the introduction of microprocessor-based monitoring and control system, in the feedback circuit of which sensors determining the concentration of harmful gases should be installed.

Keywords: poultry houses, microclimate of poultry houses, air environment of poultry houses, growing broiler chickens.

Citation. Evdokimov A. P., Nikolaev S. I., Vorontsova E. S., Kondratyev A. N., Shkalenko V. V., Danilenko I. Yu. Acquisition and analysis of data on the composition of the air environment in the poultry house during growing of broiler chickens. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 390-402 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-44.

Author's contribution. All authors of the current study are directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors submitted articles about travel and travel submitted in the final version.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

УДК 53.087.4: 636.5.033

**СБОР И АНАЛИЗ ДАННЫХ О СОСТАВЕ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ПТИЧНИКЕ
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ**

Евдокимов А. П., кандидат технических наук, доцент
Николаев С. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Воронцова Е. С., кандидат биологических наук
Кондратьев А. Н., магистрант
Шкаленко В. В., доктор биологических наук, доцент
Даниленко И. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследование выполнено в рамках договора НИР № 21 от 13.11.2023 по теме "Исследование применения супердозинга фитазы различных производителей и оценка его влияния на продуктивность цыплят-бройлеров в условиях Среднего и Нижнего Поволжья", ООО "МегаМикс"

Актуальность. Вентиляция играет важнейшую роль в микроклимате птичника. Повышенное содержание вредных газов негативно сказывается на здоровье птицы и выходе продукции предприятия. Эффективная работа вентиляции способствует качественному улучшению условий содержания птиц и повышает качество производимого продукта. Часто вентиляция осуществляется по нормативам, выработанным для неких усредненных показателей, без учёта реальной обстановки. Однако такой подход не гарантирует оптимального режима вентиляции, поскольку при этом не учитывается фактическое содержание в воздушной среде таких вредных газов, как аммиак, сероводород, углекислый газ и угарный газ. При этом недостаточная вентиляция оказывает негативное влияние на птицу, а избыточная – приводит к перерасходу электроэнергии. **Объект.** Концентрация вредных газов в птичнике при выращивании цыплят-бройлеров. **Материалы и методы.** С помощью разработанного микропроцессорного устройства, в состав которого входили датчики таких газов, как аммиак, сероводород, углекислый газ и угарный газ, а также датчик водородных соединений, были измерены в динамике концентрации вредных газов в воздушной среде птичника при выращивании цыплят-бройлеров в течение 35 суток. **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований установлено, что наличие вредных газов в составе воздушной среды птичника не является стабильным даже при наличии вентиляционной установки с регулируемой производительностью, что может привести к запредельно высокой концентрации вредных веществ в воздухе. Решением проблемы служит внедрение микропроцессорной системы контроля и управления, в цепи обратной связи которой должны быть установлены датчики, определяющие концентрацию вредных газов.

Ключевые слова: птичники, микроклимат птичников, воздушная среда птичников, выращивание цыплят-бройлеров.

Цитирование. Евдокимов А. П., Николаев С. И., Воронцова Е. С., Кондратьев А. Н., Шкаленко В. В., Даниленко И. Ю. Сбор и анализ данных о составе воздушной среды в птичнике при выращивании цыплят-бройлеров. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 390-402. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-44.

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. Вентиляция играет важнейшую роль в микроклимате птичника. Повышенное содержание вредных газов негативно сказывается на здоровье птицы и выходе продукции предприятия [1, 2]. Эффективная работа вентиляции способствует качественному улучшению условий содержания птиц и повышает качество производимого продукта [3].

Часто вентиляция осуществляется по нормативам, выработанным для неких усредненных показателей, без учёта реальной обстановки. Однако такой подход не гарантирует оптимального режима вентиляции, поскольку при этом не учитывается фактическое содержание в воздушной среде таких вредных газов, как аммиак, сероводород, углекислый газ и угарный газ. При этом недостаточная вентиляция оказывает негативное влияние на птицу, а избыточная – приводит к перерасходу электроэнергии.

Применение датчиков газа позволяет ввести обратную связь в процесс управления составом газовоздушной смеси птичника. Для разработки системы автоматического регулирования необходимо изучить характер изменения загазованности птичника на протяжении всего периода выращивания цыплят-бройлеров.

Материалы и методы. Для опыта были сформированы четыре группы цыплят в суточном возрасте в 3-х повторностях: контроль, I опытная, II опытная, III опытная по 30 голов в каждой. Общее количество – 360 голов. Условия содержания для всех подопытных групп были одинаковыми.

Птица содержалась в 12 секциях размером 1,0 м x 2,0 м (~ 1,8 м² с вычетом площади кормушки).

Содержание цыплят напольное, на глубокой подстилке (опилки), технология кормления, поения и параметры микроклимата соответствовали требованию кросса «Росс 308». Для обеспечения вентиляции сначала выбирался ориентировочный режим минимальной вентиляции в соответствии с рекомендованной таблицей (Справочник по выращиванию бройлеров ROSS, 2018. – URL: <https://aviagen.com> (дата обращения: 10.06.2024). – Текст: электронный), на основании которой был построен график, показанный на рисунке 1.

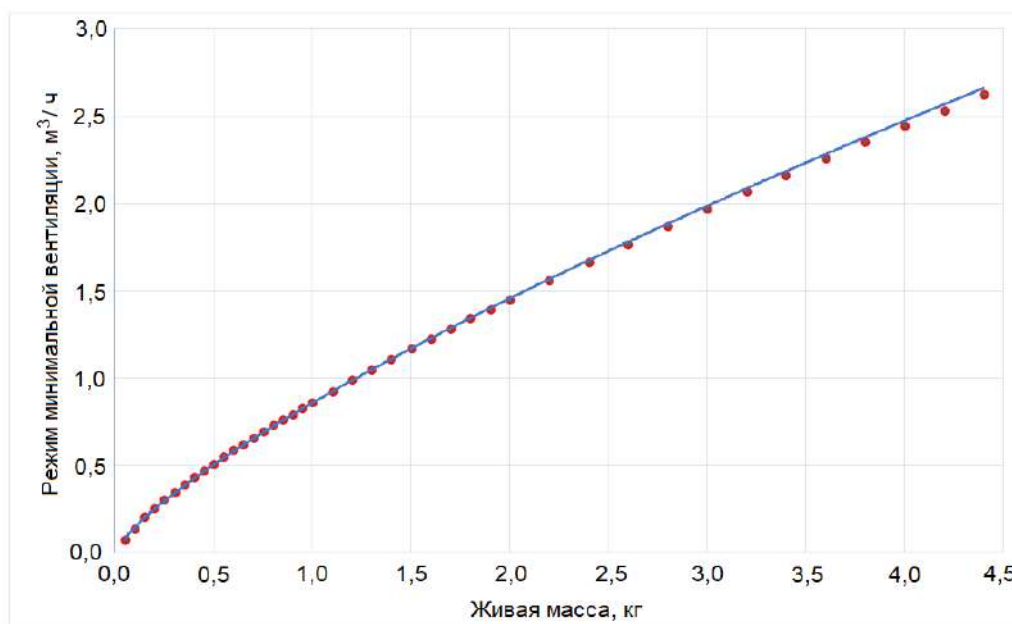


Рисунок 1 – Зависимость минимального воздухообмена на голову от средней живой массы бройлера
Figure 1 – Dependence of the minimum air exchange per head on the average live weight of the broiler

Далее по рекомендованным методикам рассчитывалась общая минимальная вентиляция в птичнике в зависимости от количества птицы и цикл работы вентиляторов с учетом производительности последних.

Дизайн опыта (распределение экспериментальных групп в зале) представлен на рисунке 2.

1	2	3	4	5	6
II	III	K	I	II	III
K	I	II	III	K	I
7	8	9	10	11	12

Рисунок 2 – Дизайн опыта
Figure 2 – Experience Design

Производство комбикормов осуществлялось в экспериментальном цехе ООО «МегаМикс». После приготовления комбикорма для подопытных групп затаривали в мешки, каждый мешок взвешивали, перемещали к месту проведения опыта (Центр нутригеномики сельскохозяйственных животных и птицы ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ).

Программа кормления цыплят-бройлеров представлена в таблице 1. Кормление цыплят производилось вволю, в начале каждого дня снимали и утилизировали остатки корма.

Таблица 1 – Программа кормления
Table 1 – Feeding program

Фаза кормления / Feeding phase	Длительность фазы, дни / Duration of the phase, days	Потребность в корме на 1 голову, кг / Feed requirement per 1 head, kg
Старт / Start	0-10	0,3
Рост / Growth	11-24	1,3
Финиш / Finish	25-35	2,3
Итого / Total	0-35	3,9

Для улучшения системы вентиляции необходимо осуществлять непрерывный сбор и анализ данных о составе воздушной среды в птичнике [4]. Для получения такой информации было разработано микропроцессорное устройство, структурная схема которого показана на рисунке 2.

Сигнал с каждого датчика поступает на аналоговые входы микроконтроллера, оцифровываются блоком АЦП, встроенным в микроконтроллер. Затем эти показания передаются с помощью протокола I2C в блок внешней памяти EEPROM. Для сбора данных была разработана программа в среде разработки MPLAB X IDE на языке программирования Си (Евдокимов А. П., Кондратьев А. Н. Программа управления микропроцессорным устройством сбора данных о составе воздушной среды // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024616759, 25.03.2024. Заявка № 2024615770 от 25.03.2024). В программе использовались процедуры: инициализации, индикации состояния, выбора аналогового канала, выбора микросхемы памяти, записи в память [5, 6]. Загруженная программа получала значения из окружающего воздуха ежеминутно.

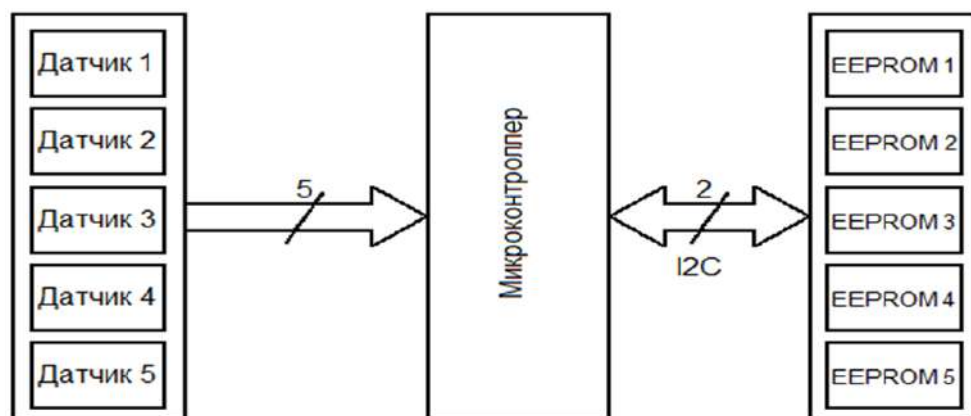


Рисунок 3 – Структурная схема микропроцессорного устройства сбора данных о составе воздушной среды

Figure 3 – Structural diagram of a microprocessor-based device for collecting data on the composition of the air environment

Применяемый в данном устройстве для получения и передачи данных микроконтроллер PIC16F876A имеет следующие технические характеристики: ширина шины данных 8-бит, тактовая частота 20 МГц, количество входов/выходов 22, объем памяти программ 7 КВ (4k x 14), тип памяти программ FLASH, объем EEPROM 128x8, объем RAM 192x8, наличие АЦП 5x10b, встроенные интерфейсы I2C, SPI, USART.

Внешняя память EEPROM используется для сохранения информации. Для доступа к информации нужно обратиться к конкретному адресу ячейки памяти. Для каждого датчика используется своя микросхема памяти.

Применяемая память EEPROM 24LC256-I/P имеет следующие характеристики: объем памяти: 256 Кбит (32К x 8), максимальная частота: 400 кГц, время доступа: 900 нс, ток потребления: чтение 3мА / режим ожидания 1 мкА, интерфейс подключения: I2C, 2-Wire Serial, защита от электростатического разряда: > 4000 В, запас прочности: 1000000 циклов запись/стирание, напряжение питания: 2,5 В...5,5 В, рабочая температура: -40 °С...85 °С.

Для отслеживания состояния изменения загрязненности воздуха тем или иным газом применены датчики газа, назначение которых приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Датчики газа
Table 2 – Gas sensors

Датчик / Sensor	Определяемый газ / Detectable Gas	Предельно допустимое значение концентрации газа для птичника, ppm / Maximum permissible value of gas concentration for poultry house, ppm
MQ-137	Аммиак / Ammonia, NH_3	16
MQ-136	Сероводород / Hydrogen sulfide, H_2S	3,5
MG812	Углекислый газ Carbon dioxide CO_2	1500
MQ-7	Угарный газ Carbon monoxide CO	16
MQ-135	Водородные соединения / Hydrogen compounds	–

Внешний вид устройства сбора данных о составе воздушной среды приведен на рисунке 4.

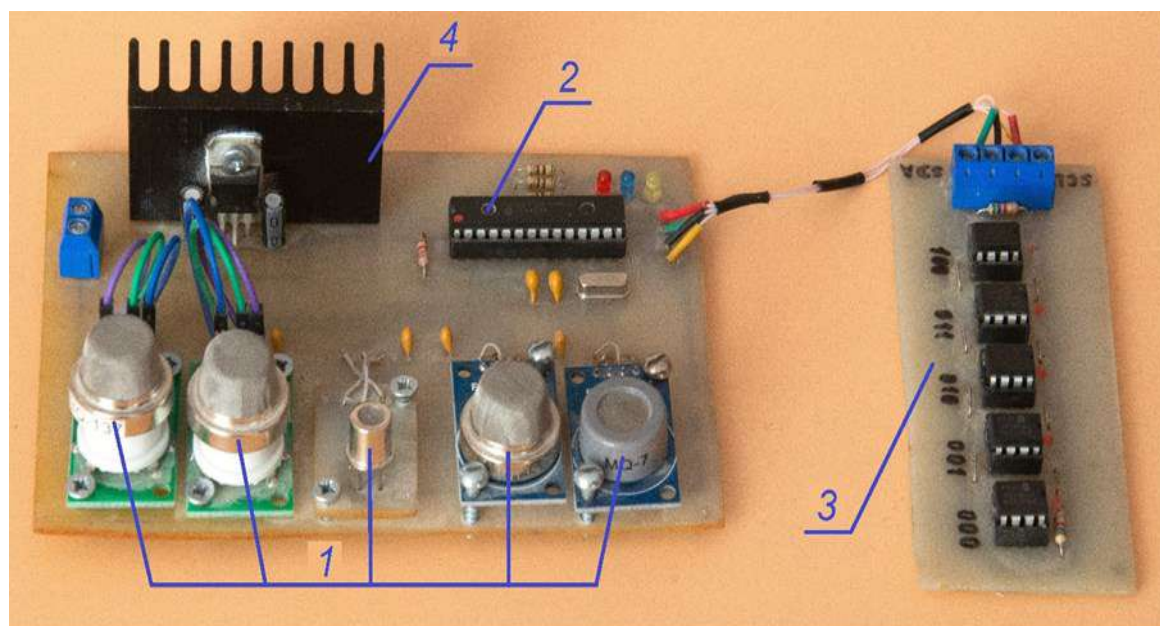


Рисунок 4 – Внешний вид устройства: 1 – датчики различных газов; 2 – микроконтроллер;
3 – блок микросхем памяти; 4 – стабилизатор напряжения с радиатором
Figure 4 – Appearance of the device: 1 – sensors of various gases; 2 – microcontroller;
3 – memory chip block; 4 – voltage stabilizer with radiator

После заполнения памяти полученные значения еженедельно переносились на компьютер в таблицы Excel с помощью устройства [7], структурная схема которого показана на рисунке 4. Устройство находилось в помещении с птицей 35 дней и собирало данные о составе воздушной среды на протяжении всего цикла развития цыплят.

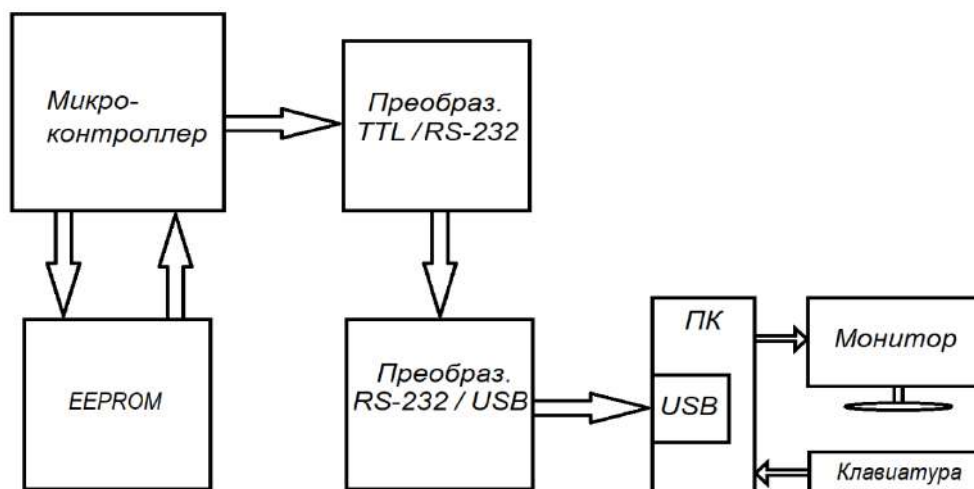


Рисунок 5 – Структурная схема связи микроконтроллера с компьютером
Figure 5 – Structural diagram of communication between a microcontroller and a computer

Микроконтроллер с внешней памятью был подключен через преобразователь интерфейса к компьютеру. Поскольку у компьютера имелся только разъем для интерфейса USB, был использован преобразователь интерфейсов RS-232/USB. Данные из микроконтроллера в компьютер передавались последовательно, и для этого необходимо было не только запрограммировать микроконтроллер (Черняев А. А., Евдокимов А. П. Программа управления микропроцессорным блоком извлечения данных о кислотности воды // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2023665967, 25.07.2023. Заявка № 2023665161 от 20.07.2023), но и иметь определенное программное обеспечение, установленное на ПК. Одной из программ, позволяющей компьютеру принимать последовательные данные, является программа Terminal v1.9b, хотя могут быть использованы любые стандартные средства последовательной передачи данных.

Для размещения полученных компьютером данных табличным процессором Excel была использована надстройка программного обеспечения Parallax Data Acquisition tool (PLX-DAQ) для Microsoft Excel.

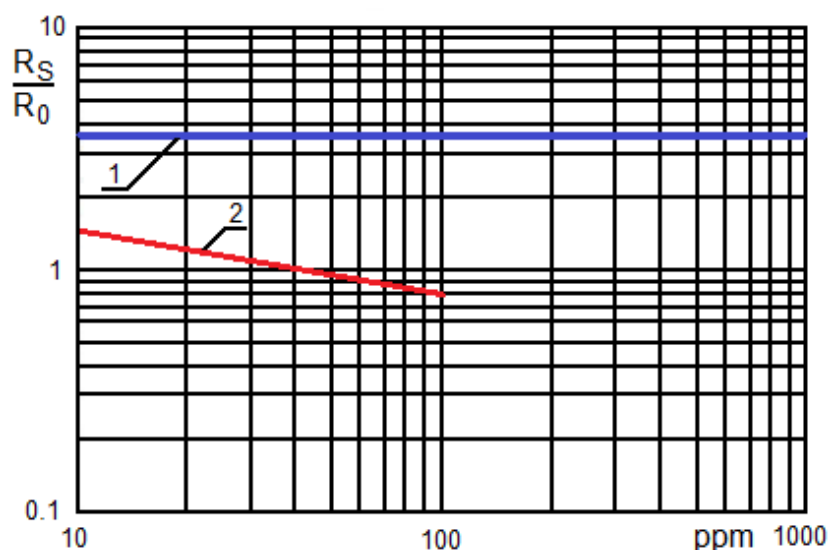


Рисунок 6 – Характеристики чувствительности датчика MQ-137: 1 – для воздуха; 2 – для аммиака
Figure 6 – Sensitivity characteristics of the MQ-137 sensor: 1 – for air; 2 – for ammonia

После проведения эксперимента все данные по каждому датчику были собраны в единую таблицу для обработки и анализа.

Собранные данные представляют собой значения в условных единицах от 0 до 1023. Для того чтобы получить необходимую информацию о содержании вредных газов в помещении, необходимо откалибровать датчики. Рассмотрим калибровку датчика на примере датчика аммиака MQ-137.

С помощью графика на рисунке 5 можно узнать концентрацию газа в помещении. Единица измерения концентрации газа обозначена как *ppm* (англ. «parts per million» – «частей на миллион»), т.е. 1 *ppm* соответствует 0,0001%. R_0 – это сопротивление датчика при 40 *ppm* NH_3 в «чистом» воздухе, т.е. при отсутствии других газов, которые могли бы изменить сопротивление датчика. R_s – сопротивление датчика при произвольной концентрации исследуемого газа.

Поскольку внутренне сопротивление датчика R_s и сопротивление резистора, с которого снимается выходное напряжение U_{RL} , представляют собой делитель напряжения, то для расчета сопротивления R_s может быть использовано следующее выражение:

$$R_s = \left(\frac{U_c}{U_{RL}} - 1 \right) \cdot R_L, \quad (1)$$

где U_c – значение питающего напряжения (5 В); U_{RL} – значение напряжения на аналоговом выходе датчика; R_L – значение сопротивления резистора на выходе датчика.

Значение напряжения V_{RL} на аналоговом выходе датчика получается путем умножения полученных условных единиц на выходе АЦП на шаг квантования. Например, для чистого воздуха значение напряжения U_{RL} , найденное экспериментально, составило $302 \cdot 0,005 = 1,51$ В. Далее, подставив значение U_{RL} в выражение (1), получаем значение сопротивления, которое для чистого воздуха обозначим как R_0 . После определения данных параметров становится доступным определение отношения $\frac{R_s}{R_0}$ и, соответственно, концентрация аммиака по графику, показанному на рисунке 6.

В связи с тем, что данный график приведен в логарифмическом масштабе, зависимость $\frac{R_s}{R_0}$ изменяется по логарифмическому закону и определяется следующим уравнением:

$$\log(y) = m \cdot \log(x) + b, \quad (2)$$

где y – отношение $\frac{R_s}{R_0}$; x – концентрация газа, *ppm*; m – наклон линии; b – точка пересечения кривой с осью ординат.

Для нахождения значений m и b необходимо рассмотреть две точки $(x_1; y_1)$ и $(x_2; y_2)$ на линии газа аммиака. Для этого выбираем точки (40; 1) и (100; 0,8). Далее производим расчет по формуле:

$$m = [\log(y_2) - \log(y_1)] / [\log(x_2) - \log(x_1)] = -0,243$$

Для нахождения b берем среднюю точку графика с координатами (70; 0,75) и производим расчет:

$$b = \log(y) - m \cdot \log(x) = 0,323$$

После нахождения всех необходимых коэффициентов становится доступным нахождение концентрации газа аммиака (*ppm*) по известным значениям $\frac{R_s}{R_0}$:

$$ppm = 10^{\{[\log(\frac{R_s}{R_0}) - b] / m\}} \quad (3)$$

Аналогичным способом были рассчитаны концентрации других газов. Следует заметить, что, хотя такой способ измерения концентрации вредных газов является не вполне точным, вместе с тем он позволяет наблюдать тенденции изменения концентрации вредных газов в птичнике в процессе выращивания цыплят-бройлеров. Для уточнения абсолютных значений концентрации тех или иных газов могут быть применены сертифицированные газоанализаторы, которые являются весьма дорогостоящими и не приспособлены к встраиванию в системы автоматизации.

Результаты и обсуждение. После обработки результатов [8] и получения полных данных по каждому газу были построены графики зависимости концентрации газа от времени (рисунки 6-10).

Полученные данные отражают состояние качества воздуха в процессе развития птиц. На представленных графиках видно, что для аммиака, сероводорода, угарного газа и в целом водородных соединений происходит постепенное увеличение содержания вредных газов в воздухе по мере роста цыплят приблизительно до 30-го дня эксперимента, после чего происходит снижение концентрации вредных веществ. Исключением является углекислый газ, для которого максимум достигается раньше, но тенденции те же: сначала рост концентрации газа, затем – убывание. Видимо, такое поведение кривых можно объяснить только неэффективным режимом работы вентиляционного оборудования, который, как уже было сказано, задается по рекомендациям, носящим весьма приблизительный характер. Если усилить вентиляцию помещения, не имея данных о фактическом состоянии воздушной среды, то это может привести, с одной стороны, к неоправданным потерям энергии, с другой – вредно сказаться на состоянии цыплят.



Рисунок 6 – Изменение концентрации аммиака (NH_3) в течение эксперимента
Figure 6 – Change in ammonia concentration (NH_3) during the experiment



Рисунок 7 – Изменение концентрации сероводорода (H_2S) в течение эксперимента
Figure 7 – Change in hydrogen sulfide concentration (H_2S) during the experiment

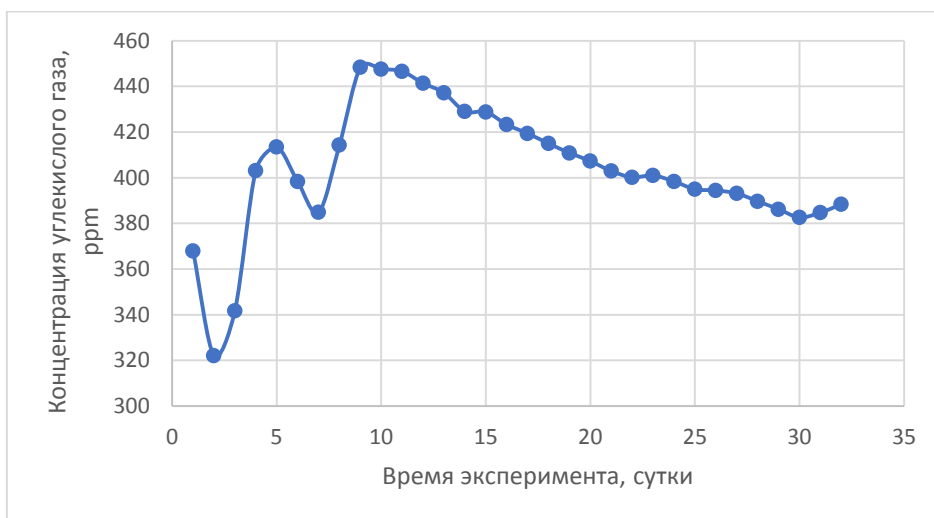


Рисунок 8 – Изменение концентрации углекислого газа (CO_2) в течение эксперимента
Figure 8 – Change in the concentration of carbon dioxide (CO_2) during the experiment



Рисунок 9 – Изменение концентрации угарного газа (CO) в течение эксперимента
Figure 9 – Change in carbon monoxide (CO) concentration over the course of the experiment



Рисунок 10 – Изменение концентрации водородных соединений в течение эксперимента
Figure 10 – Change in the concentration of hydrogen compounds during the experiment

Схожесть характера изменения концентрации различных газов в воздушной среде в процессе выращивания цыплят-бройлеров приводит к мысли о возможности использования одного датчика для мониторинга состава воздуха в помещении, например, датчика водородных соединений, что позволит охватить сразу целую группу газов и приведет к удешевлению системы контроля.

В настоящее время предпринимаются попытки улучшить качество воздуха в птичнике средствами электроники [9, 10, 11]. Для повышения эффективности работы вентиляционной установки предлагается использовать автоматизированную систему управления с обратной связью [12], один из вариантов реализации которой показан на рисунке 10.

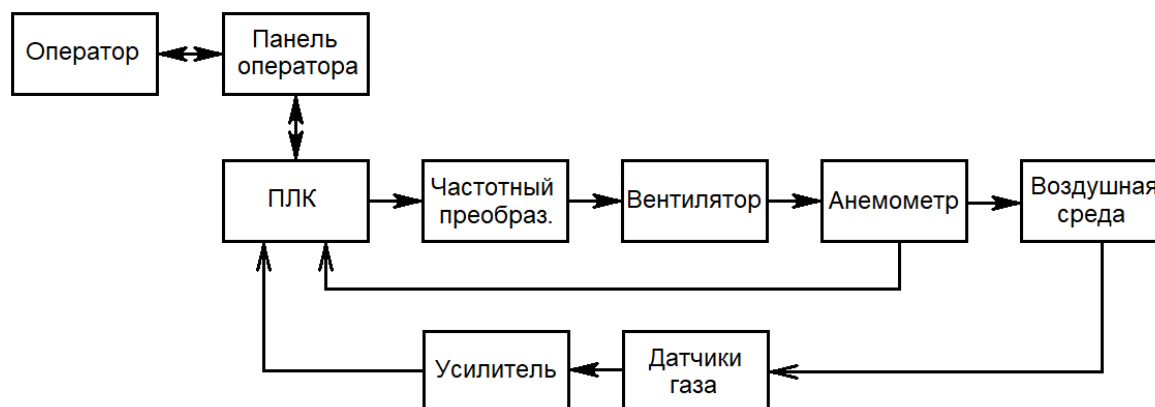


Рисунок 10 – Структурная схема системы контроля состава воздушной среды
Figure 10 – Structural diagram of the air composition control system

Все основные управляющие элементы схемы, включая программируемый логический контроллер, частотный преобразователь и панель оператора, используемые для данной системы, могут быть приобретены на отечественном рынке, в частности у российской компании ЕКФ.

Программируемый логический контроллер F100-12A-R представляет собой электронное устройство, применяемое для управления технологическими процессами на предприятии. Применение ПЛК позволяет создать практически полностью автономную систему управления, осуществляющую свою работу с учетом параметров, характеристик и состояния контролируемого объекта. В состав программируемого логического контроллера входят все необходимые функциональные блоки для вычислений, сохранения и передачи информации, а также цифровые и аналоговые порты ввода/вывода. К данным портам могут быть подключены различные датчики, с которых могут быть получены значения измеряемых параметров.

Совместно с ПЛК используется частотный преобразователь, например, марки VT100-0R4-1(B). Для его питания необходима однофазная сеть с напряжением 220 В и частотой 50 Гц, выпускается и трехфазный вариант. Частотный преобразователь имеет 5 дискретных входов, 2 аналоговых и достаточно широкие возможности для программирования и реализации программ управления вентилятором. Он рассчитан на номинальную мощность двигателя в 0,4 кВт.

Панель оператора предназначена для создания компактных локальных пультов управления и индикации технологических процессов. Такое устройство исключает необходимость применения большого количества индикаторов, кнопок, переключателей и другой аппаратуры. Используемая в системе панель PROScreen RSC-10E имеет следующие характеристики: размер экрана – 10,1 дюйма, четырехпроводный резистивный TFT LCD дисплей, интерфейсы USB, RS-232/485/422, Ethernet, степень пылевлагозащиты IP65.

При натурном эксперименте была применена вентиляционная установка, которая включает в себя асинхронный двигатель АОЛ 22-4 У2 и радиальный вентилятор, необходимый для циркуляции воздуха в помещении и, соответственно, регулирования состава воздушной среды. Двигатель имеет следующие технические характеристики: номинальная мощность – 0,4 кВт; номинальное напряжение – 220/380 В; схема соединения фаз – тре-

угольник/звезда; частота вращения – 1500 об/мин; тип ротора – короткозамкнутый. Для работы используется схема соединения треугольник и подаваемое напряжение 220 В. Площадь сечения воздухопровода вентилятора $F_{\text{сеч}} = 0,0484 \text{ м}^2$.

Внешний вид блока управления показан на рисунке 11.



Рисунок 11 – Блок управления системы контроля состава воздушной среды
Figure 11 – Control unit of the air composition control system

Разработанная система контроля сможет в реальном времени оценивать ситуацию с помощью датчиков газа, таким образом процесс вентиляции и очистки воздушной среды от вредных газов станет более энергоэффективным.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что наличие вредных газов в составе воздушной среды птичника не является стабильным даже при наличии вентиляционной установки с регулируемой производительностью, что может привести к предельно высокой концентрации вредных веществ в воздухе. Решением проблемы служит внедрение микропроцессорной системы контроля и управления, в цепи обратной связи которой должны быть установлены датчики, определяющие концентрацию вредных газов.

Conclusions. As a result of the research, it was found that the presence of harmful gases in the air of the poultry house is not stable even in the presence of a ventilation unit with adjustable capacity, which can lead to an extremely high concentration of harmful substances in the air. The solution to the problem is the introduction of a microprocessor-based monitoring and control system, in the feedback circuit of which sensors should be installed to determine the concentration of harmful gases.

Библиографический список

1. Palii A. P., et al. Research of techniques of microclimate improvement in poultry houses. Ukrainian Journal of Ecology. N 9. Pp. 47-51.
2. Тайлаков А. А., Муртазаев Б. А. Анализ традиционных систем вентиляции, основного оборудования для охлаждения воздуха и методов их расчета. Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". 2020. № 8. С. 499-508.
3. Искандерова А. Д. Совершенствование системы вентиляции птичника. Аграрная наука. 2014. № 5. С. 27-28.
4. Петрухнова Г. В., Болдырев И. Р., Горина М. О., Груздев Д. А. Система сбора данных. Вестник Воронежского государственного технического университета. 2024. Т. 20. № 1. С. 20-24.
5. Каменко М. В. Программирование микроконтроллеров и их интеграция в промышленное оборудование. Universum: технические науки. 2024. № 2-7 (119). С. 18-22.
6. Розов А. С., Зюбин В. Е. Адаптация процесс-ориентированного подхода к разработке встраиваемых микроконтроллерных систем. Автометрия. 2019. Т. 55. № 2. С. 114-122.

7. Евдокимов А. П., Евдокимов Р. А., Черняев А. А. Исследование изменения уровня кислотности воды в установках замкнутого водоснабжения. Известия НВ АУК. 2022. № 2 (66). С. 480-490.
8. Копырин А. С., Видищева Е. В. Технологии обработки и очистки данных, выявления и устранения шумов на временном ряду. Вестник Академии знаний. 2020. № 39 (4). С. 220-227.
9. Савчук И. В., Бояринов Е. Анализ автоматизированных систем управления микроклимата птичников. Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 5. С. 242-246.
10. Мартынов Е. А. Система мониторинга микроклимата помещения для содержания цыплят-бройлеров. Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 4 (28). С. 72-78.
11. Харченко Д. П., Оськина Г. М., Курченко Н. Ю. Микроконтроллерный модуль электропривода вентилятора птичника. Сельский механизатор. 2019. № 1. С. 35-36.
12. Kondratyev A., Evdokimov A. Monitoring the composition of the air environment in livestock buildings using a programmable logic controller. III International Conference on Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture. E3S Web of Conferences, Dushanbe, 2023. V. 463. P. 02037.

References

1. Palii A. P., et al. Research of techniques of microclimate improvement in poultry houses. Ukrainian Journal of Ecology. N 9. Pp. 47-51.
2. Taylakov A. A., Murtazaev B. A. Analysis of Traditional Ventilation Systems, Basic Equipment for Air Cooling and Methods of Their Calculation. Electronic network polytechnical journal "Scientific Works of KubSTU". 2020. № 8. Pp. 499-508.
3. Iskandarova A. D. Improvement of the poultry house ventilation system. Agrarian science. 2014. № 5. Pp. 27-28.
4. Petrukhova G. V., Boldyrev I. R., Gorina M. O., Gruzdev D. A. Data Collection System. Bulletin of the Voronezh State Technical University. 2024. V. 20. № 1. Pp. 20-24.
5. Kamenko M. V. Programming of Microcontrollers and Their Integration into Industrial Equipment. Universum: Technical Sciences. 2024. № 2-7 (119). Pp. 18-22.
6. Rozov A. S., Zyubin V. E. Adaptation of a process-oriented approach to the development of embedded microcontroller systems. Autometry. 2019. V. 55. № 2. Pp. 114-122.
7. Evdokimov A. P., Evdokimov R. A., Chernyaev A. A. Study of changes in the level of water acidity in closed water supply installations. Izvestiya NV AUK. 2022. № 2 (66). Pp. 480-490.
8. Kopyrin A. S., Vidishcheva E. V. Technologies for Data Processing and Cleaning, Noise Detection and Elimination in the Time Series. Bulletin of the Academy of Knowledge. 2020. № 39 (4). Pp. 220-227.
9. Savchuk I. V., Boyarinov E. Analysis of Automated Control Systems for the Microclimate of Poultry Houses. Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region. 2023. № 5. Pp. 242-246.
10. Martynov E. A. Microclimate Monitoring System for Broiler Chickens. Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects. 2020. № 4 (28). Pp. 72-78.
11. Kharchenko D. P., Oskina G. M., Kurchenko N. Y. Microcontroller module of the poultry house fan electric drive. Rural machine operator. 2019. № 1. Pp. 35-36.
12. Kondratyev A., Evdokimov A. Monitoring the composition of the air environment in livestock buildings using a programmable logic controller. III International Conference on Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture. E3S Web of Conferences, Dushanbe, 2023. V. 463. P. 02037.

Информация об авторах

Евдокимов Алексей Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: arevdokimov@yandex.ru

Николаев Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Кондратьев Александр Николаевич, магистрант кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: alxndrkndrtv@gmail.com

Шкаленко Вера Владимировна, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Даниленко Ирина Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: taranova_15@mail.ru

Author's Information

Evdokimov Aleksey Petrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department "Electrical Equipment and Electrical Equipment of Agricultural Enterprises" of the Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: arevdokimov@yandex.ru

Nikolaev Sergey Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Kondratyev Aleksander Nikolayevich, master of the Department "Electrical Equipment and Electrical Facilities of Agricultural Enterprises" of the Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: alxndrkndrtv@gmail.com

Shkalenko Vera Vladimirovna, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Danilenko Irina Yuryevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department "Feeding and Breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: taranova_15@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-45

DEVELOPMENT OF THE WORKING BODY OF A VERTICAL PNEUMATIC CHANNEL FOR CLEANING SUNFLOWER MEAL

Khamuev V. G., Pehalsky I. A., Gerasimenko S. A., Borzenko S. I.

*Federal Scientific Agroengineering Center VIM
Moscow, Russian Federation*

Corresponding author e-mail: stanislav.mkm@gmail.com

Received 04.07.2024

Submitted 04.09.2024

Summary

The article presents the results of a study of the sunflower meal purification process in a vertical pneumatic channel. A working body (column accelerator) has been developed, which increases the exposure of the separation process in a vertical pneumatic channel, which helps to increase the efficiency of the husk separation process from protein.

Abstract

Introduction. One of the important problems in the secondary processing of sunflower meal (from oilseed production waste) is the separation of the husk from the source material. The disadvantage of the sieves is the frequent clogging and, as a result, the need to clean the sieves, which leads to stops and an increase in the duration of the process, and labor costs. The use of column air flow accelerators in a vertical pneumatic channel makes it possible to significantly increase the exposure of the separation process and the clarity of material separation, reduce technological operations, and reduce energy costs and processing time. **Object.** The object of the study is the process of interaction of sunflower meal with the working body of a vertical pneumatic channel. **Materials and methods.** The research was conducted at the Federal Scientific Agroengineering Center VIM. A working organ (column accelerator) has been developed, which allows the protein to be purified from the husk in the vertical pneumatic channel. **Results and conclusions.** A device has been developed that accelerates the air flow (column accelerator) over a layer of separated flow in a vertical pneumatic separation channel. It was found that pure protein with a yield of 80% without husk (their completeness of isolation can be 100%) can be isolated at a speed of 4 m/s, and 100% protein yield can be carried out at a speed of more than 6 m/s, but the completeness of husk isolation will be 100%, which is a negative effect, and small lumps of meal (clumped protein and husk) are only 50%.

Keywords: meal, meal cleaning, oilseed waste.

Citation. Khamuev V. G., Pehalsky I. A., Gerasimenko S. A., Borzenko S. I. Development of the working body of a vertical pneumatic channel for cleaning sunflower meal. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 402-411 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-45.

Author's contribution. All the authors of this study participated 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 interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.171

РАЗРАБОТКА РАБОЧЕГО ОРГАНА ВЕРТИКАЛЬНОГО ПНЕВМОКАНАЛА ДЛЯ ОЧИСТКИ ШРОТА ПОДСОЛНЕЧНИКА

Хамуев В. Г., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
Пехальский И. А., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
Герасименко С. А., младший научный сотрудник
Борзенко С. И., младший научный сотрудник

*Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ
г. Москва, Российская Федерация*

Актуальность. Одной из важных проблем при вторичной обработке шрота подсолнечника (отход масличного производства) является отделение лузги от белка. Недостатком решет является частая засоренность и, как следствие, необходимость очистки решет, что ведет к остановкам, увеличению длительности процесса и трудозатратам. Применение колонковых ускорителей воздушного

потока в вертикальном пневмоканале позволяет существенно повысить экспозицию процесса сепарирования и четкость разделения материала, сократить технологические операции, уменьшить энергозатраты и время обработки. **Цель исследования** – повышение эффективности выделения белковой фракции при переработке отходов масличного производства. **Объект.** Объектом исследования является процесс взаимодействия шрота подсолнечника с рабочим органом вертикального пневмоканала. **Материалы и методы.** Исследования проводили в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Разработан рабочий орган (колонковый ускоритель), который позволяет очищать белок от лузги в вертикальном пневмоканале. **Результаты и выводы.** Разработано устройство, ускоряющее воздушный поток (колонковый ускоритель) над слоем разделяемого потока в вертикальном пневмосепарирующем канале. Установлено, что чистый белок с выходом в 80% без лузги (их полнота выделения может составить 100%) можно выделить при скорости 4 м/с, а 100% выход белка можно осуществить при скорости более 6 м/с, но при этом полнота выделения лузги составит – 100%, что является негативным эффектом, а мелких комочков шрота (слипшиеся белок и лузга) лишь 50%.

Ключевые слова: шрот, очистка шрота, отходы масличного производства.

Цитирование. Хамуев В. Г., Пехальский И. А., Герасименко С. А., Борзенко С. И. Разработка рабочего органа вертикального пневмоканала для очистки шрота подсолнечника. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 402-411. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-44.

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. За последние 10 лет производство подсолнечника в России продолжает активно развиваться, что подтверждается ростом валовых сборов культуры до 15,7 млн тонн и посевных площадей – до 9,8 млн га [1].

Лидирующее место в России занимает шрот подсолнечника – ценное вторичное растительное сырьё, образующееся при получении масла, является перспективным источником высококачественного белка для кормовой промышленности с содержанием протеина 30-45%. Производство в РФ шрота подсолнечника составляет более 3,5 млн т и является вторичным ресурсом растительного сырья, а также дополнительным источником ценных веществ природного происхождения, которые могут быть решением продовольственных, экологических и энергетических проблем [2].

Технологии выделения протеина из отходов масличного производства основываются на двух методах: экстрагирование в жидкой среде и механическая или пневматическая сепарация [3].

Первый наиболее распространенный, дорогостоящий и сложный. Суть его в измельчении предварительно очищенного продукта, смешивании с водой, кислотным или иным раствором до образования белковой дисперсии. Затем дисперсию сепарируют, выделяя осадком из образованного экстракта протеин.

В основе второго метода лежит выделение протеиновых фракций из предварительно обезжиренных и измельченных продуктов переработки в результате различия в физико-механических свойствах (геометрических, аэродинамических и т.д.). К недостаткам этого способа следует отнести сравнительно низкий выход белковых концентратов из-за несовершенства технических средств разделения. Преимущество заключается в возможности регулирования и комбинирования состава получаемого продукта, а также в исключении использования жидких сред и необходимости их очистки.

Это связано с типовым наличием машин в одноцикловой очистки (как правило решётные сепараторы) и невозможностью с финансовой стороны иметь двух- и трехцикловую очистку. Повторная очистка в рамках существующих технологических линий не дает действующей экономической эффективности, т.к. приведенные затраты на очистку 1 тонны увеличиваются в 2 раза, а доля выделяемых примесей в денежном эквиваленте не превышает 15% понесенных затрат [4].

Материалы и методы. На сегодняшний день для очистки сыпучих смесей применяют следующие машины. Универсальные очистители серии Petkus серии U являются воздушно-решетными сепараторами и применяются для всех видов очистки сельскохозяйственных культур (предварительная, товарная, семенная). Универсальные очистители серии U оборудованы двумя пневмосепараторами и двумя решетными станами, качающими-

ся навстречу друг другу с различным числом решетных плоскостей. Характеристики универсальных очистителей серий U приведены в таблице 1, а общий вид и технологическая схема U 40-4G на рисунке 1.

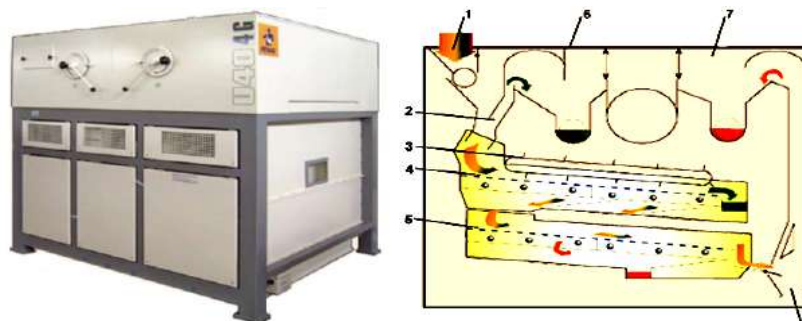


Рисунок 1 – Универсальный очиститель U 40-4G. Общий вид и технологическая схема
Figure 1 – Universal cleaner U 40-4G. General view and flow chart

Таблица 1 – Технические характеристики универсальных очистителей серий U
Table 1 – Technical characteristics of universal purifiers of the U series

Технические характеристики / Specifications	U 40-4G	U 60-6G	U 12 2.4	U 15 2.4
Производительность, т/ч / Capacity, t/h	4	6	8	25
Предварительная очистка, т/ч / Pre-cleaning, t/h	3	4	–	–
Установленная мощность, кВт / Installed power, kW	11 (без вентилятора / fanless)	15 (без вентилятора / fanless)	19,4	24,0
Масса, кг / Weight, kg	1700	1750	3000	3800

Питающее устройство и герметичность рабочего пространства позволяет обрабатывать как зерновые, так и мелкосемянные культуры, включая семена трав [5].

Универсальный сепаратор серии Westrup серии UB, предназначен для тонкой очистки и сортировки легких и тяжелых семян зерновых и мелкосемянных культур. Технические характеристики представлены в таблице 2, а на рисунке 2 общий вид и технологическая схема.

Таблица 2 – Технические характеристики сепаратора серии UB
Table 2 – Technical characteristics of the UB series separator

Технические Характеристики / Specifications	UB-600	UB-1000	UB-1250	UB-1500
Производительность, т/ч (очистка семян пшеницы) / Capacity, t/h (wheat seed cleaning)	1,5	3,0	3,8	4,5
Установленная мощность, кВт / Installed power, kW	4,1	5,1	5,5	7,0
Масса, кг / Weight, kg	600	1000	1250	1500

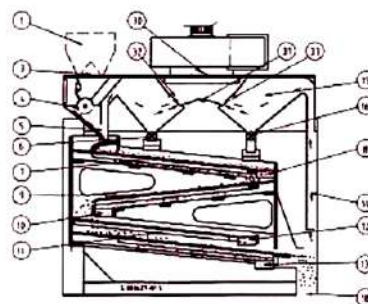


Рисунок 2 – Универсальный сепаратор UB-600. Общий вид и технологическая схема
Figure 2 – Universal separator UB-600. General view and flow chart

Другим распространенным импортным очистителем семенных смесей является Cimbria Дельта Супер – серии 100. Данный аппарат предназначен для тонкой очистки семенного материала зерновых и мелкосемянных культур. Этот образец обладает следующими техническими характеристиками: производительность до 2,5 т/ч; установленная мощность – 9,6 кВт; площадь решет – 3,2 м² [6].

Пневматический сортировальный стол МОС-9Н, ОАО ГСКБ «Зерноочистка» предназначен для очистки и сортирования семян, включая мелкосеменные. Обеспечивает отделение трудновыделимых сорняков и сортирование семян основной культуры. Может быть включен в состав очистительного отделения поточной линии КОС-2,0 вместо машины ПСС-2,5. Технические характеристики представлены в таблице 3, а на рисунке 3 общий вид и технологическая схема [7].

Таблица 3 – Технические характеристики МОС-9Н
Table 3 – Technical characteristics of MOS-9N

Производительность, т/ч / Capacity, t/h	1,5
Установленная мощность, кВт / Installed power, kW	16,1
Габаритные размеры, мм / Overall dimensions, mm	2600x1900x2000
Масса, кг / Weight, kg	1180

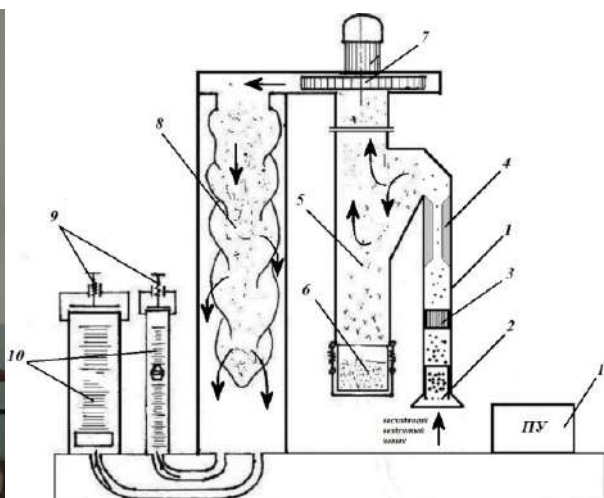


Рисунок 3 – Общий вид и технологическая схема пневматического сортировального стола МОС-9Н
Figure 3 – General view and flow diagram of the MOS-9N pneumatic sorting table

Результаты и обсуждение. Для исследования была создана имитационная модель пневмосепарирующего канала с колонковым ускорителем на базе лабораторной установки Petkus K-293 (рисунок 4).

Загрузочная кассета предназначена для засыпки обрабатываемого материала массой не более 50 г. Пневмосепарирующий канал квадратного сечения размером 50×50 мм и высотой 450 мм. Для наблюдения за процессом сепарации задняя и передняя стенки канала сделаны из органического стекла.

Пылеуловитель 8 представляет собой матерчатый фильтр. За ним установлены два ротаметра – большой и малый с внутренними диаметрами 70 и 35 мм соответственно. Регулировка расхода воздуха происходит поднятием и опусканием заслонок 9, расположенных над ротаметрами 10. Большой ротаметр служит для грубой регулировки расхода воздуха, а малый – для точной. Генератором потока воздуха служит высокоскоростной центробежный вентилятор 7.



- 1 – пневмосепарирующий канал; 2 – загрузочная кассета с перфорированным дном; 3 – пластинчатый выравниватель воздушного потока; 4 – колонковый ускоритель воздушного потока; 5 – осадочная камера; 6 – емкость для приема легкой фракции; 7 – вентилятор с электродвигателем; 8 – пылеуловитель; 9 – устройство для регулировки расхода воздуха; 10 – ротаметр; 11 – пульт управления
- 1 – pneumatic separation channel; 2 – loading cassette with a perforated bottom; 3 – plate air flow equalizer; 4 – column air flow accelerator; 5 – suction chamber; 6 – container for receiving light fraction; 7 – fan with electric motor; 8 – dust catcher; 9 – flow control device 10 – rotameter; 11 – control panel

Рисунок 4 – Общий вид и конструктивная схема имитационной модели пневмосепарирующего канала разрабатываемой машины

Figure 4 – General view and design diagram of the simulation model of the pneumatic separation channel of the developed machine

Технологический процесс установки следующий. Обрабатываемый материал засыпается в загрузочную кассету 2, которая устанавливается в пневмосепарирующий канал 1, где восходящим воздушным потоком разделяется на легкую и тяжелую фракции, проходя через пластинчатый выравниватель воздушного потока 3 и колонковый ускоритель воздушного потока 4. Лёгкая фракция восходящим воздушным потоком уносится в осадочную камеру 5. В осадочной камере легкая фракция осаждается в приемник 6, а пыль через вентилятор 7 уносится в пылеуловитель 8.

Скорость воздушного потока в канале определялась с помощью цифрового ручного термоанемометра Dwyer series 471. Анемометр жестко закреплялся на внешней продольной стороне канала, поперек движению воздушного потока. Взвешивание полученных фракций производили на лабораторных электронных весах: GF-600 «AND» d=0,001g. Исходный материал (рисунок 5) влажностью 11,0% представляет собой шрот – отход производства масла подсолнечника, содержащий белок (34,09%) примеси: мелкая лузга (56,44%), мелкие комочки слипшихся белки и лузги (9,47%) [8].



Рисунок 5 – Общий вид исходного материала и распределения его составных фракций

Figure 5 – General view of the source material and the distribution of its constituent fractions

Исходный материал изначально представляет слабо сыпучую смесь, состоящую из крупных комков спрессованного шрота с размером не более 30 мм. Спрессованный шрот представляет собой гетерогенную слипшуюся смесь белка и лузги. Поэтому, для того чтобы разорвать связь между белком и лузгой шрот предварительно измельчили до таких размеров, чтобы измельченный материал проходил через плетёное сито с квадратными ячейками размером 0,7 мм.

Для изучения физико-механических свойств (скорости витания) компонентов измельчённого шрота материал (навеска 300 г) предварительно разделили на решётном классификаторе РКФ-1 (в течение 3 мин) с ситами, имеющими размер ячеек 0,45 и 0,28 мм. Затем полученные фракции – белок, мелкая лузга и мелкие комочки слипшихся белка и лузги (навески по 30 г) продували на ротаметрическом классификаторе РПК-30 в течении 3 мин. (в 3-х кратной повторности), плавно увеличивая скорость в пневмоканале ротаметра. После каждого увеличения скорости воздуха получали навеску вынесенной фракции. Её взвешивали и определяли процентное отношение к общей массе навески. По результатам работы на классификаторе строили дифференциальные и интегральные кривые распределения скоростей витания компонентов измельчённого шрота.

Полноту выделения отхода ε (%) и выход белка ξ (%), отнесенных к их общему содержанию в исходном материале, определяли по формулам: [9]

$$\varepsilon = \frac{M_{\Sigma \text{отх.}}}{M_{\text{О.отх.}}} \cdot 100, \quad (1)$$

$$\xi = \frac{M_{\Sigma \text{белк.}}}{M_{\text{О.белк.}}} \cdot 100, \quad (2)$$

где $M_{\Sigma \text{отх.}}$ – суммарная масса частиц отхода во фракционных ёмкостях, г; $M_{\text{О.отх.}}$ – общая масса отхода в исходном материале, г; $M_{\Sigma \text{белк.}}$ – суммарная масса частиц белка во фракционных ёмкостях, г; $M_{\text{О.белк.}}$ – общая масса белка в исходном материале, г.

Для всех серий опытов число повторностей равнялась трем.

Исследовали имитационные модели на макете пневмосепарирующего канала для определения распределения подаваемой смеси на фракции на основе физико-механических свойств [10]. Процессы аэродинамического взвешивания сепарируемых материалов разделяются на три стадии:

- первая стадия (фильтрация) – разделяемый материал с определённой толщиной слоя неподвижен, в свободном пространстве между твердыми частицами материала воздух движется, его движение характеризуется сужениями и расширениями отдельных струй, и извилистостью путей, т. е. направлением движения этих струй, по свободному объёму слоя материала;

- вторая стадия (витание частиц слоя) – разделяемый материал при увеличении скорости воздушного потока взвешивается, за счёт расширения слоя разделяемого материала, т. е. уменьшения весовой концентрации твёрдой фазы, при этом действительная скорость воздушного потока в свободном пространстве всегда больше скорости потока над слоем материала, т. е. свободном от материала канале, поэтому всплывающие на поверхность легкие частицы не могут быть вынесены вверх;

- третья стадия (сепарация и транспортирование) – частицы выносятся воздушным потоком вверх, за счёт его дальнейшего увеличения, при этом вместе с легкими частицами одной фракции выносятся частицы другой фракции.

Для сепарации в классических пневмосепараторах используется третья стадия аэродинамического взвешивания, поэтому и происходят потери полноценного материала, поскольку он выделяется и выносятся воздушным потоком вместе с лёгкими частицами, которые, например, являются примесями [11].

Для использования второй стадии взвешивания необходимо использовать устройство, ускоряющее воздушный поток над слоем разделяемого потока, при котором будут выноситься только выделяемые на поверхность взвешенного слоя лёгкие частицы. Таким

устройством могут быть ускорители воздушного потока, представляющие собой прямые равнобокие трапецевидные призмы толщиной t (рисунок 6), установленные большей стороной у стенок пневмосепарирующего канала прямоугольного сечения на высоте h над слоем сепарируемого материала [12].

Вторая стадия аэродинамического взвешивания может характеризоваться достаточно большим диапазоном изменения скорости воздушного потока. Условно интервал скоростей можно разделить на две части: часть константного (устойчивого) витания (вначале взвешивания), при котором в витающем слое происходит сохранение расстояния между частицами и часть неконстантного (неустойчивого) витания, при котором наблюдается непрерывное, хаотическое движение частиц. Интенсивное движение объясняется возникновением между частицами гидродинамических сил притяжения и турбулентными пульсациями потока, которые перемешивают всплывающие на поверхность легкие частицы, не давая им выделяться из материала. На это также влияет неправильная форма (отличная от шара) и удельный вес частиц, фракционный состав и высота слоя материал [13, 14].

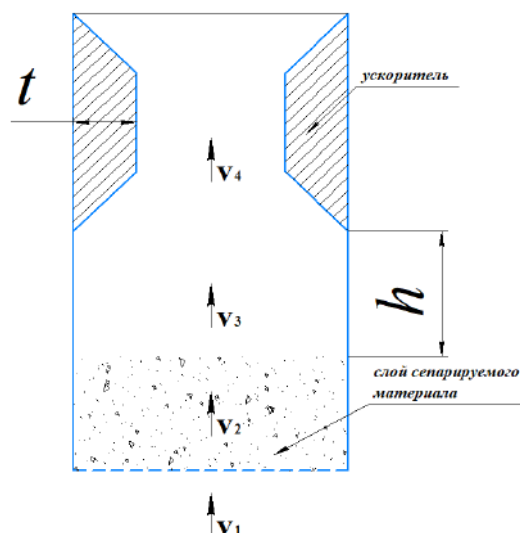


Рисунок 6 – Схема колонкового ускорителя воздушного потока
Figure 6 – Diagram of the column air flow accelerator

При аэродинамическом взвешивании влияние малой вязкости воздушного потока на расклинивающее воздействие частиц невелико, поэтому потоку проще разделить слой твердых частиц материала на отдельные крупные объединения частиц в результате их взаимодействия между собой (агрегаты), чем равномерно распределиться между отдельными частицами. В результате чего газовые пузыри прорываются между агрегатами, а на поверхности слоя получается «взрыв» материала, аналогичный вулканическому выбросу лавы из кратера. Образование агрегатов и воздушных каналов между ними, тем более переход к «взрывному» эффекту нежелателен, так как влияет на качество разделения материала, поэтому стоит задача создания оптимальных условий, при которых агрегаты и газовые пузыри наиболее равномерно были распределены в слое [15].

Дифференциальные и интегральные кривые распределения скоростей витания как физико-механического свойства компонентов исходного материала (измельченного шрота) представлены на рисунке 7.

Из графиков рисунка 7 видно, что чистый белок с выходом в 80% без лузги (их полнота выделения может составить 100%) можно выделить при скорости 4 м/с, а 100% выход белка можно осуществить при скорости более 6 м/с, но при этом полнота выделения лузги составит 100%, что является негативным эффектом, а мелких комочков шрота (слипшиеся белок и лузга) – лишь 50%. Максимальная эффективность процесса сепарации достигается при скорости воздушного потока до 4 м/с при выделении чистого белка до 80%.

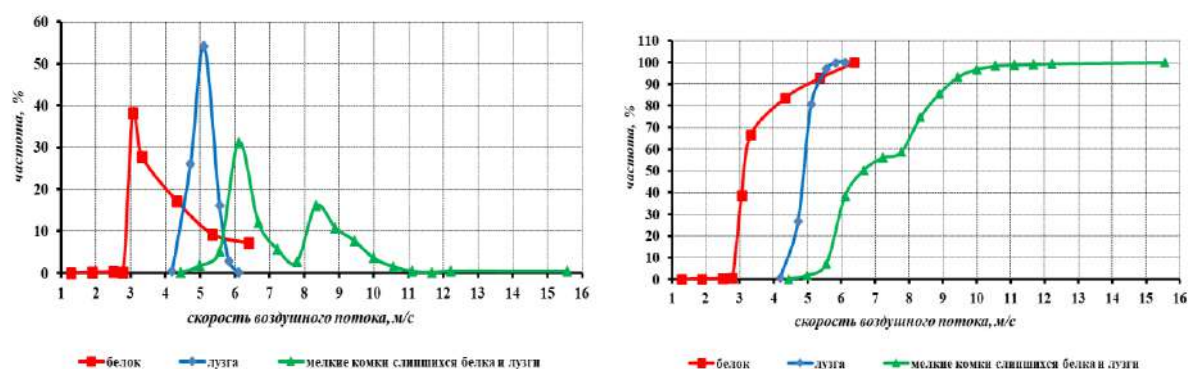


Рисунок 7 – Дифференциальные и интегральные вариационные кривые распределения скоростей витания компонентов исходного материала

Figure 7 – Differential and integral variational curves of the velocity distribution of the components of the initial material

Закключение. Все представленные машины проводят сепарацию сыпучих смесей путем просеивания через систему решет, что значительно усложняет конструкцию и влечет увеличение энергозатрат и металлоемкости. Недостатком решет является частая засоренность, и как следствие, необходимость очистки решет, что ведет к остановкам и увеличению длительности процесса, и трудозатратам. Разработано устройство, ускоряющее воздушный поток (колонковый ускоритель) над слоем разделяемого потока в вертикальном пневмосепарирующем канале. Вертикальный пневмокнал с колонковым ускорителем лишен подобных недостатков, поскольку разделение обрабатываемого материала осуществляется под действием восходящих воздушных потоков при взаимодействии с движущимся обрабатываемым материалом. Установлено, что максимальная эффективность процесса сепарации достигается при скорости воздушного потока до 4 м/с при выделении чистого белка до 80%.

Conclusions. All presented machines separate bulk mixtures by sieving through a sieve system, which significantly complicates the design and entails an increase in energy consumption and metal consumption. The disadvantage of the sieves is frequent clogging, and as a result, the need to clean the sieves, which leads to stops and an increase in the duration of the process, and labor costs. A device has been developed that accelerates the air flow (column accelerator) over a layer of separated flow in a vertical pneumatic separation channel. A vertical pneumatic channel with a column accelerator is devoid of such disadvantages, since the separation of the processed material is carried out under the action of ascending air currents in interaction with the moving processed material. It has been established that the maximum efficiency of the separation process is achieved at an air flow rate of up to 4 m/s with the release of pure protein up to 80%.

Библиографический список

1. Штоколова К. В. Особенности управления производством и реализацией подсолнечника и продуктов его переработки в России. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4. С. 187-193.
2. Крылова И. В., Федоров А. В., Доморощенкова М. Л. Влияние состава подсолнечного шрота на эффективность отделения белковой части сырья от клетчатки методом механического фракционирования. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2024. № 1 (59). С. 3-13.
3. Щеколдина Т. В. Технологии получения белоксодержащего сырья из продуктов переработки семян подсолнечника. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 109. С. 360-378.
4. Смычагин Е. О., Мустафаев С. К. Анализ состава отходов очистки масличных семян и способов их утилизации и переработки. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 120. С. 651-663.
5. Бурков А. И. Тенденции развития воздушно-решётных зерноочистительных машин на современном этапе. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 2(63). С. 4-15.
6. Бурков А. И., Глушков А. Л., Лазыкин В. А., Мокиев В. Ю. Исследование осадочной камеры второй аспирации универсального сепаратора зернового вороха. Пермский аграрный вестник. 2023. № 3 (43). С. 4-11.
7. Припоров И. Е., Кривогузов Д. Д. Повышение процесса разделения семян подсолнечника в универсальном семяочистительном комплексе на базе ЗАВ-20. Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (35). С. 72-76.

8. Доморощенкова М. Л., Демьяненко Т. Ф., Крылова И. В., Камышева И. М. Белковый потенциал семян подсолнечника. Исследования процессов получения пищевых белков из подсолнечного шрота. Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2020. № 1-2. С. 24-29.
9. Ньютон Г. В., Ньютон В. Г. Исследование эффективности классификации. Труды московского дома ученых. 1937. Выпуск 2.
10. Тишанинов К. Н. Основные тенденции развития зерноочистительной техники. Наука в центральной России. 2022. № 5 (59). С. 20-27.
11. Припоров И. Е., Хейшхо Р. Х. Определение скоростей ввода компонентов вороха семян подсолнечника в пневматический канал воздушно-решетных зерноочистительных машин. Электронный научный журнал. 2016. № 11-1(14). С. 93-99.
12. Московский М. Н., Борзенко С. И. Распределение высокозагрязненного соевого материала в глубоком воздушно-механическом канале. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17. № 4. С. 42-48.
13. Хамуев В. Г., Герасименко С. А. Определение толщины сужающих перегородок в вертикальном пневмосепарирующем канале при очистке семян сои. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17. № 3. С. 79-84.
14. Пивень В. В., Уманская О. Л., Кривчун Н. А., Моделирование диапазона скоростей витания и распределения примесей в камере при сепарировании зерна пшеницы. Современные наукоемкие технологии. 2022. № 4. С. 105-109.
15. Борзенко С. И., Герасименко С. А., Хамуев В. Г. Обработка отходов сои в зерносемяочистительном агрегате. Экологические аспекты в науке и образовании: Материалы межвузовской научной конференции. Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, 2023. С. 14-15.

References

1. Shtokolova K. V. Features of managing the production and sale of sunflower and its processed products in Russia. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2022. No. 4. Pp. 187-193.
2. Krylova I. V., Fedorov A. V., Domoroshchenkova M. L. The effect of the composition of sunflower meal on the efficiency of separating the protein part of raw materials from fiber by mechanical fractionation. Scientific journal of the ITMO Research Institute. Series: Processes and devices of food production. 2024. № 1 (59). Pp. 3-13.
3. Shchekoldina T. V. Technologies for obtaining protein-containing raw materials from sunflower seed processing products. Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2015. No. 109. Pp. 360-378.
4. Smychagin E. O., Mustafaev S. K. Analysis of the composition of waste from cleaning of mass seeds and methods of their utilization and processing. Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2016. № 120. Pp. 651-663.
5. Burkov A. I. Trends in the development of air-sieve grain cleaning machines at the present stage. Agricultural science of the Euro-Northeast. 2018. № 2 (63). Pp. 4-15.
6. Burkov A. I., Glushkov A. L., Lazykin V. A., Mokiev V. Yu. Investigation of the sedimentary chamber of the second aspiration of the universal grain heap separator. Perm Agrarian Bulletin. 2023. № 3 (43). Pp. 4-11.
7. Priporov I. E., Krivoguzov D. D. Increasing the process of separation of sunflower seeds in a universal seed cleaning complex based on ZAV-20. Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2015. № 3 (35). Pp. 72-76.
8. Domoroshchenkova M. L., Demyanenko T. F., Krylova I. V., Kamysheva I. M. Protein potential of sunflower seeds. Studies of the processes of obtaining food proteins from sunflower meal. Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Fats. 2020. No. 1-2. Pp. 24-29.
9. Newton G. V., Newton V. G. A study of the effectiveness of classification. Proceedings of the Moscow House of Scientists. 1937. Issue 2.
10. Tishaninov K. N. The main trends in the development of grain cleaning equipment. Science in central Russia. 2022. № 5 (59). Pp. 20-27.
11. Priporov I. E., Heyshkho R. H. Determination of the speeds of entering components of a pile of sunflower seeds into the pneumatic channel of air-sieve grain cleaning machines. Electronic scientific journal. 2016. № 11-1 (14). Pp. 93-99.
12. Moskovsky M. N., Borzenko S. I. Distribution of highly contaminated soy material in a deep air channel. Agricultural machinery and technology. 2023. Vol. 17. No. 4. Pp. 42-48.
13. Khamuev V. G., Gerasimenko S. A. Determination of the thickness of the constricting passages in the vertical pneumatic separation channel during soybean seed cleaning. Agricultural machinery and technologies. 2023. Vol. 17. No. 3. Pp. 79-84.
14. Piven V. V., Umanskaya O. L., Krivchun N. A. Modeling of the range of soaring speeds and distribution of impurities in the chamber during separation of wheat grain. Modern high-tech technologies. 2022. No. 4. Pp. 105-109.
15. Borzenko S. I., Gerasimenko S. A., Khamuev V. G. Processing of soybean waste in a grain-seed cleaning unit. Environmental aspects in science and education: Materials of the interuniversity scientific conference. Plekhanov Russian University of Economics, 2023. Pp. 14-15.

Информация об авторах

Хамуев Виктор Геннадьевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), e-mail: victor250476@yandex.ru

Пехальский Игорь Анатольевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), e-mail: 5895225@bk.ru

Герасименко Станислав Александрович, младший научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), e-mail: stanislav.mkm@gmail.com

Борзенко Сергей Игоревич, младший научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), e-mail: serzhbk@gmail.com

Author's Information

Khamuev Victor Gennadievich, Candidate of Engineering Sciences, Leading Researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutitskiy proezd, 5), e-mail: victor250476@yandex.ru

Pehalsky Igor Anatolyevich, Candidate of Engineering Sciences, Leading Researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutitskiy proezd), e-mail: 5895225@bk.ru

Gerasimenko Stanislav Aleksandrovich, Junior researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutitskiy proezd, 5), e-mail: stanislav.mkm@gmail.com

Borzenko Sergey Igorevich Junior researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutitskiy proezd, 5), e-mail: serzhbk@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-46

DETERMINATION OF THE POSITION OF CONSTRICTING BAFFLES IN A DEEP PNEUMATIC DUCT DURING CLEANING OF HIGHLY CONTAMINATED SOYBEAN MATERIAL

Borzenko S. I., Gerasimenko S. A.

*Federal Scientific Agroengineering Center VIM
Moscow, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: serzhbk@gmail.com

Received 03.07.2024

Submitted 22.08.2024

The research was carried out within the framework of the state task FGUN-2022-0007 "To develop innovative complexes of machines with robotic elements for breeding and seed production of cereals, legumes, and mass crops using electrophysical methods of exposure" for 2022-2024. Funding was allocated by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Summary

The article establishes the influence of the technological parameter of the position above the grid of narrowing partitions on the efficiency of the separation process during the purification of highly polluted soy material. The aim of the study was to establish the optimal position above the grid of narrowing partitions in a deep pneumatic channel to increase the efficiency of the separation process of highly polluted soy material.

Abstract

Introduction. Soybean post-harvest waste treatment products can be widely used in re-production. They are processed into valuable soy protein, which is used in feeding farm animals and poultry. Due to its amino acid composition, the use of soy protein in cattle feeding increases milk yield and fat content on average by 7-11%, and the bird has egg production on 12-18% [1, 2]. However, before using soybean post-harvest waste products, soy particles must be separated from various pollutants and leave a material suitable for recycling [3-5]. **The purpose of the study** is to establish the optimal position of the narrowing partitions above the supporting grid in a deep pneumatic channel to increase the efficiency of the separation process of highly polluted soy material. **Materials and methods.** For laboratory studies, a deep pneumatic channel with a vertically ascending airflow was used. A Dwyer series 471 thermal anemometer was used to determine the air flow velocity. The resulting fractions were weighed on electronic scales: GF-600 "AND" d=0.001g; GUARANTOR VPN-500U d=0.01 kg. The source material is waste from the post-harvest processing of soybeans from the PETKUS K-531 apparatus, with a humidity of 11.2%; weighing 100 kg. The method of G. V. Newton and V. G. Newton was chosen for laboratory research. Laboratory tests were carried out three times. The accuracy rate of laboratory tests did not exceed 5%, with a confidence interval of 0.9. Laboratory tests were carried out in 2 stages. The first stage is to determine the efficiency of the separation process with a different ratio of yields and a constant specific grain load of 2 kg/ cm²·h. The second stage is to determine the efficiency of the separation process at different specific grain loads and constant air flow velocity. **Results and conclusions.** With the position of the narrowing partitions at a height of 190 mm above the supporting grid, it was possible to obtain the efficiency of the separation process of highly contaminated soy material at 82%, the loss of soy particles amounted to 3%, the completeness of separation was 85%, while the specific grain load was 2 kg/cm² h.

Keywords: soybean seed waste, purification of soybean post-harvest processing waste, separation of soybean post-harvest processing waste, pneumatic channels, channels with vertically ascending airflow.

Citation. Borzenko S. I., Gerasimenko S. A. Determination of the position of constricting baffles in a deep pneumatic duct during cleaning of highly contaminated soybean material. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 411-418 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-46.

Author's contribution. All the authors of this study participated 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 interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.171

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СУЖАЮЩИХ ПЕРЕГОРОДОК В ГЛУБОКОМ ПНЕВМОКАНАЛЕ ПРИ ОЧИСТКЕ ВЫСОКОЗАСОРЁННОГО СОЕВОГО МАТЕРИАЛА

Борзенко С. И., младший научный сотрудник
Герасименко С. А., младший научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ
г. Москва, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания FGUN-2022-0007 «Разработать инновационные комплексы машин с элементами роботизации для селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых и масличных культур с применением электрофизических методов воздействия» на 2022-2024 гг. финансирование выделено Министерством науки и высшего образования Российской Федерации

Актуальность. Продукты очистки отходов послеуборочной обработки сои используются в производстве соевого шрота. Их перерабатывают в ценный соевый протеин, который используется в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. Благодаря своему аминокислотному составу, использование соевого протеина в кормлении крупного рогатого скота повышает надой и жирность молока в среднем на 7-11%, а у птицы – яйценоскость на 12-18% [1, 2]. Однако, прежде чем использовать продукты отходов послеуборочной обработки сои, соевые частицы необходимо отделить от разного рода загрязнителей и оставить материал, подходящий для повторной переработки [3-5]. **Цель исследования** – установить оптимальное положение сужающих перегородок над поддерживающей сеткой в глубоком пневмоканале для повышения эффективности процесса сепарации высокозасорённого соевого материала. **Материалы и методы.** Для проведения лабораторных исследований использовали глубокий пневмоканал с вертикально восходящим воздушным потоком. Для определения скорости воздушного потока был задействован термоанемометр серии Dwyer series 471. Взвешивание полученных фракций производили на электронных весах: GF-600 «AND» d=0,001 g; ГАРАНТ ВПН-500У d=0,01 кг. Исходный материала представляет собой отходы послеуборочной обработки семян сои при очистке зерноочистительной машины PETKUS K-531, влажностью 11,2%; массой 100 кг. Для проведения лабораторных исследований был выбран метод Г. В. Ньютона и В. Г. Ньютона. Лабораторные исследования проводились в трёхкратной повторности. Показатель точности лабораторных исследований не превышал 5%, при доверительном интервале 0,9. Лабораторные исследования проводили в 2 этапа. Первый этап – определение эффективности процесса сепарации при разном соотношении выходов и постоянной удельной зерновой нагрузке в 2 кг/см²·ч. Второй этап – определение эффективности процесса сепарации при разной удельной зерновой нагрузки и постоянной скоростью воздушного потока. **Результаты и выводы.** При положении сужающих перегородок на высоте 190 мм над поддерживающей сеткой удалось получить эффективность процесса сепарации высокозагрязнённого соевого материала в 82%, потери соевых частиц составили до 3%, показатель полноты выделения 85%, при этом показатель удельной зерновой нагрузки был 2 кг/см²·ч.

Ключевые слова: отходы семян сои, очистка отходов послеуборочной обработки сои, сепарация отходов послеуборочной обработки сои, пневмоканалы, канал с вертикально восходящим воздушным потоком.

Цитирование. Борзенко С. И., Герасименко С. А. Определение положения сужающих перегородок в глубоком пневмоканале при очистке высокозасорённого соевого материала. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 411-418. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-46.

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 конфликта интересов.

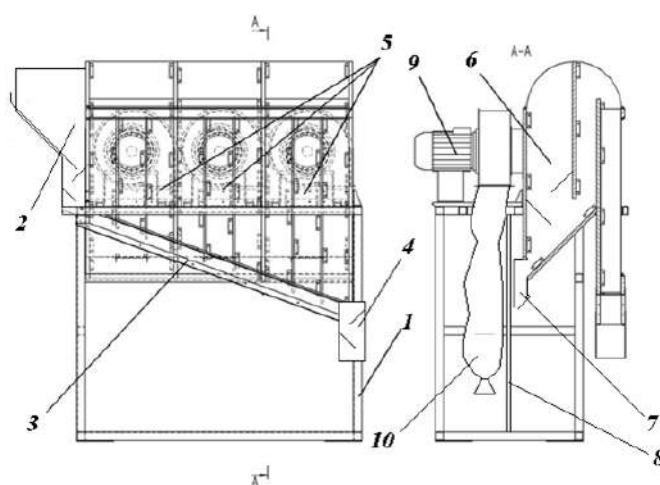
Введение. В исследованиях, посвященных процессу сепарации высокозасорённого соевого материала, было установлено, что данный вид материала, может быть разделен в глубоком пневмосепарирующем канале с вертикально восходящим воздушным потоком, при установке в пневмоканал специальных устройств, таких как сужающие перегородки [6]. Затем проверялось влияние технологического параметра толщины сужающих перегородок

на эффективность процесса сепарации высокочасорённого соевого материала [7, 8]. Было также установлено, что процесс сепарации высокочасорённого соевого материала и семян сои отличается и требует установки сужающих перегородок различной толщины. При неправильной конфигурации сужающих перегородок эффективность процесса сепарации значительно снижается.

Ранее проводимые работы, посвящённые процессу сепарации высокочасорённого соевого материала, рассматривают только сужение канала по глубине, однако необходимо изучить влияние положения сужающих перегородок над поддерживающей сеткой на эффективность процесса сепарации высокочасорённого соевого материала.

Цель исследования – установить оптимальное положение сужающих перегородок над поддерживающей сеткой в глубоком пневмоканале для повышения эффективности процесса сепарации высокочасорённого соевого материала.

Материалы и методы. Для проведения лабораторных исследований использовали макетный образец глубокий пневмоканал с вертикально восходящим воздушным потоком (рисунок 1).



- 1 – рама; 2 – загрузочный бункер; 3 – поддерживающая сетка; 4 – деривационный патрубок;
5 – пневмосепарирующие секции; 6 – осадочные камеры; 7 – выпускные клапаны осадочных камер;
8 – разделительная стенка; 9 – электродвигатели с вентиляторами; 10 – пылеуловители
1 – frame; 2 – loading hopper; 3 – supporting grid; 4 – derivation pipe; 5 – pneumatic separation sections;
6 – sedimentary chambers; 7 – exhaust valves of sedimentary chambers; 8 – separation wall;
9 – electric motors with fans; 10 – dust collectors

Рисунок 1 – Глубокий пневмоканал с вертикально восходящим воздушным потоком

Figure 1 – Deep pneumatic channel with vertically ascending airflow

В загрузочный бункер 2 поступает исходный материал, затем самотеком по поддерживающей сетке 3 поступает в первую пневмосепарирующую секцию 5, где под воздействием вертикально восходящего воздушного потока, нагнетаемого электродвигателем с вентилятором 9 происходит процесс сепарации исходного материала, сорная примесь выносится воздушным потоком в осадочную камеру первой секции 6 и выводится через выпускной клапан осадочной камеры первой секции 7 и удаляется из аппарата. Оставшийся материал движется дальше по поддерживающей сетке во вторую и третью пневмосепарирующие секции, где процесс повторяется. После третьей пневмосепарирующей секции очищенный материал удаляется из аппарата через деривационный патрубок 4. В аппарате установлено три электродвигателя с вентиляторами в каждой пневмосепарирующей секции, и также 3 осадочные камеры и 3 выпускных клапана осадочной камеры. Поперечное сечение входного отверстия в пневмоканал составляет 50×98 мм.

Для определения скорости воздушного потока был использован термоанемометр серии Dwyer series 471, схема точек замера представлена на рисунок 2. Взвешивание полученных фракций производили на электронных весах: GF-600 «AND» $d=0,001$ g; ГАРАНТ ВПН-500У $d=0,01$ кг

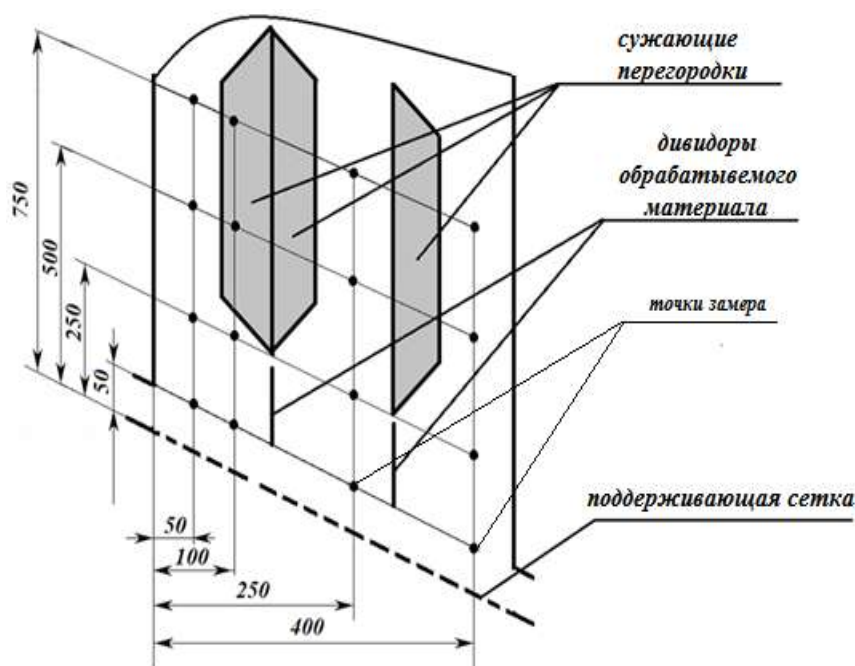


Рисунок 2 – Схема точек замеров скорости воздушного потока в глубоком пневмоканале
Figure 2 – Diagram of the measuring points of the air flow velocity in a deep pneumatic channel

Исходный материал представляет собой отходы послеуборочной обработки сои семян сои при очистке зерноочистительной машины РЕТКУС К-531, влажностью 11,2%; массой 100 кг. После разбора исходного материала на фракции с использованием набора лабораторных решет был получен следующий фракционный состав материала: полноценная соя (7,71%), дробленая (12,31%), битая поперек (4,21%), битая вдоль (45,39 %), жухлая и раздавленная соя (5,29%), а также примеси: лёгкая (шелуха, полова, пыль – 10,37%), минеральная примесь (12,61%), семена других культур (2,11%).

Для проведения лабораторных исследований был выбран метод Г. В. Ньютона и В. Г. Ньютона. Лабораторные исследования проводились в трёхкратной повторности. Показатель точности лабораторных исследований не превышал 5%, при доверительном интервале 0,9.

Лабораторные исследования проводили в 2 этапа. Первый этап – определение эффективности процесса сепарации при разном соотношении выходов и постоянной удельной зерновой нагрузки в $2 \text{ кг/см}^2 \cdot \text{ч}$. Второй этап – определение эффективности процесса сепарации при разной удельной зерновой нагрузки и постоянной скоростью воздушного потока. При этом положение над сеткой сужающих перегородок менялось: 50 мм над поддерживающей сеткой (высота поперечного сечения впускного отверстия бункера) [9, 11], 150 мм; 180 мм; 190 мм; 200 мм. При расстоянии сужающих перегородок над поддерживающей сеткой 150 мм, будут установлены дивидоры обрабатываемого материала, для предотвращения распределения материала веерообразным слоем [12]. Они представляют из себя металлические пластины толщиной 2 мм, высотой 75 мм и шириной 98 мм. Второй этап проводился при постоянной скорости воздушного потока (скорость, полученная по результатам первого этапа лабораторных исследований, при которой показатель эффективности процесса сепарации является наивысшим).

Результаты и обсуждения. В ходе проведения лабораторных исследований в глубоком пневмоканале были установлены сужающие перегородки трапециевидной формы толщиной 80 мм. За контрольный образец взята схема пневмоканала с сужающими перегородками, где высота над поддерживающей сеткой равнялась высоте поперечного сечения впускного канала 50 мм. Сужающие перегородки установлены по всей глубине канала меньшей стороной трапеции навстречу движения обрабатываемого материала (рисунок 3).

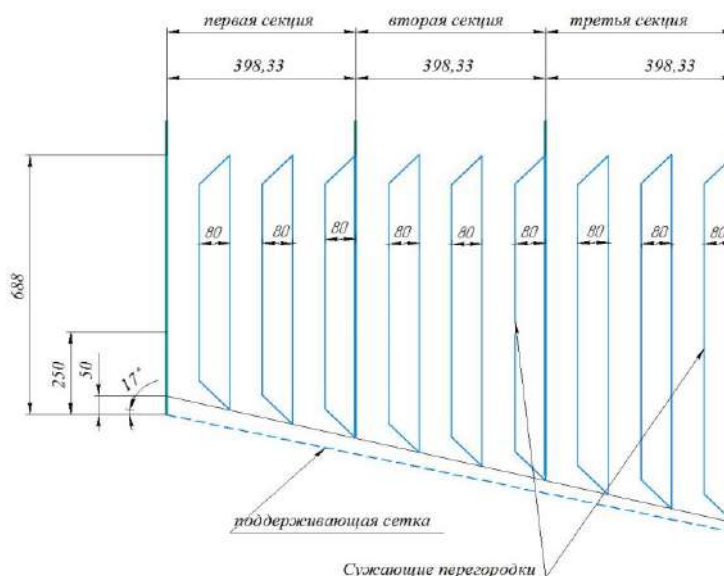
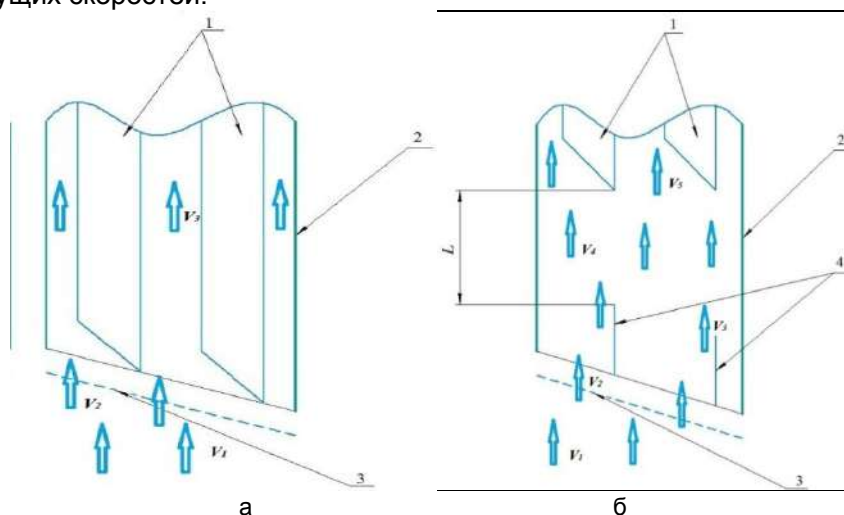


Рисунок 3 – Схема глубокого пневмоканала с сужающими перегородками взятая за контрольный образец
Figure 3 – Diagram of a deep pneumatic channel with narrowing partitions taken as a control sample

В исследованиях, проводимых ранее с отходами послеуборочной обработки сои, было установлено, что при слишком близком расположении сужающих перегородок к потоку обрабатываемого материала эффективность процесса сепарации снижается, нужно обеспечить определенную экспозицию процесса сепарации высокосорбированного соевого материала, то есть определить высоту L над поддерживающей сеткой. Схема, представленная на рисунке 4а, изменения скорости воздушного потока демонстрирует перераспределение скорости в 3-х точках V_1 ; V_2 ; V_3 , при этом $V_1 \approx V_2$, а V_3 была значительно выше двух предыдущих скоростей.



а – схема преобразования воздушного потока с $L = 50$ мм поперечному сечению впускного отверстия; б – схема преобразований воздушного потока с неизвестным показанием L ; 1 – сужающие перегородки; 2 – корпус секции пневмоканала; 3 – поддерживающая сетка; 4 – дивидоры обрабатываемого материала
а – a scheme for converting the airflow with $L = 50$ mm inlet cross section; б – a scheme for converting the airflow with an unknown indication L ; 1 – narrowing partitions; 2 – the body of the pneumatic channel section; 3 – a supporting grid; 4 – supports of the processed material

Рисунок 4 – Схема перераспределения скорости воздушного потока с учетом установленных сужающих перегородок
Figure 4 – A scheme for redistributing the airflow velocity taking into account installed narrowing partitions

Из схемы (рисунок 4б) видно, что при определяемом показателе L происходит большее перераспределение скорости воздушного потока в сравнении со схемой, представленной на рисунке 4а. При этом скорость распределяется следующим образом: $V_1 \approx V_2$, как и в первом случае, за счет того что воздух легко проходит сквозь поддерживающую сетку, не меняя значительно своей первоначальной скорости, затем происходит ускорение воздушного потока и $V_2 < V_3$ за счет разделения канала на секции 1 и дивидорами обрабатываемого материала 4, после того как воздух поднимается выше дивидоров 4, он попадает в сепарирующее пространство и немного замедляется, при этом его скорость выше скорости V_1 и V_2 , но при этом ниже скорости V_3 . После прохождения зоны сепарирующего пространства с показателем скорости воздушного потока V_4 , изменения скорости происходят в зоне у основания сужающих перегородок и далее по всей их высоте, здесь скорость становится максимальной $V_5 > V_3$. С учетом изменения скорости воздушного потока, описанного выше, разработана схема глубокого пневмоканала с сужающими перегородками в которой необходимо определить высоту сужающих перегородок над поддерживающей сеткой (сепарирующее пространство), приведенная на рисунок 5.

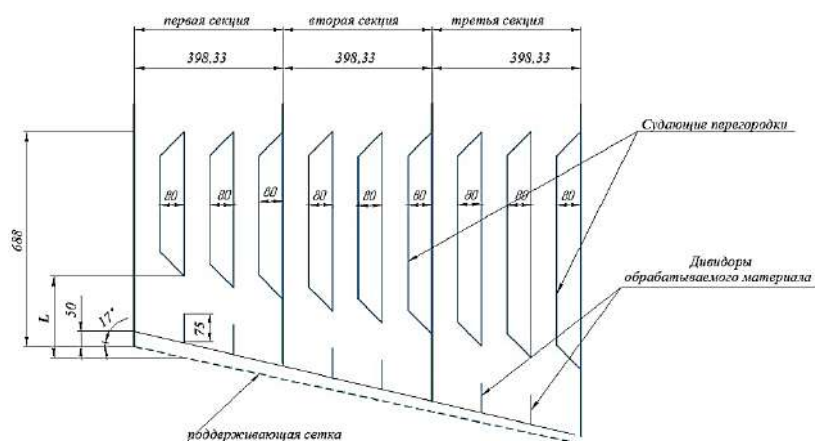
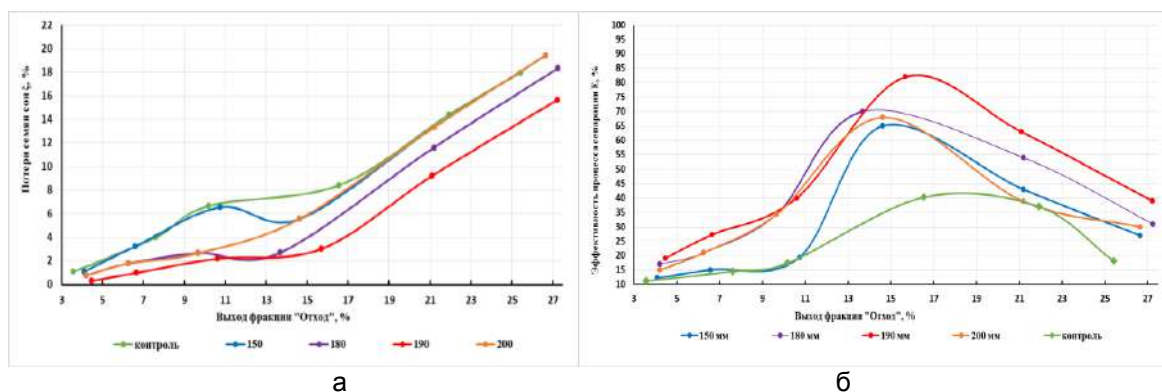


Рисунок 5 – Схема определения положения над сеткой сужающих перегородок в глубоком пневмоканале с вертикально восходящим воздушным потоком

Figure 5 – Diagram of determining the position above the grid of narrowing partitions in a deep pneumatic channel with vertically ascending airflow

После проведения лабораторных исследований первого этапа получен график распределения эффективности процесса сепарации и потерь соевого материала (рисунок 6)

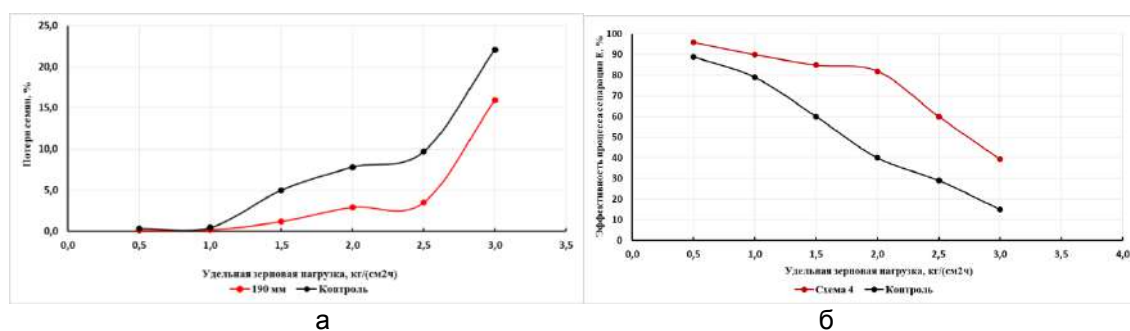


а – потери соевых частиц; б – эффективность процесса сепарации соевых частиц
а – losses of soy particles; б – efficiency of the process of separation of soy particles

Рисунок 6 – Результаты лабораторных исследований сужающих перегородок при разном положении над сеткой при постоянной удельной зерновой нагрузке в $2 \text{ кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$

Figure 6 – Results of laboratory studies of narrowing partitions at different positions above the grid at a constant specific grain load of $2 \text{ kg}/(\text{cm}^2 \cdot \text{h})$

Рассматривая эффективность процесса сепарации (рисунок 6б) видно, что самой эффективной является высота над поддерживающей сеткой в 190 мм с результатом в 82%, при выходе фракции «отход» $15 \pm 1\%$, скорость воздушного потока при этом равнялась 4,8 м/с; 6,2 м/с; 7,4 м/с, данная скорость воздушного потока использована для второго этапа лабораторных исследований. Контрольный образец пневмоканала при этих же показателях скорости воздушного потока и выходе фракций показал эффективность процесса сепарации 40%. Потери рис. 6а составили 3% и 8% при 190 мм и контрольный образец соответственно. Данные результаты наглядно демонстрируют, что принцип перераспределения скоростей воздушного потока способен обеспечить высокую эффективность процесса сепарации высокозасорённого соевого материала в глубоком пневмоканале с вертикально восходящим воздушным потоком. Для подтверждения полученных результатов провели опыт с постоянной скоростью воздушного потока и разной удельной зерновой нагрузкой, где сравнили контрольную схему пневмоканала и схему с $L = 190$ мм. Результаты лабораторных исследований представлены на рисунок 7.



а – потери соевых частиц; б – эффективность процесса сепарации соевых частиц
a – losses of soy particles; b – efficiency of the process of separation of soy particles

Рисунок 7 – Результаты лабораторных исследований сужающих перегородок при постоянной скорости воздушного потока

Figure 7 – Results of laboratory studies of narrowing partitions at a constant air flow velocity

Рассматривая график потерь соевых частиц, рисунок 7а визуальное можем оценить, насколько потери снижаются в сравнении с контрольным образцом воздушного пневмоканала. При удельной зерновой нагрузке $1,5 \text{ кг}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$ $L=190$ мм. 1,2% в сравнении с 5% контрольный образец похожий результат наблюдается на втором графике 7б, где показатель максимальной эффективности процесса сепарации, был 92 % и 89% в предлагаемой конструкции и контрольной схеме соответственно, при нагрузке $2 \text{ кг}/\text{см}^2 \cdot \text{ч}$ показатели эффективности отличаются в 2 раза 40% и 82% соответственно. Эти исследования показывают, что высокозасорённый соевый материал можно разделить в глубоком пневмоканале с вертикально восходящим воздушным потоком с высокой эффективностью процесса сепарации в 82% при потерях в 3% при этом полнота выделения примеси будет равна 85%, с производительностью в $2 \text{ кг}/\text{см}^2 \cdot \text{ч}$.

Заключение. Разработан экспериментальный образец глубокого пневмоканала с вертикально восходящим воздушным потоком, в котором эффективность процесса сепарации высокозасорённого соевого материала при удельной зерновой нагрузке в $2 \text{ кг}/\text{см}^2 \cdot \text{ч}$ достигает 82%, потери соевых частиц составляют до 3%, показатель полноты выделения 85%, результаты получены при положении сужающих перегородок на высоте 190 мм над поддерживающей сеткой.

Conclusions. An experimental sample of a deep pneumatic channel with a vertically ascending air flow has been developed, in which the efficiency of the separation process of highly contaminated soy material at a specific grain load of $2 \text{ кг}/\text{см}^2 \cdot \text{ч}$ reaches 82%, losses of soy particles amount to 3%, and the completeness of separation is 85%, the results were obtained at the position of the narrowing partitions at a height of 190 mm. above the supporting grid.

Библиографический список

1. Харитонов Е. Л. Сравнительные исследования использования соевого шрота и жмыха в рационах лактирующих коров в эквивалентных количествах по обменному протеину. Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 2. С. 17-20.

2. Полина С. И., Вертипрахов В. Г., Полина С. И., Сергеевкова Н. А., Еременко В. В., Дуоденально-идеальное соотношение пищеварительных ферментов при использовании разных белковых добавок в рационе кур-несушек. Международный вестник ветеринарии. 2023. № 3. С. 145-155.
3. Karamushkina S., Dimidenok J., Polina S., Heavy metal content in soybean production waste in the southern zones of the Amur region. International Journal of Veterinary Medicine. 2023. Pp. 85-189.
4. Muhammad H., Jeremoth A., Kabiru Y., Adil Y., Sami D., Maazouz Y., Hussaini M. Concentration and Risk Assessment of Arsenic, Cadmium and Lead in Husked and De-husked Rice Samples from Niger and Kebbi States. Nigeria, 2022. Pp. 223-236.
5. Загоруйко М. Г., Бельшклина М. Е., Кобозева Т. П. Урожайность и кормовая ценность надземной биомассы сои сортов северного экотипа в условиях Центрального Нечерноземья. Аграрный научный журнал. 2023. № 11. С. 62-67.
6. Московский М. Н., Борзенко С. И. Распределение высокозагрязненного соевого материала в глубоком воздушном канале. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. № 17 (4). С. 42-48.
7. Хамуев В. Г., Герасименко С. А. Определение толщины сужающих перегородок в вертикальном пневмосепарирующем канале. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. № 17 (3). С. 79-84.
8. Аксенов А. Г., Хамуев В. Г., Борзенко С. И., Герасименко С. А. Определение технологического параметра толщины акселераторов воздушного потока в пневмоканале для очистки отходов послеуборочной обработки сои. Известия НВ АУК. 2024. № 2 (74). С. 289-297.
9. Головкин А. Н., Московский М. Н., Хамуев В. Г. Универсальные передвижные зернокомплексы российского производства. Сельский механизатор. 2020. № 7. С. 14-16.
10. Хамуев В. Г. Интенсивность выделения легкой примеси в вертикально восходящем воздушном потоке. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 5. С. 12-16.
11. Хамуев В. Г., Московский М. Н., Лепешкин К. В., Громов К. В. Тенденции развития технических средств очистки и сортирования семян сельскохозяйственных культур. Инженерный вестник Дона. 2018. № 4 (51). С. 110.
12. Лачуга Ю. Ф., Измайлов А. Ю., Зюлин А. Н. Разработка и внедрение высокоэффективных, ресурсо- и энергосберегающих технологий и технических средств послеуборочной обработки зерна и подготовки семян. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. № 1. С. 2-9.

References

1. Kharitonov E. L. Comparative studies of the use of soybean meal and cake in rations of lactating cows in equivalent amounts for the metabolizable protein. Dairy and beef cattle breeding. 2018. № 2. Pp. 17-20.
2. Polina S. I., Vertiprakhov V. G., Sergeenkov N. A., Eremenko V. V. Duodenal is the ideal ratio of digestive enzymes when using different protein supplements in the diet of laying hens. International bulletin of veterinary medicine. 2023. № 3. Pp. 145-155.
3. Karamushkina S., Dimidenok J., Polina S. Heavy metal content in soybean production waste in the southern zones of the Amur region. International Journal of Veterinary Medicine. 2023. Pp. 85-189.
4. Muhammad H., Jeremoth A., Kabiru Y., Adil Y., Sami D., Maazouz Y., Hussaini M. Concentration and Risk Assessment of Arsenic, Cadmium and Lead in Husked and Dehusked Rice Samples from Niger and Kebbi States. Nigeria, 2022. Pp. 223-236.
5. Zagoruyko M. G., Belyshkina M. E., Kobozeva T. P. Yield and feed value of aboveground soybean biomass of northern ecotype varieties in the conditions of the central non-chernozem region. The agrarian scientific journal. 2023. № 11. Pp. 62-67.
6. Moskovskiy M. N., Borzenko S. I. Distribution of Heterogeneous, Highly Impure Soy Material in a Deep Air Channel. Agricultural Machinery and Technologies. 2023. N 17(4). Pp. 42-48.
7. Khamuev V. G., Gerasimenko S. A. Quantifying narrowing partition thickness in a vertical pneumatic separation channel for soybean seed cleaning. Agricultural Machinery and Technologies. 2023. N 17 (3). Pp. 79-84.
8. Aksekov A. G., Khamuev V. G., Borzenko S. I., Gerasimenko S. A. Determination of the technological parameter of the thickness of the air flow accelerators in the pneumatic channel for cleaning soybean post-harvest waste. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2024. N 2 (74). Pp. 289-297.
9. Golovkov A. N., Moskovskij M. N., Khamuev V. G. Universal mobile grain complexes of russian production// Rural machine operator. 2020. № 7. P. 14-16.
10. Khamuev V. G. Intensity of light impurities separation in vertically ascending air flow. Agricultural machinery and technologies. 2016. № 5. Pp. 12-16.
11. Khamuev V. G., Moskovskiy M. N., Lepshkin K. V., Gromov K. V. Trends in the development of technical means of cleaning and sorting seeds of agricultural crops// Engineering journal of Don. 2018. № 4 (51). P. 110.
12. Lachuga, Yu. F., Izmailov A. Y., Zyulin A. N. Development and implementation of highly efficient, resource- and energy-saving technologies and technical means of post-harvest grain processing and seed preparation // Agricultural machines and technologies. 2009. No. 1. Pp. 2-9.

Информация об авторах

Борзенко Сергей Игоревич, младший научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), e-mail: serzhbk@gmail.com

Герасименко Станислав Александрович, младший научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), e-mail: stanislav.mkm@gmail.com

Author's Information

Borzenko Sergey Igorevich Junior researcher, "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutskiy proezd, 5), e-mail: serzhbk@gmail.com

Gerasimenko Stanislav Aleksandrovich, Junior researcher, "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutskiy proezd, 5), e-mail: stanislav.mkm@gmail.com

**OPERATIONAL TECHNOLOGICAL PROCESS OF HYDROMECHANICAL EQUIPMENT
USING A RECIRCULATION LINE AND RESIDUAL HEAD IN PRESSURE PIPELINES
OF PUMPING STATIONS**¹Vinokurova I. N., ²Trushev V. V., ³Mazanov R. R., ²Tarasyants S. A.¹Don State Agrarian University

Persianovsky, Rostov Region, Russian Federation

²Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov –
branch of the Don State Agrarian University

Novocherkassk, Rostov Region, Russian Federation

³Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov
Makhachkala, Republic of Dagestan, Russian Federation

Corresponding author E-mail: irina-bell@list.ru

Received 06.05.2024

Submitted 05.07.2024

Summary

A technological process for the operation of hydromechanical equipment using a recirculation line and residual pressure in the pressure pipelines of pumping stations has been developed, which allows to establish the condition of the used fittings and installed measuring equipment during start-up, supply changes and shutdown of the hydromechanical equipment, in case of a stop for the winter period.

Abstract

Introduction. The operation of pumping stations for reclamation and water supply is accompanied by a developed technological process that provides the necessary mode with increased energy characteristics of both hydromechanical equipment and the distribution network. When introducing newly developed options for using hydraulic structures, previously studied operational technological methods are, as a rule, applied in the absence of professionalism, leading to significant energy losses, unforeseen wear of equipment and a complete stop in the supply of the transported flow. **Object.** The presence of the developed technological process greatly simplifies the trouble-free operation of hydromechanical equipment and allows the operator of a pumping station, during periods of changes in the hydraulic parameters of the network, to make a decision to put the equipment into the optimal mode with maximum efficiency to reduce energy consumption. For example, a two-unit Rodnikovskaya pumping station with D6300-80 pumps was used. FSBI "Management "Stavropolmeliovodkhoz". **Materials and methods.** When describing technological processes, equipment installed at the pumping station was used. According to the given diagram of an operating pumping station, technological methods for operating a pumping station when using the residual pressure in the pressure pipelines of the network are described. Tables of technological start-up processes are given for positive and negative suction lift, for variable modes in the event of a change in the location of the consumer, when using a recirculation line with the installation of a jet apparatus on the suction pipeline, when changing the supply in the event of shutting down one of the units. **Results and conclusions.** 1. Based on the above recommendations, it has been established that the pumping station can be operated in various variants, both with positive and negative suction heights, allowing drivers to competently use instruments and measuring valves in the pumping station building with different equipment and network connection schemes. 2. The wiring diagram of the main and auxiliary equipment of the pumping station is graphically shown, which demonstrates the possibility of economically justified use of a recirculation line, which can significantly reduce energy consumption by using residual pressure and supplying a pressure network in the suction pipeline when changing the location of the consumer. 3. When using a recirculation line in the technological process, it is quite obvious that there are additional operating costs for energy losses installed in the suction pipeline of the equipment, justified by the presence of constant hydraulic parameters in the network and the possibility of effective use of residual energy in pressure pipelines, reducing the likelihood of an unexpected shutdown of the pumping station and termination submissions.

Keywords: pumping stations, pressure pipelines, hydromechanical equipment, suction pipelines, recirculation lines.

Citation. Vinokurova I. N., Trushev V. V., Mazanov R. R., Tarasyants S. A. Operational technological process of hydromechanical equipment using a recirculation and residual head line in pressure pipelines of pumping stations. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 419-428 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-47.

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

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

УДК 631.6

**ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛИНИИ РЕЦИРКУЛЯЦИИ И ОСТАТОЧНОГО
НАПОРА В НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ**¹Винокурова И. Н., преподаватель²Трушев В. В., аспирант³Мазанов Р. Р., кандидат технических наук, доцент²Тарасьянц С. А., доктор технических наук, профессор¹ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»
п. Персиановский, Ростовская область, Российская Федерация²Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова –
филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»
г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация³ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джембулатова»
г. Махачкала, Республика Дагестан, Российская Федерация

Актуальность. Эксплуатация насосных станций мелиорации и водоснабжения сопровождается разработанным технологическим процессом, обеспечивающим необходимый режим с повышенными энергетическими характеристиками как гидромеханического оборудования, так и разводящей сети. При внедрении вновь разработанных вариантов использования гидротехнических сооружений ранее исследованные эксплуатационные технологические приемы, как правило, применяются при отсутствии профессионализма, приводящего к значительным потерям энергии, не предусмотренному износу оборудования и полной остановке подачи транспортируемого потока. **Объект.** Наличие разработанного технологического процесса значительно упрощает безаварийную эксплуатацию гидромеханического оборудования, позволяет машинисту насосной станции в периоды изменения гидравлических параметров сети принять решение для ввода оборудования в оптимальный, с максимальным КПД, режим для возможности сокращения потребляемой энергии. Для примера принята двухагрегатная Родниковская насосная станция с насосами Д6300-80. ФГБУ «Управление «Ставропольмелиоводхоз». **Материалы и методы.** При описании технологических процессов использовалось оборудование, установленное на насосной станции. По приведенной схеме эксплуатируемой насосной станции описаны технологические приемы эксплуатации насосной станции при использовании остаточного напора в напорных трубопроводах сети. Приведены таблицы технологических процессов пуска при положительной и отрицательной высоте всасывания, при переменных режимах в случае изменения местоположения потребителя, при использовании линии рециркуляции с установкой струйного аппарата на всасывающем трубопроводе, при изменении подачи в случае отключения одного из агрегатов. **Результаты и выводы.** 1. На основании приведенных рекомендаций установлена возможность эксплуатации насосной станции в различных вариантах, как при положительной, так и отрицательной высоте всасывания, позволяющие машинистам грамотно использовать приборы и замерную арматуру в здании насосной станции при различных схемах включения оборудования и сети. 2. Графически показана схема обвязки основного и вспомогательного оборудования насосной станции, что демонстрирует возможность экономически обоснованного применения линии рециркуляции, которая позволяет существенно сократить потребление энергии за счет использования остаточного напора и подачи напорной сети во всасывающие трубопроводы при смене местоположения потребителя. 3. При использовании в технологическом процессе линии рециркуляции совершенно очевидно наличие дополнительных эксплуатационных затрат на потери энергии, установленного во всасывающем трубопроводе оборудования, оправдывающееся наличием постоянных гидравлических параметров в сети и возможностью эффективного использования остаточной энергии в напорных трубопроводах, снижающих вероятность непредвиденной остановки насосной станции и прекращения подачи.

Ключевые слова: насосные станции, напорные трубопроводы, гидромеханическое оборудование, всасывающие трубопроводы, линии рециркуляции.

Цитирование. Винокурова И. Н., Трушев В. В., Мазанов Р. Р., Тарасьянц С. А. Эксплуатационный технологический процесс гидромеханического оборудования с использованием линии рециркуляции и остаточного напора в напорных трубопроводах насосных станций. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 419-428. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-47.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в 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. На насосных станциях, как правило, различают эксплуатационные варианты с положительной и отрицательной высотой всасывания [1, 2].

Линия рециркуляции может быть использована при наличии остаточной энергии в случае уменьшения напора насоса и затраченной энергии в сети [3, 4].

Разработкой технологического процесса преследовалась цель – установление состояния используемой арматуры и установленной измерительной аппаратуры в различных эксплуатационных вариантах гидромеханического оборудования для рассматриваемой насосной станции (рисунки 1, 2).



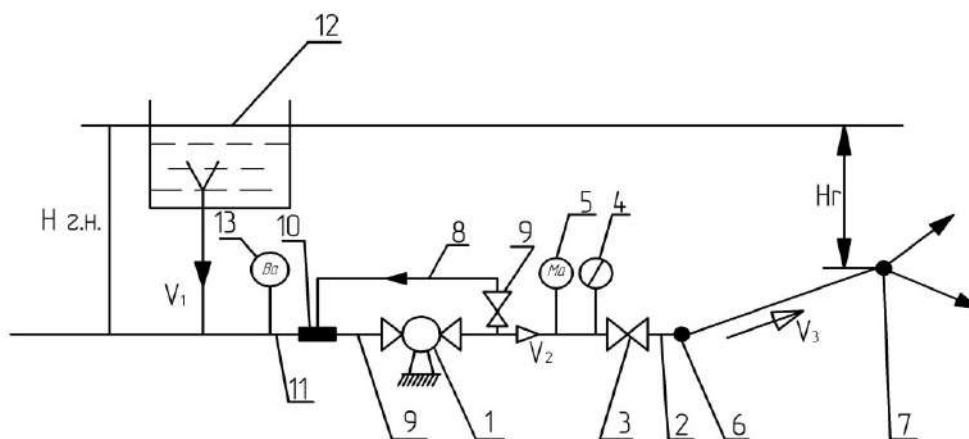
Рисунок 1 – Насосная станция «Родниковская» (общий вид) Фото Трушева В. В.
Figure 1 – Pumping station "Rodnikovskaya" (general view) Photo by Trushev V. V.



Рисунок 2 – Машинный зал. Общий вид Фото Трушева В. В.
Figure 2 – Engine room. General view Photo by Trushev V. V.

Насосная станция, для примера, эксплуатируется с положительной и отрицательной высотой всасывания.

Схема установки оборудования с отрицательной высотой всасывания приведена на рисунке 3.



1 – Основной агрегат; 2 – Напорная линия; 3 – Задвижка; 4,5 – Манометры; 6,7 – Место отбора расхода; 8 – Рециркуляционный трубопровод; 10 – Струйный аппарат; 11 – Всасывающая линия; 12 – Водо-источник; 13 – Вакуумметр.

1 – Main unit; 2 – Pressure line; 3 – Valve; 4,5 – Pressure gauges; 6,7 – Flow sampling point; 8 – Recirculation pipeline; 10 – Jet apparatus; 11 – Suction line; 12 – Water source; 13 – Vacuum meter.

Рисунок 3 – Схема установки насосного оборудования с отрицательной высотой всасывания
Figure 3 – Diagram of the installation of pumping equipment with a negative suction height

По вышеуказанной схеме задвижка на всасывающем трубопроводе, как правило, не устанавливается [5, 6, 7]. Схема приведена с использованием струйного аппарата 10. Порядок пуска без использования линии рециркуляции приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Технологический процесс пуска оборудования при отрицательной высоте всасывания насосных агрегатов

Table 1 – The technological process of starting the equipment at a negative suction height of pumping units

№ п/п	Арматура / Fittings	Позиция на схеме / Position on the diagram	Положение / Position	Степень положения / Degree of position
			Показания / Testimony	
1	Задвижка / Damper	3	Закрытое / Closed	Полное / Full
			-	
2	Задвижка / Damper	9	Закрытое / Closed	--/--
			-	
3	Манометры / Pressure gauges	4,5	-	---/--
			-	
4	Вакуумметр / Vacuumeter	13	В зависимости от скорости потока / Depending on the flow rate	--/--
			-	
5	Струйный аппарат / Jet Unit	10	Закрытое / Closed	--/--
			-	
6	Рециркуляционный трубопровод / Recirculation Pipeline	8	Закрытое / Closed	--/--
			-	

В результате пуска при максимальных показаниях манометров 4,5 задвижка 3 плавно открывается. Дальнейшее описание приведено для исследуемой насосной станции с положительной высотой всасывания.

В таком случае необходим монтаж линии рециркуляции и установка во всасывающем трубопроводе необходимого оборудования для распределения остаточной энергии в напорном трубопроводе – в данном случае струйного аппарата, с целью непредвиденного понижения уровня в водоисточнике (рисунок 4).

Основное необходимое эксплуатационное условие пуска линии рециркуляции является определение наличия остаточной энергии в напорном трубопроводе с помощью установленных приборов-манометров, расходомеров.

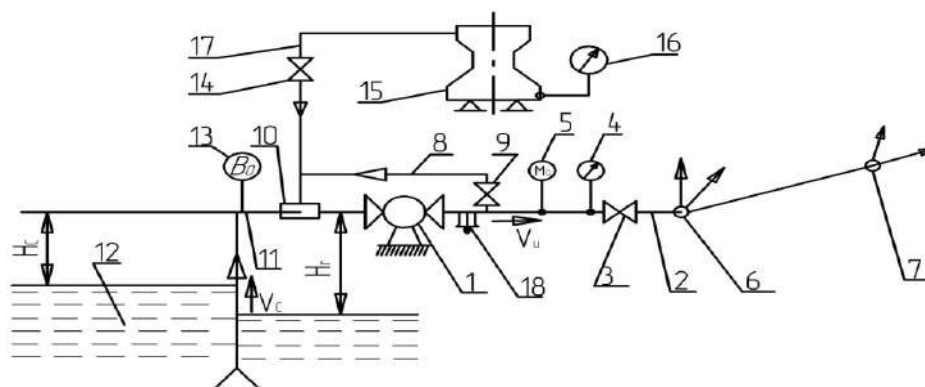


Рисунок 4 – Схема установки насосного оборудования с положительной высотой всасывания

- 1 – основной агрегат; 2 – напорная линия; 3, 9, 14 – задвижки; 4, 5, 16 – манометры;
6, 7 – место отбора расхода; 8 – рециркуляционный трубопровод; 10 – струйный аппарат;
11 – всасывающая линия; 12 – водоисточник; 13 – вакуумметр; 15 – компрессор;
17 – напорная линия компрессора; 18 – расходомер

Figure 4 – Installation diagram of pumping equipment with positive suction height

- 1 – main unit; 2 – pressure line; 3, 9, 14 – valves; 4, 5, 16 – pressure gauges; 6, 7 – flow sampling point;
8 – recirculation pipeline; 10 – jet apparatus; 11 – suction line; 12 – water source; 13 – vacuum meter;
15 – compressor; 17 – compressor pressure line; 18 – flow meter

Порядок пуска станции с положительной высотой всасывания приведен без использования линии рециркуляции (таблица 2).

Таблица 2 – Технологический процесс пуска оборудования при положительной высоте всасывания (см. рисунок 4)

Table 2 – The technological process of starting the equipment at a positive suction height (see Figure 4)

Table 2 The technological process of starting the equipment at a positive suction height (see Figure 4)				
№ п/п	Арматура / Fittings	Позиция на схеме / Position on the diagram	Положение / Position	Степень положения / Degree of position
	Приборы / Devices		Степень открытия / Degree of discovery	
1	Задвижка / Damper	3	Закрытое / Closed	Максимальное / Maximum
			-	
2	Задвижка / Damper	9	Закрытое / Closed	--/--
			-	
3	Задвижка / Damper	14	Закрытое / Closed	--/--
			-	
4	Манометры / Pressure gauges	4,5	-	--/--
			Максимальная / Maximum	
5	Вакуумметр / Vacuumeter	13	-	--/--
			Максимальная / Maximum	
6	Трубопроводы / Pipe	2,8,11,17	-	--/--
			Свободные / Free	
7	Компрессор / Compressor	15	Включен / Powered	--/--
8	Струйный аппарат / Jet Unit	10	Включен / Powered	--/--
			-	
9	Расходомер / Flow meter	18	В эксплуатационном состоянии / In operational condition	

Показания величины напора основных агрегатов контролируются манометрами 4,5.

При необходимости учета взаимодействия гидравлических параметров напорных и всасывающих линий гидромеханического оборудования эксплуатационный технологический процесс, соответственно, изменяется в сравнении с процессом эксплуатации существующих режимов.

Как указывается в литературных источниках [8, 9] при учете взаимодействия параметров эксплуатационные режимы изменяются в зависимости от необходимости местоположения потребителя.

Вышеописанные технологические процессы приведены в таблицах 3, 4, на основании эксплуатационной схемы, приведенной на рисунке 5.

В данном случае при переменном режиме и изменении местоположения потребителя от точки 2 к точке 1 вследствие уменьшения потерь напора, напор уменьшен на величину ΔH , подача соответственно увеличена на ΔQ по сравнению с необходимыми значениями.

Значение ΔH и ΔQ используется для возможности эксплуатации струйного аппарата 18 (см. рисунок 5) при необходимости изменения высоты всасывания.

Технологический процесс эксплуатации гидромеханического оборудования при использовании линии рециркуляции в каждом конкретном случае при пуске линии рециркуляции и необходимости передачи части энергии от напорной линии к всасывающей, на всасывающем трубопроводе, как указывалось выше, устанавливается дополнительное оборудование, способствующее эффективному использованию переданной энергии (п. 16 см. рисунок 5)

В случае аварийного падения уровня воды в водоисточнике для увеличения высоты всасывания гидромеханического оборудования пускается в сеть линия рециркуляции открытием задвижки.

Согласно схеме (см. рисунок 5) на всасывающей линии на каждом всасывающем трубопроводе установлены струйные аппараты [10] (п. 18) питаемые от линии рециркуляции (п. 16) процесс пуска и эксплуатации линии рециркуляции приведен в таблице 4.

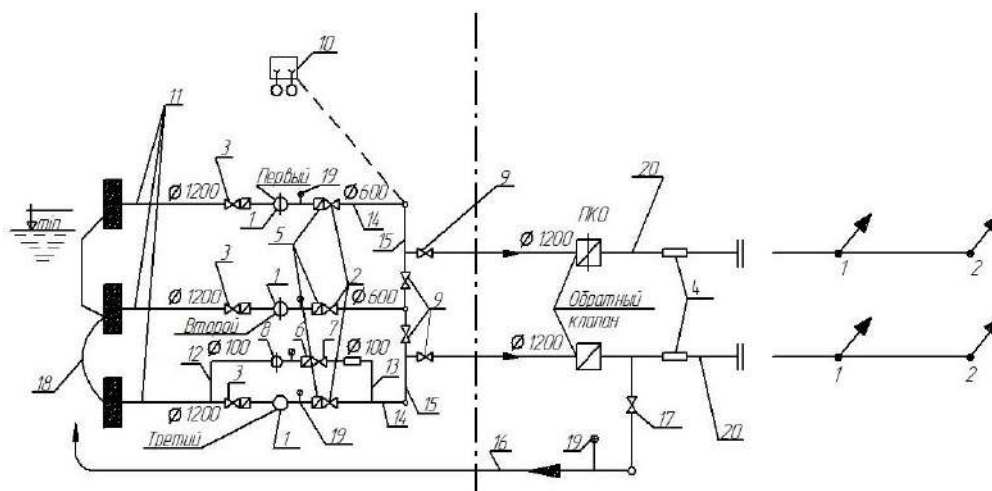


Рисунок 5 – Схема обвязки основного и вспомогательного оборудования насосной станции
1 – основные агрегаты; 2, 3, 7, 9, 17 – запорная арматура (задвижки); 4 – расходомеры; 5, 6 – клапана обратные; 8 – бустерный насос; 10 – дренажный приямок; 11, 12 – всасывающие трубопроводы; 13, 14 – напорные распределительные трубопроводы; 15 – коллектор; 16 – линия рециркуляции; 18 – струйный аппараты; 19 – манометры; 20 – магистральные трубопроводы

Figure 5 – Wiring diagram of the main and auxiliary equipment of the pumping station
1 – main units; 2, 3, 7, 9, 17 – shut-off valves (valves); 4 – flow meters; 5, 6 – check valves; 8 – booster pump; 10 – drainage pit; 11, 12 – suction pipelines; 13, 14 – pressure distribution pipelines; 15 – collector; 16 – recirculation line; 18 – jet apparatus; 19 – pressure gauges; 20 – main pipelines

Таблица 3 – Технологический процесс эксплуатации агрегатов при изменении местоположения потребителя (точки отбора потребителем от т.2 к т.1)

Table 3 – Technological process of operation of the units when the location of the consumer changes (selection points by the consumer from t.2 to t.1)

№ п/п	Арматура / Fittings	Позиция на схеме / Position on the diagram	Положение / Position	Степень положения / Degree of position
	Приборы / Devices		Степень открытия / Degree of discovery	
1	Задвижка коллектора 15 / Manifold Gate Valve 15	9	Закрытое / Closed	Полное/ Full
			-	
2	Задвижка на трубопроводе 14 / Gate valve on the pipeline 14	2	Закрытое / Closed	Полное / Full
			-	
3	Обратный клапан / Check valve	5	Закрытое / Closed	Полное / Full
4	Манометры на коллекторе 15 / Manifold Pressure Gauges 15	19	-	Максимальное / Maximum
			Максимальная / Maximum	
5	Задвижка линии рециркуляции 16 / Recirculation Line Gate Valve 16	17	Закрытое / Closed	--/--
			Максимальная / Maximum	
6	Струйные аппараты / Jet Machines	18	Отключен / Disabled	--/--
			-	
7	Задвижка на магистральном трубопроводе / Gate valve on the main pipeline	19	Открытое / Open	--/--
			Максимальная / Maximum	
8	Задвижки на коллекторе 15 и магистральном трубопроводе 20 / Gate valves on the collector 15 and the main pipeline 20	9	Закрытое / Closed	--/--
			Максимальная / Maximum	

Таблица 4 – Технологический процесс пуска линии рециркуляции и струйных аппаратов при аварийном падении уровня воды в водоисточнике в случае необходимости изменения высоты всасывания
Table 4 – The technological process of starting the recirculation line and jet devices in case of an emergency drop in the water level in the water source, if necessary, a change in the suction height

№ п/п	Арматура / Fittings	Позиция на схеме (см. рисунок 5) / Position in the diagram (see Figure 5)	Состояние / Condition	Степень состояния / Degree of Condition
	Приборы / Devices		Показания приборов / Instrument readings	
1	Задвижка на линии рециркуляции 16 / Gate valve on the recirculation line 16	17	Открытое / Open	Максимальная / Maximum
			-	
2	Струйные аппараты на всасывающих трубопроводах / Suction pipe blasting machines	18	Включенные / On	-/-
			-	
3	Клапана обратные / Check valves	5,6	Открытое / Open	Максимальная / Maximum
4	Манометры / Pressure gauges	19	-	-/-
			Максимальное / Maximum	
5	Линия рециркуляции / Recirculation Line	16	Открытая / Open	-/-
			-	
6	Основные агрегаты (первый, второй, третий) / Main units (first, second, third)	1	Параллельное включение / Parallel on	Нагрузка максимальная / Maximum load
			-	

В данном случае максимально возможное повышение высоты всасывания достигается максимальной величиной напора струйного аппарата (до 20 м) [11, 12, 13].

Технологический процесс эксплуатации гидромеханического оборудования при необходимости уменьшения подачи, как правило, достигается двумя способами:

- Прикрытием задвижки на напорном трубопроводе – дросселированием, что экономически не целесообразно, вследствие не учтенных затрат на потери напора;
- Отключением одного или нескольких включенных агрегатов, что не увеличивает расхода электроэнергии и не влияет на КПД оставшегося включенным агрегата, уменьшает подачу при неизменном напоре каждого агрегата.

Таблица 5 – Эксплуатационный процесс гидромеханического оборудования в случае отключения одного или нескольких агрегатов при необходимости уменьшения подачи
Table 5 – The operational process of the hydromechanical equipment in case of shutdown of one or more units if necessary to reduce the supply

№ п/п	Арматура / Fittings	Позиция на схеме (см. рис. 4.5) / Position in the diagram (see Fig. 4.5)	Состояние / Condition	Степень состояния / Degree of Condition
	Приборы / Devices		Показания приборов / Instrument readings	
1	Задвижка (первый агрегат) / Gate valve (First unit)	9	Закрытое / Closed	Полное / Full
			-	
2	Задвижка (второй агрегат) / Gate valve (Second unit)	9	Открытое / Open	-/-
			-	
3	Задвижка (Коллектор между первым и вторым агрегатами) / Gate valve (Manifold between the first and second units)	9	Закрытое / Closed	-/-
			-	
4	Линия рециркуляции / Recirculation Line	16	Закрытое / Closed	-/-
			-	
5	Задвижка / Damper	17	Закрытое / Closed	-/-
			-	
6	Манометр / Manometer	19	Открытое / Open	-/-
			Максимальное / Maximum	
7	Линия рециркуляции / Recirculation Line	16	Закрытое / Closed	-/-
			Нулевое / Zero	

В случае наличия отдельного всасывающего трубопровода (см. рисунок 5) использование всасывающего коллектора и одного всасывающего трубопровода, при изменении подачи в напорном трубопроводе, оказывает существенное воздействие на гидравлические параметры всасывающей линии, изменение скоростного напора, потерь напора, допустимой вакуумметрической высоты всасывания.

В данном варианте при проектировании рекомендуется использование линии рециркуляции.

Технологический процесс эксплуатации агрегатов в случае необходимости уменьшения подачи приведен в таблице 5.

При выключении насосной станции в случае остановки на зимний период в мелиоративных системах используется дренажный приемок (п. 10 см. рисунок 5).

Остановка станции проводится стандартными приемами, выключением агрегатов полным открытием имеющейся арматуры, сбросом воды из сети [14].

Результаты и обсуждение. Приведенные таблицы 1, 2, 3, 4, 5 технологических процессов эксплуатации, приведенной для примера насосной станции, позволяют эксплуатировать действующие насосные станции мелиорации и водоснабжения, оборудованные центробежными насосами в различных режимах с положительной или отрицательной высотой всасывания, с линией рециркуляции и возможностью изменить высоту всасывания при различных величинах падения отметки водоисточника с установленным во всасывающем трубопроводе струйным аппаратом. Выше рассмотренные схемы позволяют проектным организациям, при проектировании или реконструкции, создать безаварийные и энергоэффективные варианты эксплуатационных схем.

Выводы. 1. На основании приведенных рекомендаций установлена возможность эксплуатации насосной станции в различных вариантах, позволяющая машинистам грамотно использовать приборы и замерную арматуру в здании насосной станции при различных схемах включения оборудования и сети.

2. Графически показана схема обвязки основного и вспомогательного оборудования насосной станции, что демонстрирует возможность экономически обоснованного применения линии рециркуляции, которая позволяет существенно сократить потребление энергии за счет использования остаточного напора и подачи напорной сети во всасывающие трубопроводы при смене местоположения потребителя.

3. При использовании в технологическом процессе линии рециркуляции наличие дополнительных эксплуатационных затрат на потери энергии, установленного во всасывающем трубопроводе оборудования, оправдывающееся постоянными гидравлическими параметрами сети и возможностью эффективного использования остаточной энергии в напорных трубопроводах, снижающих вероятность непредвиденной остановки насосной станции в случае аварийной ситуации и полного прекращения подачи.

Conclusions. 1. Based on the above recommendations, the possibility of operating the pumping station in various variants has been established, allowing machinists to competently use devices and measuring fittings in the pumping station building with various equipment and network switching schemes.

2. The possibility of economically justified use of a recirculation line is graphically shown, which makes it possible to significantly reduce energy consumption by using residual pressure and supplying a pressure network in the suction pipeline when changing the location of the consumer.

3. When using a recirculation line in the technological process, the presence of additional operating costs for energy losses installed in the suction pipeline equipment, justified by the constant hydraulic parameters of the network and the possibility of efficient use of residual energy in pressure pipelines, reducing the likelihood of an unforeseen shutdown of the pumping station in case of an emergency and complete cessation of supply.

Библиографический список

1. Али М. С., Бегляров Д. С., Наумова А. А., Назаркин Э. Е. Анализ факторов, определяющих погрешность расходов с сужающими устройствами на каналах головных насосных станций. Природообустройство. 2023. № 2. С. 99-105.
2. Муравьев А. В., Калинин А. Г., Мясникова Т. В. Управление энергосберегающими режимами насосных установок по критерию «Баланс мощности». Вестник Чувашского университета. 2019. № 1. С. 75-81.
3. Пашков П. В., Тарасьянц А. С., Тарасьянц С. А. Технологический процесс эксплуатации линии рециркуляции для центробежных и осевых насосов. Актуальные вопросы природообустройства и мелиорации Юга России: сб. науч. тр. по материалам Всерос. науч.-практ. конф. Новочеркасск, 2018. С. 54-56.

4. Карабаев А. Н., Шерматов Р. Ю. Повышение эффективности насосных станций. *Oriental Renaissance: Innovative, natural and social sciences. Impact Factor Advanced Sciences Index Factor*. 2022. С. 1359-1362.
5. Али М. С., Бегляров Д. С. Насосы и насосные установки. М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. 130 с.
6. Николаенко Д. В., Уржумова Ю. С., Панов В. Б., Тарасьянц С. А., Ширяев В. Н. Технологический процесс эффективности эксплуатации насосного оборудования с использованием струйного аппарата на всасывающем трубопроводе. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2022. № 3 (67). С. 612-621.
7. Сатункин И. В., Кузьменко С. С., Гуляев А. И., Григорьев А. А., Сексяев А. С. Эффективность комплекса мероприятий при реализации программы мелиорации земель в Оренбургской области. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021. № 1 (87). С. 30-34.
8. Ширяев В. Н., Уржумова Ю. С., Тарасьянц С. А. Методика расчета полной энергии во всасывающих и напорных трубопроводах основных агрегатов на мелиоративных насосных станциях. *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 2021. Т. 11. № 1. С. 162–173.
9. Майер А. В., Выборнов В. 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.
10. Каримов А. А. Учет водопользования или водопотребления – где путь к водосбережению? *Гидрометеорология и экология*. 2022. № 1. С. 83-92.
11. Царевский Я. А., Цыпленков Д. С., Мазанов Р. Р., Тарасьянц С. А. Конструкции струйных аппаратов, используемых в гидромеханизации. *Наука и образование в инновационном развитии АПК: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции*. Махачкала, 2020. С. 115-120.
12. Chitale Shivani, et al. Parameters Affecting Efficiency of Centrifugal Pump – A Review. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*. 2021. Pp. 49-58.
13. Improving the accuracy of accounting for the pumped medium. Robust solenoid driven metering pump. *Chem. Plants + Process*. 2015. V. 48. N 3. P. 43.
14. Gruner Ch., Ott H.-J. Analysis of the hull noise of large pumps. *Korperschallanalyse zur zustandsorientierten Instandhaltung von GroSSpumpen. DVGW Energ. Wasser-Prax*. 2016. V. 67. N 5. Pp. 28-32.

References

1. Ali M. S., Beglyarov D. S., Naumova A. A., Nazarkina E. E. Analysis of Factors Determining the Error of Flow Rates with Narrowing Devices on the Channels of Main Pumping Stations. *Environmental Engineering*. 2023. № 2. Pp. 99-105.
2. Muravyov A. V., Kalinin A. G., Myasnikova T. V. Control of Energy-Saving Modes of Pumping Plants by the Criterion "Power Balance". *Bulletin of the Chuvash University*. 2019. № 1. Pp. 75-81.
3. Pashkov P. V., Tarasyants A. S., Tarasyants S. A. Technological Process of Operation of a Recirculation Line for Centrifugal and Axial Pumps. *Actual Issues of Natural Resources and Land Reclamation of the South of Russia: the materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. Novocherkassk, 2018. Pp. 54-56.
4. Karabaev A. N., Shermatov R. Y. Improving the Efficiency of Pumping Stations. *Oriental Renaissance: Innovative, natural and social sciences. Impact Factor Advanced Sciences Index Factor*. 2022. Pp. 1359-1362.
5. Ali M. S., Beglyarov D. S. Pumps and Pumping Installations. Moscow: Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2022. 130 p.
6. Nikolaenko D. V., Urzhumova Y. S., Panov V. B., Tarasyants S. A., Shiryayev V. N. Technological Process of Pumping Equipment Operation Efficiency Using a Jet Apparatus on a Suction Pipeline. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2022. № 3 (67). Pp. 612-621.
7. Satunkin I. V., Kuzmenko S. S., Gulyaev A. I., Grigoriev A. A., Seksyayev A. S. Effectiveness of a set of measures in the implementation of the land reclamation program in the Orenburg region. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2021. № 1 (87). Pp. 30-34.
8. Shiryayev V. N., Urzhumova Y. S., Tarasyants S. A. Methods of Calculating Total Energy in Suction and Pressure Pipelines of the Main Units at Reclamation Pumping Stations. *Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems*. 2021. V. 11. № 1. Pp. 162-173.
9. Mayer A. V., Vybornov V. 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.
10. Karimov A. A. Accounting for Water Use or Water Consumption – Where is the Way to Water Saving? *Hydro meteorology and ecology*. 2022. № 1. Pp. 83-92.
11. Tsarevskii Ya. A., Tsyplenkov D. S., Mazanov R. R., Tarasyants S. A. Structures of Jet Apparatus Used in Hydromechanization. *Science and Education in the Innovative Development of the Agro-Industrial Complex: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. Makhachkala, 2020. Pp. 115-120.
12. Chitale Shivani, et al. Parameters Affecting Efficiency of Centrifugal Pump – A Review. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*. 2021. Pp. 49-58.
13. Improving the accuracy of accounting for the pumped medium. Robust solenoid driven metering pump. *Chem. Plants + Process*. 2015. V. 48. N 3. P. 43.
14. Gruner Ch., Ott H.-J. Analysis of the hull noise of large pumps. *Korperschallanalyse zur zustandsorientierten Instandhaltung von GroSSpumpen. DVGW Energ. Wasser-Prax*. 2016. V. 67. N 5. Pp. 28-32.

Информация об авторах

Винокурова Ирина Николаевна, преподаватель, Донской аграрный колледж ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (Российская Федерация, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, д. 24), <https://orcid.org/0000-0003-0617-4784>, e-mail: vin29@internet.ru

Трушев Валерий Валерьевич, аспирант кафедры «Водоснабжение и использование водных ресурсов» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А. К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (Российская Федерация, 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, д. 111), e-mail: vipfoggy@mail.ru

Мазанов Руслан Расулович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технические системы и цифровой сервис», ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова» (Российская Федерация, 367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Магомета Гаджиева, д. 180), e-mail: mazanov.rus@mail.ru

Тарасьянц Сергей Андреевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Водоснабжение и использование водных ресурсов» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А. К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (Российская Федерация, 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, д. 111), e-mail: starasyancz@mail.ru

Author's Information

Vinokurova Irina Nikolaevna, teacher at the Don Agrarian College of the "Don State Agrarian University" (Russian Federation, 346493, Rostov Region, Oktyabrsky District, Persianovsky Village, Krivoshlykova Street, 24), <https://orcid.org/0000-0003-0617-4784>, e-mail: vin29@internet.ru

Trushev Valery Valerievich, graduate student of the department of "Water supply and use of water resources" of the Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute named after A. K. Kortunov (Russian Federation, 346428, Rostov region, Novocherkassk, Pushkinskaya str., 111), e-mail: vipfoggy@mail.ru

Mazanov Ruslan Rasulovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Engineering Systems and Digital Service, Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov (Russian Federation, 367032, Republic of Dagestan, Makhachkala, Magomet Gadzhiev St., 180), e-mail: mazanov.rus@mail.ru

Tarasants Sergey Andreevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Water Supply and Use of Water Resources, Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute named after A. K. Kortunov (Russian Federation, 346428, Rostov region, Novocherkassk, Pushkinskaya str., 111), e-mail: starasyancz@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-48

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE PARAMETERS OF A MODEL SAMPLE OF AN ELECTRIC VEHICLE FOR GRAIN HARVESTING WORKS IN BREEDING AND SEED PRODUCTION

Dmitriev K. S.

*Federal Scientific Agroengineering Center VIM
Moscow, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: kir0597@yandex.ru

Received 17.04.2024

Submitted 31.07.2024

Summary

The article presents the results of testing an electric truck for agricultural purposes during grain harvesting in a breeding enterprise. The possibility of its operation was investigated in accordance with the reference value of the time required to complete the cycle of transport work during the grain harvesting process of 989.8 s, as well as a comparison of experimental values with studies of the digital twin of this vehicle. The results of the study were the convergence values of the calculated, declared and actual time for passing sections of the task of transporting grain during the harvesting process.

Abstract

Introduction. One of the most important tasks in the field of agriculture is to increase the efficiency of breeding enterprises and improve the quality of their products. One of the directions for increasing efficiency is the introduction of more technologically advanced and accurate machines at all stages of interaction with breeding products. Replacement of manual labor, reduction of losses of breeding material and reduction of polluting factors that harm products are the main points of impact where new technologies should be applied. The study is devoted to the optimization of the transport process at the stage of harvesting breeding grain; the methods and developments used are designed to optimize and improve the performance of the task, reducing the harmful effects and possible losses of breeding products. The article describes a method for studying the applicability of a sample transport machine, the parameters of which were calculated by the method of its simulation modeling in a specific transport problem of transporting breeding grain from the combine to the warehouse. **Object.** justification of the traction-power and energy-economic characteristics of a sample vehicle by conducting tests on the transportation of selected grain at the enterprise. **Methods.** studies of a prototype were carried out at all stages of transport work for harvesting breeding grain at the enterprise, a comparative assessment of the time indicators for completing the transport process in a simulation model and when tested at a real enterprise was carried out, the research results were plotted against the reference time required to complete the transport cycle. **Results.** the results of the research made it possible to substantiate the parameters of a sample electric vehicle for grain harvesting in selection and seed production with the following main technical characteristics: number of wheels: 3; number of electric motors: 1; battery capacity: 80Ah; electric motor power: 1.5 kW (overload capacity up to 3 kW for 2 seconds); gear ratio in the gearbox: $i=4.45$; weight with cargo: 920 kg; Tire size: 175/70 R13.

Keywords: grain harvesting, harvesting equipment, electric vehicles, parameters of electric transport.

Citation. Dmitriev K. S. Experimental studies of the parameters of a model sample of an electric vehicle for grain harvesting works in breeding and seed production. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 428-438 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-48.

Author's contribution. The author of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. The author of this article have read and approved the presentation.

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

УДК 62-523.8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МАКЕТНОГО ОБРАЗЦА ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ РАБОТ В СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВЕ

Дмитриев К. С., младший научный сотрудник

*Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ
г. Москва, Российская Федерация*

Актуальность. Одной из важнейших задач в области сельского хозяйства является повышение эффективности процессов внутри селекционных предприятий, улучшение качества их продукции. Одним из направлений по повышению эффективности является внедрение более технологичных и точных машин на все этапы взаимодействия с селекционной продукцией. Замещение ручного труда, снижение потерь селекционного материала и уменьшение загрязняющих факторов, вредных продукции, являются основными пунктами воздействия, где следует применять новые технологии. Исследование посвящено оптимизация транспортного процесса на этапе уборки селекционного зерна, применяемые методы и разработки призваны оптимизировать и улучшить выполняемость задачи, снижая вредное воздействие и возможные потери селекционной продукции. В статье описывается способ исследования применимости образца транспортной машины, параметры которой были рассчитаны методом его имитационного моделирования, в конкретной транспортной задаче по транспортировке селекционного зерна от комбайна на склад. **Цель.** Обоснование тягово-мощностных и энерго-экономических характеристик образца транспортного средства за счет проведения испытаний по транспортировке селекционного зерна на предприятии. **Методы.** Проведены исследования макетного образца на всех этапах транспортной работы по уборке селекционного зерна на предприятии, проведена сравнительная оценка временных показателей выполнения транспортного процесса в имитационной модели и при испытании на реальном предприятии, результаты исследований построены относительно эталонного времени, требуемого для выполнения транспортного цикла. **Результаты.** Результаты проведенных исследований позволили обосновать параметры образца электротранспортного средства для зерноуборочных работ в селекции и семеноводстве со следующими основными техническими характеристиками: количество колес: 3; количество электромоторов: 1; объем АКБ: 80 А·ч; мощность электродвигателя: 1,5 кВт (перегрузочная способность до 3 кВт на 2 секунды); передаточное число в коробке передач: $i_{\text{кп}}=4,45$; масса с грузом: 920 кг; типоразмер шин: 175/70 R13.

Ключевые слова: зерноуборочные работы, уборочная техника, электротранспортные средства, параметры электротранспорта.

Цитирование. Дмитриев К. С. Экспериментальные исследования параметров макетного образца электротранспортного средства для зерноуборочных работ в селекции и семеноводстве. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 428-438. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-48.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Постоянно повышающиеся требования к качеству и объему селекционной продукции диктуют потребность в усовершенствовании процессов ее производства [1]. На каждом из производственных этапов проводится анализ, и выявляются слабые места технологий выращивания, проводится оптимизация процессов уборки выращенной продукции, модернизируются средства для транспортировки и хранения селекционной продукции. Для постоянного улучшения вышеописанных процессов необходима разработка новых средств механизации для хранения и транспортировки. Новые технические средства должны отвечать требованиям экологической безопасности [2-4], повышать эффективность и

точность выполнения работ внутри сельскохозяйственных процессов [5]. Немаловажным этапом уборки селекционного материала является транспортировка его от селекционного комбайна до места хранения, внедряя новые технические решения в эту операцию можно добиться повышения таких аспектов, как удешевления уборочных процессов, уменьшения ручного труда, а также снижения экологически вредного воздействия на окружающую среду и на сам продукт селекционно-семеноводческого предприятия [6].

Для удешевления процесса создания нового типа технического средства, а также ускорения внедрения в процесс производства продукции на селекционно-семеноводческих предприятиях – все чаще используют средства имитационного моделирования [7-9]. Цифровые двойники механизмов или машин целиком виртуально выполняют задачи, условия которых приближены к реальным на конкретном предприятии. Таким образом, создаваемые технические решения подвергаются тестированию еще на этапе их проектирования и обоснования технических параметров.

Материалы и методы. Так, для селекционно-семеноводческого предприятия для оптимизации его транспортных работ по уборке зерна, повышения экологической безопасности, а также снижения стоимости и трудозатрат процессов было разработано транспортное средство с электроприводом, способное полностью удовлетворить потребности задачи. Методами имитационного моделирования, цифровой двойник электротранспортного средства виртуально выполнил поставленную задачу по транспортировке зерна, беря за параметры условия работы цифрового двойника – параметры реальной транспортной работы на селекционно-семеноводческом предприятии ИСА ФГБНУ ВИМ.

Разрабатываемое электрическое транспортное средство (ЭТС) рассчитано для использования на селекционных агропредприятиях, а именно в уборке зерновых, бобовых и бобово-масличных культур. ЭТС разрабатывалось с учетом внедрения его в перспективную технологию транспортировки селекционного зерна и семян селекционными зерносушильными контейнерами [10]. Технические характеристики ЭТС (таблица 1) были подобраны методом имитационного моделирования под технологический процесс уборки селекционного зерна (рисунок 1) на селекционно-семеноводческом предприятии ИСА ФГБНУ ВИМ (рисунок 2).

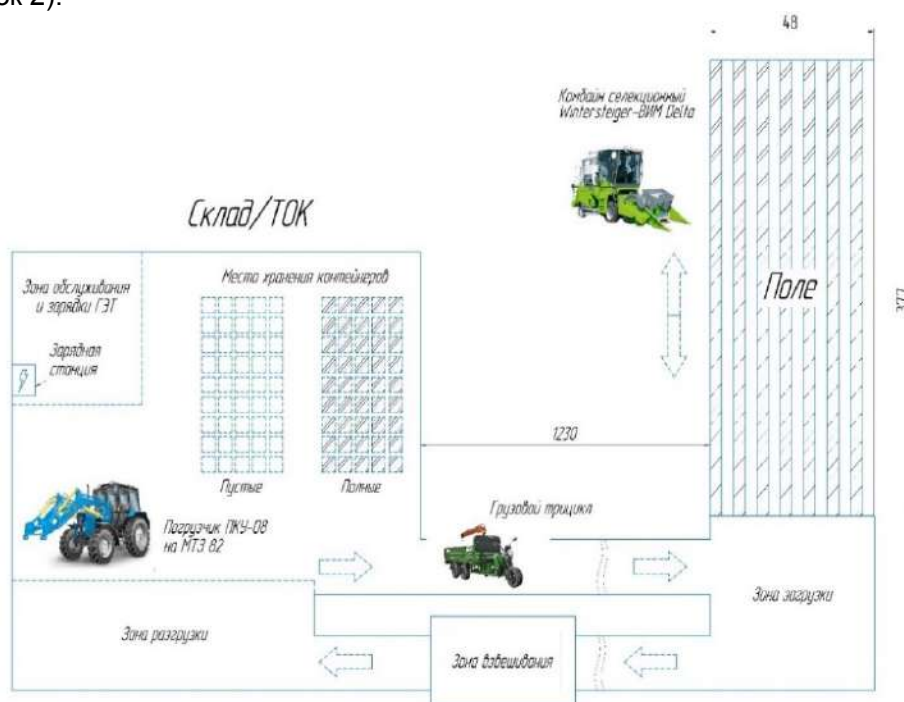


Рисунок 1 – Технологический процесс уборки селекционного зерна с применением зерносушильных контейнеров и специализированного электрического транспорта

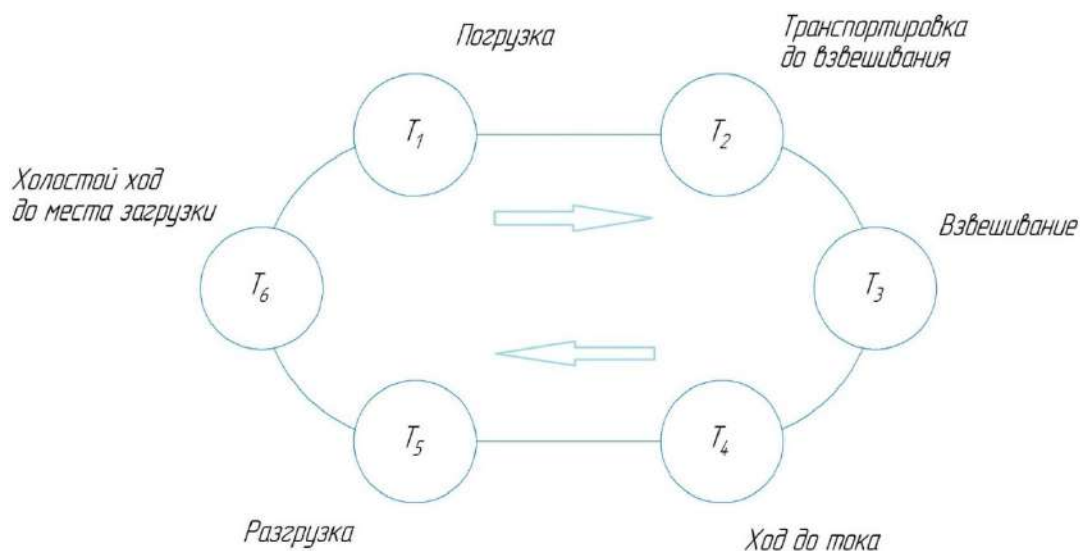
Figure 1 – Technological process of harvesting selected grain using grain drying containers and specialized electric transport

Таблица 1 – Технические характеристики ЭТС
Table 1 – Technical characteristics of Electric vehicle

Название транспорта / Transport Name	ЭТС 1.1 / Electric vehicle 1.1
Показатель / Index	Значение / Meaning
Параметры образца ЭТС / Parameters of the Electric vehicle sample	
Длина, мм / Length, mm	2600
Ширина, мм / Width, mm	1100
Высота, мм / Height, mm	1355
Дорожный просвет, мм / Ground clearance, mm	200
Сухая масса, кг / Dry weight, kg	300
Максимальное давление на почву, кПа / Maximum soil pressure, kPa	125
Двигатель / Engine	Электрический / Electric
Потребляемая мощность, кВт / Power consumption, kW	1,5
Номинальное напряжение, В / Rated voltage, V	60
Тип аккумулятора / Battery Type	Тяговый, гелевый, свинцово-кислотный / Traction, gel, lead-acid
Время работы от аккумуляторов при полной нагрузке, ч / Battery life at full load, h	Не менее 7 / At least 7
Скорость движения под нагрузкой, км/ч / Speed under load, km/h	16
Грузоподъемность, кг / Carrying capacity, kg	600

ЭТС по общему устройству и принципу работы соответствует современным конструктивным решениям [11], реализованным в подобных технических средствах [12]. Он оснащен электродвигателем, с номинальной мощностью в 1.5 кВт. Переднее колесо, является управляемым.

ЭТС предполагает интеграцию в технологический процесс уборки селекционного зерна. Базовыми операциями для транспортно-технологических средств – транспортировка селекционных зерносушильных контейнеров от места их заполнения до зернохранилища, этапы транспортной работы отображены на рисунке 2.

Рисунок 2 – Этапы транспортной работы для обеспечения уборки селекционного зерна
Figure 2 – Stages of transport work to ensure harvesting of selected grain

Эталонные временные отрезки для надлежащего выполнения транспортной работы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Временные отрезки этапов циклорейса транспортной задачи уборки селекционного зерна
Table 2 – Time intervals of the stages of the round trip of the transport task of harvesting selection grain

№ этапа / Stage	Наименование этапа / Name of the stage	Затраченное время, с / Time spent, s	Максимальная скорость, км/ч / Maximum speed, km/h
T1	Погрузка / Loading	108	0
T2	Транспортировка до взвешивания / Transportation before weighing	129,6	12
T3	Взвешивание / Weighing	237,6	0
T4	Ход до склада / Move to the warehouse	129,6	12
T5	Разгрузка / Unloading	108	0
T6	Холостой ход до места загрузки / Idling to the place of loading	277	16
Итого времени: 989,8 сек. / Total time: 989.8 sec.			

Результаты и обсуждение. Определение уровня разряда АКБ ЭТС после каждого последующего цикла транспортной работы.

Было проведено комплексное испытание на выносливость образца ЭТС в транспортном цикле уборки селекционного зерна зерносушильным контейнером (таблица 4).

В ходе проведения испытаний проводились измерения уровня заряда АКБ. Наиболее благоприятным для измерения периодом было выявлено время, когда ЭТС находится в неподвижном состоянии, так как этапы транспортировки переменялись с подвижных на неподвижные: измерение напряжения АКБ осуществлялось при смене одного этапа на другой. Выведенные в сторону провода для осуществления зарядки ЭТС без подъема кузова дали возможность быстро подключать мультиметр для определения падения напряжения на АКБ после каждого участка. По данным производителя аккумуляторов был произведен перерасчет напряжения на батареях в остаточный процент заряда (таблица 3).

Таблица 3 – Потеря заряда АКБ в процентах в транспортной работе
Table 3 – Battery charge loss as a percentage in transportation work

№ цикла / Cycle	Время, с / Time, s	Потеря заряда АКБ после циклорейса, % / Battery charge loss after cycloflight, %
1	1077	5,5
2	1005	4
3	1050	3,9
4	910	3,7
5	890	3,9
6	881	3,9
7	913	3,9
8	870	3,7
9	900	4,1
10	850	3,9
11	866	3,9
12	870	3,9
13	904	4
14	903	3,9
15	865	4,2
16	855	4
17	901	4
18	850	4
19	900	4
Суммарные значения / Totals		
-	17 260	81,1

На рисунке 3 показана зависимость заряда АКБ в процентах от количества произведенных циклов транспортной работы.

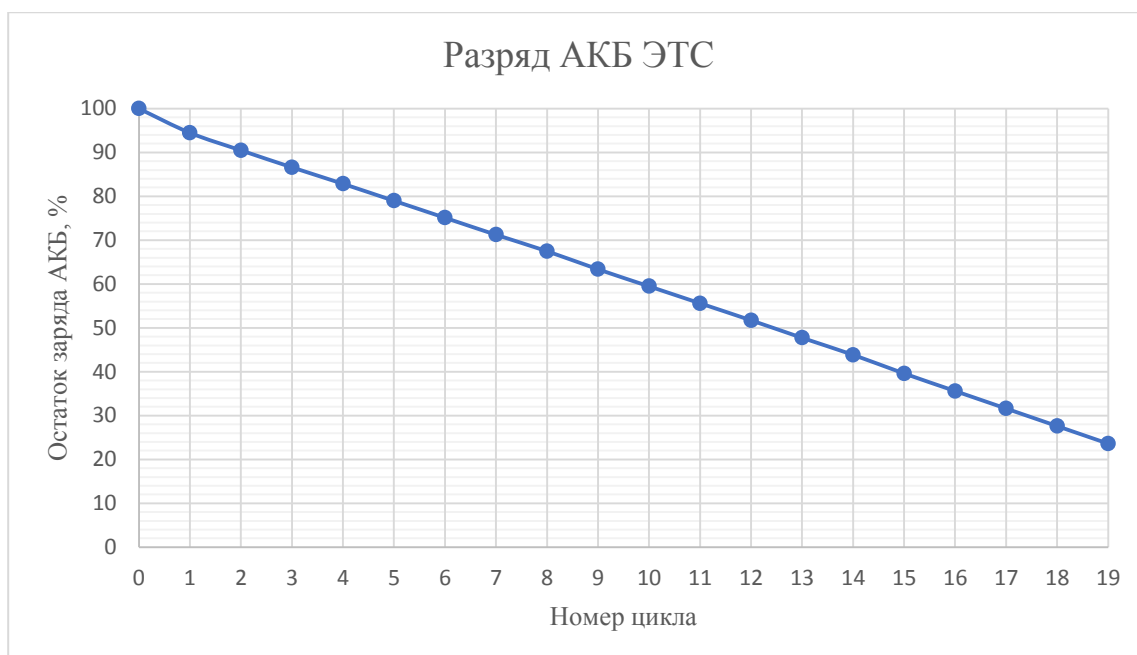


Рисунок 3 – Разряд аккумуляторной батареи ЭТС
Figure 3 – EV battery discharge

Определение температурных показателей электродвигателя для оценки запаса прочности

Для определения температурного режима работы в ходе проведения испытаний в транспортном цикле по уборке селекционного зерна проводился анализ системы охлаждения электродвигателя пирометром. Ход проведения анализа температуры двигателя представлен на рисунке 4.

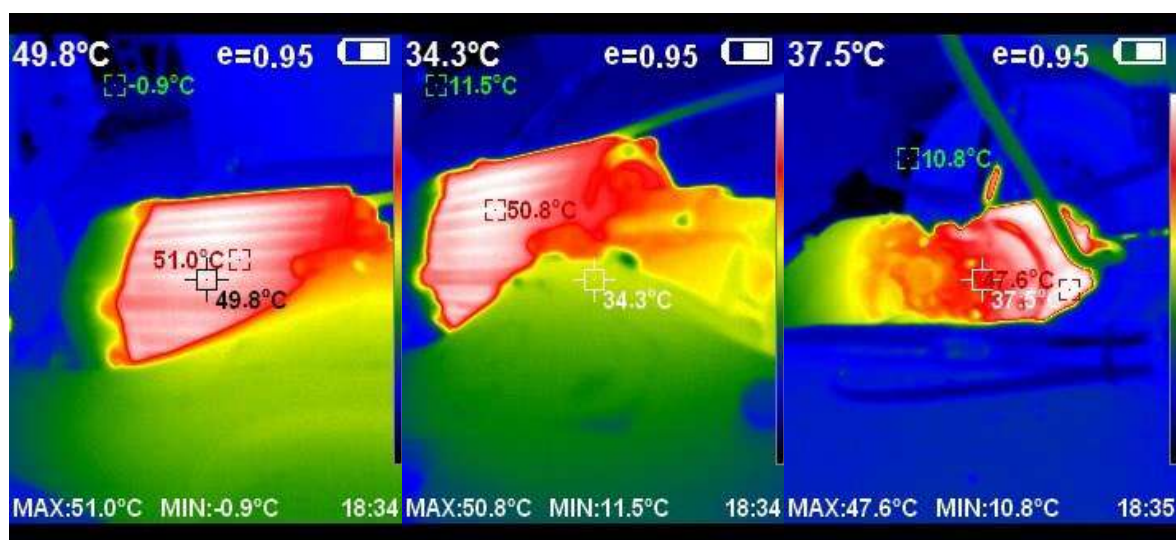


Рисунок 4 – Фрагменты программного обеспечения пирометра
Figure 4 – Fragments of pyrometer software

Из полученных данных следует: температура двигателя не превышает максимальных значений в 70 °С, заявленных заводом-изготовителем.

Таблица 4 – Фотографии выполнения каждого из участков транспортного цикла
Table 4 – Photos of the implementation of each section of the transport cycle

Т1 (Порозка / Loading)	Т2 (Транспортировка до взвешивания / Transportation before weighing)
	
Т3 (Взвешивание / Weighing)	Т4 (Ход до тока / Stroke to current)
	
Т5 (Смена контейнера / Changing the container)	Т6 (Холостой ход до места загрузки / Idling to the place of loading)
	

Исследование сходимости экспериментальных и теоретических данных

Были исследованы экспериментальные значения прохождения ЭТС одного усредненного цикла транспортной работы и значения математической модели прохождения ЭТС одного цикла транспортной работы (таблица 5).

На рисунке 5 на графике были отражены средние скорости участков Т2, Т4, Т6 этапного цикла, значений математической модели и значений, полученных в ходе исследования экспериментального образца. Соотношение данных экспериментальных и теоретических экспериментов представлено в таблице 6.

Таблица 5 – Средние значения работы ЭТС в заданном цикле транспортной работы

Table 5 – The average values of the ETS operation in a given cycle of transport work

№ участка / No of the plot	Экспериментальные значения / Experimental values				Значения математической модели / Values of a mathematical model			
	Расстояние, м / Distance, m	Время, с / Time, s	Средняя потеря заряда АКБ, А·ч / Average battery charge loss, Ah	Средняя скорость, км/ч / Average speed, km/h	Расстояние, м / Distance, m	Время, сек / Time, s	Средняя потеря заряда АКБ, А·ч / Average battery charge loss, Ah	Средняя потенциальная скорость, км/ч / Average potential speed, km/h
T1	0	111,3	0	0	0	108	0	0
T2	614	125	0,96	16,4	615	129,6	1	17,5
T3	0	216,6	0	0	0	237,6	0	0
T4	616	107,3	1,12	16,6	615	129,6	1	17,5
T5	0	91	0	0	0	108	0	0
T6	1230	294,3	1,88	20,3	1230	277	2	18,33

Таблица 6 – Процентное соотношение сходимости данных, полученных экспериментальным и теоретическим путями

Table 6 – The percentage of convergence of data obtained experimentally and theoretically

№	Расстояние, % / Distance, %	Время, % / Time, %	Потеря заряда АКБ, % / Battery charge loss, %	Средняя скорость, % / Average speed, %
T1	100	96,9	100	100
T2	99,8	96,3	95,8	93,7
T3	100	90,3	100	100
T4	99,8	79,2	88	94,8
T5	100	81,3	100	100
T6	100	93,7	93,6	90,3
Сходимость цикла по средним значениям, % / Cycle convergence by means, %	99,93	89,6	96,2	96,46

Сходимость результатов значений расстояния с теоретическими значениями составила: 99,3%.

Сходимость значений временных результатов эксперимента и математической модели составило: 89,6%.

Сходимость результатов значений потери заряда АКБ математической модели к реальному эксперименту составила: 96,2%.

Сходимость результатов значений средней скорости математической модели к реальному эксперименту составила: 96,5 %.

График наглядно отразил большие динамические возможности ЭТС, чем этого требует заявленный цикл транспортной работы как на этапе составления математической модели, так и при исследовании опытного образца. Данный запас в математической модели обеспечивает мощность на преодоление ухудшенных характеристик дороги. Значения экспериментального цикла показали близкую к математической модели характеристику. Расхождение значений вызвано отличием реальных нагрузок образца ЭТС от используемой в математической модели постоянной усредненной массы ЭТС и непостоянным одноплярным уклоном дорожного покрытия.

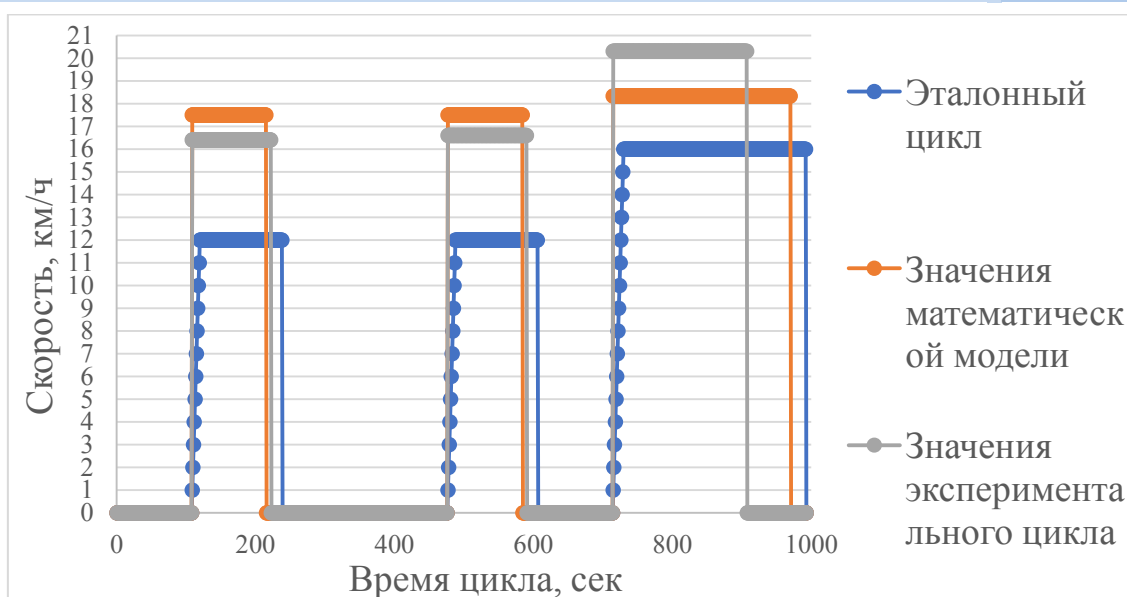


Рисунок 5 – График циклов транспортной работы по уборке селекционного зерна
Figure 5 – Schedule of cycles of transport work for harvesting selected grain

Заключение. 1. Результаты экспериментальных исследований позволяют сделать выводы о соответствии расчетов, выполненных методом имитационного моделирования.

2. Результаты экспериментальных исследований подтвердили достаточную точность имитационного моделирования образца ЭТС, относительно выполнения реальной транспортной задачи в процессе уборки селекционного зерна на предприятии ИСА ВИМ.

3. Экспериментальные исследования подтвердили возможность применения электродвигателей меньшей мощности, но с возможностью кратковременного двухкратного перегруза, что позволяет оптимизировать энерговооружённость ЭТС его стоимость.

4. Проведена оценка сходимости результатов экспериментальных исследований и результатов, полученных в ходе теоретических исследований прохождения ЭТС одного цикла транспортной работы.

Сходимость результатов значений расстояния с теоретическими значениями составила: 99,3%.

Сходимость значений временных результатов эксперимента и математической модели составило: 89,6%;

Сходимость результатов значений потери заряда АКБ математической модели к реальному эксперименту составила: 96,2%.

Сходимость результатов значений средней скорости математической модели к реальному эксперименту составила: 96,5%.

5. Результаты проведенных исследований позволили обосновать параметры и разработать электротранспортного средства для зерноуборочных работ в селекции и семеноводстве со следующими основными техническими характеристиками:

- количество колес: 3;
- количество электромоторов: 1;
- объем АКБ: 80 А·ч;
- мощность электродвигателя: 1,5 кВт (перегрузочная способность до 3 кВт на 2 секунды);
- передаточное число в коробке передач: $i_{кп} = 4,45$;
- масса с грузом: 920 кг;
- типоразмер шин: 175/70 R13.

Conclusions. 1. The results of experimental studies allow us to draw conclusions about the consistency of calculations performed by the simulation method. The developed simulation models provide the necessary accuracy in selecting the optimal parameters of the ETS electric drive, as well as elements of its chassis. Compared to generally accepted calculation methods, they are more accessible and informative.

2. The results of experimental studies confirmed the sufficient accuracy of the simulation of the ETS sample in relation to the implementation of a real transport task in the process of harvesting selection grain at the ISA VIM enterprise.

3. Experimental studies have confirmed the possibility of using electric motors of lower power, but with the possibility of short-term double overload, which allows optimizing the power supply of the electric power plant and its cost.

4. An assessment was made of the convergence of the results of experimental studies and the results obtained during theoretical studies of the passage of ETS of one cycle of transport work.

The convergence of the results of the distance values with the theoretical values was: 99.3%.

The convergence of the values of the time results of the experiment and the mathematical model was: 89.6%.

The convergence of the results of battery charge loss values of the mathematical model to the real experiment was: 96.2%.

The convergence of the results of the average speed values of the mathematical model to the real experiment was: 96.5%.

5. The results of the research made it possible to justify the parameters and develop an electric vehicle for grain harvesting in selection and seed production with the following main technical characteristics:

- number of wheels: 3;
- number of electric motors: 1;
- battery capacity: 80Ah;
- electric motor power: 1.5 kW (overload capacity up to 3 kW for 2 seconds);
- gear ratio in the gearbox: $i_{\text{кп}}=4.45$;
- weight with load: 920 kg;
- tire size: 175/70 R13.

Библиографический список

1. Сайфетдинов А. Р., Бершицкий Ю. И., Сайфетдинова П. В. Структурно-функциональный анализ и обоснование направлений развития системы селекции и семеноводства в России. Международный сельскохозяйственный журнал. 2024. № 1. С. 67-73.
2. Гуреев И. И., Климов Н. С. Модель нормирования механической нагрузки на почву при комплексной механизации региональных агротехнологий. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 35-42.
3. Гуреев И. И. О нормативе затрат на ликвидацию последствий техногенной деградации почвы. Достижения науки и техники АПК. 2018. № 11. С. 75-78.
4. Гуськов В. В., Поварехо А. В. Влияние характеристик опорной поверхности на тягово-сцепные свойства колесных машин. Вестник Белорусско-Российского университета. 2019. № 3 (64). С. 15-27.
5. Королькова А. П., Маринченко Т. Е. Государственная поддержка селекции и семеноводства. Агро-Форум. 2020. № 4. С. 60-61.
6. Чекмарёв В. Н. Повышение эффективности эксплуатации транспортных средств в сельском хозяйстве (на примере перевозки картофеля). Вестник КГУ. 2006. № 11. С. 63-64.
7. Лобачевский Я. П. и др. Научно-технические достижения агроинженерных научных организаций в условиях цифровой трансформации сельского хозяйства. Техника и оборудование для села. 2023. № 4 (310). С. 2-5.
8. Лобачевский Я. П., Дорохов А. С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. № 4. С. 6-10.
9. Лобачевский Я. П., Миронов Д. А. и др. Эффекты от применения цифровых двойников в сельском хозяйстве. Труды кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 103. С. 71-78.
10. Измайлов А. Ю., Евтюшенков Н. Е. Применение сменных кузовов в сельском хозяйстве: монография. Москва, 2015. 87 с.
11. Гутиев Э. К., Гутиева С. С. Конструктивные требования к горным трициклам. Перспективы развития АПК в современных условиях: материалы международной научно-практической конференции. 2017. С. 320-324.
12. Пицхелаури Ш. Н. Результаты математического и имитационного моделирования устойчивости трицикла против опрокидывания на косогоре. Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2020. № 3. С. 418-425.

References

1. Sayfetdinov A. R., Bershitsky Y. I., Sayfetdinova P. V. Structural and functional analysis and justification of the directions of development of the breeding and seed production system in Russia. International Agricultural Journal. 2024. № 1. Pp. 67-73.
2. Gureev I. I., Klimov N. S. Model of Normalization of Mechanical Load on Soil in Complex Mechanization of Regional Agricultural Technologies. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2018. № 1. Pp. 35-42.
3. Gureev I. I. On the standard of costs for the elimination of the consequences of technogenic soil degradation. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2018. № 11. Pp. 75-78.

4. Guskov V. V., Povarekho A. V. Influence of Support Surface Characteristics on Traction and Coupling Properties of Wheeled Vehicles. Bulletin of the Belarusian-Russian University. 2019. № 3 (64). Pp. 15-27.
5. Korolkova A. P., Marinchenko T. E. State support of selection and seed production. AgroForum. 2020. № 4. Pp. 60-61.
6. Chekmaryov V. N. Improving the efficiency of the operation of vehicles in agriculture (on the example of potato transportation). Vestnik KSU. 2006. № 11. Pp. 63-64.
7. Lobachevsky Y. P. et al. Scientific and technical achievements of agroengineering scientific organizations in the context of digital transformation of agriculture. Machinery and equipment for the village. 2023. № 4 (310). Pp. 2-5.
8. Lobachevsky Y. P., Dorokhov A. S. Digital Technologies and Robotic Technical Means for Agriculture. Agricultural Machinery and Technologies. 2021. № 4. Pp. 6-10.
9. Lobachevsky Y. P., Mironov D. A., et al. Effects of the use of digital twins in agriculture. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2023. № 103. Pp. 71-78.
10. Izmailov A. Yu., Evtushenkov N. E. Application of Swap Bodies in Agriculture: Monograph. Moscow, 2015. 87 p.
11. Gutiev E. K., Gutieva S. S. Constructive Requirements for Mountain Tricycles. Prospects for the development of the agro-industrial complex in modern conditions: materials of the international scientific and practical conference. 2017. Pp. 320-324.
12. Pitskhelauri Sh. N. Results of Mathematical and Simulation Modeling of Tricycle Stability Against Overturning on a Slope. Scientific and Technical Bulletin of Bryansk State University. 2020. № 3. Pp. 418-425.

Информация об авторах

Дмитриев Кирилл Сергеевич, младший научный сотрудник Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), e-mail: kir0597@yandex.ru

Author's Information

Dmitriev Kirill Sergeevich, Junior researcher at the Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, 5), e-mail: kir0597@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-49

MATHEMATICAL MODELING OF THE BOUNDARIES OF MOISTURE CONTOURS DURING DRIP IRRIGATION IN THE CONDITIONS OF SOUTHERN CHERNOZEMS

¹Kupriyanov A. A., ²Melikhova E. V.

¹All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov"

²Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: kupriyanov19967@gmail.com

Received 12.08.2024

Submitted 21.10.2024

Abstract

Introduction. The aim of the study was to develop an empirical dependence that allows for highly accurate descriptions of the boundaries of the soil moisture contour under various soil conditions. The introduction explains the relevance of the task, noting that drip irrigation forms a moist area, or contour, in the soil, the shape of which is determined by soil properties and irrigation characteristics. The shape and size of the moist zone are important parameters for the design of irrigation systems, as they influence the efficiency of water supply to the plant root zone. The article emphasizes that precise mathematical description of the moisture contour is necessary to improve the efficiency of drip irrigation, especially in the conditions of southern chernozem soils with specific physico-chemical characteristics. **Materials and Methods:** The research methodology was based on field experiments that provided quantitative soil characteristics, including clay content, the lowest moisture capacity, soil bulk density, and the degree of humus content. These indicators were used to describe moisture transport in the soil and to create a mathematical model of the moisture contour. The key parameters for modeling were the depth and radius of the moist zone contour. The model was developed based on a polynomial dependence between these parameters and experimental data. The resulting empirical formula allowed for the description of the spatial position of the boundary of the moist contour at different soil depths. **Results and Discussion:** The research results demonstrate the high accuracy of the model, confirmed by comparing the calculated and experimental data. Statistical data processing showed that the developed model describes the position of the moisture contour boundaries with an error acceptable for practical calculations. Specifically, it was found that the mean approximation error is about 6.6%, making the model suitable for use in real agricultural conditions. Experimental data showed that the lowest moisture capacity of chernozem soils under the studied conditions averages 26.65%, with a standard deviation of 3.6%. The article also provides a graphical comparison of the calculated and experimental values of the moisture contour boundary coordinates. These data were obtained for various soil types and levels of drip system depth, which made it possible to more accurately assess the influence of soil characteristics on irrigation efficiency. As a result of the analysis, key dependencies be-

tween the geometric parameters of the moisture contour and the agrophysical properties of the soil were identified, which is of great importance for optimizing drip irrigation in chernozem soils. **Conclusions:** The proposed mathematical model can be used to predict the moist zones of drip irrigation systems, taking into account specific site conditions. This opens up opportunities for further optimization of irrigation systems, which can improve the efficiency of water use in agriculture and increase crop yields in regions with diverse soil characteristics. The obtained empirical dependence describes the spatial-depth position of the boundary of the local contour of soil moisture in the adopted coordinate grid of relative coordinate values of its iso-line. Given the known values of the contour depth and radius, the dependence allows, with acceptable accuracy for practical calculations, to mathematically describe the spatial position of the contour boundary line. The obtained results make a significant contribution to the development of mathematical modeling methods for moisture transport processes during drip irrigation, offering a reliable tool for evaluating and designing irrigation systems in agronomic practice.

Keywords: *mathematical modeling, drip irrigation, moisture contours, southern black soils, moisture transfer in the soil.*

Citation. Kupriyanov A. A., Melikhova E. V. Mathematical modeling of the boundaries of moisture contours during drip irrigation in the conditions of southern chernozems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 438-448 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-49.

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

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

УДК 631.674

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАНИЦ КОНТУРОВ УВЛАЖНЕНИЯ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ

¹Куприянов А. А., младший научный сотрудник
²Мелихова Е. В., доктор технических наук, доцент

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

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Цель исследования заключалась в разработке эмпирической зависимости, которая позволяет с высокой точностью описывать границы контура увлажнения почвы для различных почвенных условий. Во введении отмечается, что капельное орошение формирует в почве увлажненную область, или контур, очертания которого определяются свойствами почвы и характеристиками полива. Форма и размеры увлажненной зоны являются важными параметрами для проектирования систем орошения, поскольку они влияют на эффективность водоснабжения корневой зоны растений. В статье подчеркивается, что точное математическое описание контура увлажнения необходимо для повышения эффективности капельного орошения, особенно в условиях южных черноземов, обладающих особыми физико-химическими характеристиками. **Материалы и методы.** Методология исследования основывалась на данных полевых экспериментов, которые позволили получить количественные характеристики почв, включая содержание физической глины, наименьшую влагоемкость, плотность сложения почвы и степень гумусификации. Эти показатели были использованы для описания влагопереноса в почве и формирования математической модели контура увлажнения. В качестве ключевых параметров для моделирования использовались глубина и радиус контура увлажненной зоны. Модель была разработана на основе полиномиальной зависимости между этими параметрами и экспериментальными данными. Полученная эмпирическая формула позволила описать пространственное положение границы увлажненного контура на разных глубинах почвенного слоя. **Результаты и обсуждение.** Результаты исследования демонстрируют высокую точность модели, подтвержденную сравнением расчетных и экспериментальных данных. Статистическая обработка данных показала, что полученная модель описывает положение границ увлажненного контура с погрешностью, допустимой для практических расчетов. В частности, было установлено, что средняя ошибка аппроксимации составляет около 6,6%, что делает модель пригодной для использования в условиях реального земледелия. Экспериментальные данные показали, что наименьшая влагоемкость черноземов в исследуемых условиях составляет в среднем 26,65% при стандартном отклонении 3,6%. В статье также представлено графическое сравнение расчетных и экспериментальных значений координат границ увлажненного контура. Эти данные были получены для различных типов почв и уровней заглубления капельных систем, что позволило более точно

оценить влияние почвенных характеристик на эффективность орошения. В результате анализа были выявлены ключевые зависимости между геометрическими параметрами контура увлажнения и агрофизическими свойствами почвы, что имеет большое значение для оптимизации капельного орошения в условиях черноземов. **Выводы.** Предложенная математическая модель может быть использована для прогнозирования зон увлажнения при капельном орошении с учетом конкретных условий участка. Это открывает возможности для дальнейшей оптимизации системы орошения, что может повысить эффективность использования водных ресурсов в сельском хозяйстве и улучшить урожайность в регионах с разнообразными почвенными характеристиками. Полученная эмпирическая зависимость, описывающая плано-глубинное положение ограничивающей локальный контур капельного увлажнения почвы в принятой координатной сетке относительных значений координат его изоплеты. При известных значениях глубины и радиуса контура зависимость позволяет с приемлемой для ведения практических расчетов математически описать пространственное положение ограничивающей контур линии влажности. Полученные результаты вносят важный вклад в развитие методов математического моделирования процессов влагопереноса при капельном орошении, предлагая надежный инструмент для оценки и проектирования систем полива в агрономической практике.

Ключевые слова: математическое моделирование, капельное орошение, контуры увлажнения, южные черноземы, влагоперенос в почве.

Цитирование. Куприянов А. А., Мелихова Е. В. Математическое моделирование границ контуров увлажнения при капельном орошении в условиях южных черноземов. *Известия НВ АУК*. 2024. 5(77). 438-448. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-49.

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. В процессе капельного полива в подкапельном почвенном пространстве формируется массив увлажненной почвы характерного для данной технологии орошения очертания, определяемый, как контур капельного увлажнения. Область (зона) искусственного увлажненного пространства характеризуется определенной формой, геометрическими размерами и влажностными показателями [1-4].

В реальных почвенных и технологических условиях капельного полива внешний контур капельно-увлажняемого массива почвогрунтовой толщи ограничивается изоплетной линией полиномиального вида. Для качественно-количественного описания положения границ увлажнения и практического применения геометрических параметров контура указанная линия границы аппроксимируется до более простых форм [5]. Судя по [6-11] наиболее точно математически описать аппроксимированные очертание контуров капельного увлажнения почвы представляется возможным при использовании их относительных высотных и плановых параметров функциональной зависимостью вида – $(r_{\text{кон}})_{h_i} / r_{\text{кон}} = f(h_{\text{кон}j} / h_{\text{кон}})$, где $r_{\text{кон}}$ и $h_{\text{кон}}$ – радиус и глубина контура; $h_{\text{кон}j}$ – заглубленность (глубина расположения) сечения контура горизонтальной плоскостью по поверхность земли измеряющаяся в пределах от 0 до $h_{\text{кон}}$; $(r_{\text{кон}})_{h_i}$ – радиус ограничивающей контур влажностной линии изоплеты на глубине $h_{\text{кон}j}$. Установление математической зависимости, описывающей указанную функциональную связь поставлено целью исследования.

Материалы и методы. Данные полевых исследований, использованные в таблице 1, позволяют получить комплексное представление о почвенных условиях на исследуемых участках, а также о влиянии этих условий на эффективность работы систем капельного орошения. Эти данные характеризуют параметры влагопереноса, обусловленные водным режимом и структурой в метровом слое почвы.

Содержимое физической глины (W_r) является значимым показателем, так как оно определяет способность почвы удерживать влагу и влияет на ее влагоперенос. Наименьшая влагоемкость ($W_{\text{нв}}$) служит индикатором уровня влаги в почвенном слое после стекания в нем гравитационной влаги [12]. Плотность сложения ($\gamma_{\text{об}}$) характеризуется механическими свойствами почвы, таких как гранулометрический состав и влагопроницаемость, что

непосредственно сказывается на эффективности орошения. Степень гумусофикации ($g_{гум}$) отражает содержание органических веществ в почве, что критически важно для обеспечения плодородия и биологической активности почвы.

Таблица 1 – Почвенные характеристики полевых исследований

Table 1 – Soil characteristics of field studies

№ площадки / Site	Типы почвы по гранулометрическому составу / Soil types by particle size distribution	Значение почвенных характеристик / Importance of soil characteristics			
		W_r , % МСП	$W_{НВ}$, % МСП	$\gamma_{об}$, т/м ³	$g_{гум}$, %
1	Легкосуглинистая / Light loamy	29,0	20,0	1,40	0,82
2	Среднесуглинистая / Medium loamy	36,9	21,1	1,38	1,10
3	Среднесуглинистая / Medium loamy	45,5	26,4	1,30	1,60
4	Тяжелосуглинистая / Heavy loamy	50,5	25,9	1,39	2,00
5	Тяжелосуглинистая / Heavy loamy	57,8	26,5	1,32	2,40
6	Тяжелосуглинистая / Heavy loamy	60,0	29,0	1,29	3,00
7	Легкоглинистая / Light clay	65,6	30,1	1,33	2,80
8	Легкоглинистая / Light clay	66,0	27,4	1,32	1,70
9	Легкоглинистая / Light clay	70,2	29,8	1,31	2,20
10	Среднеглинистая / Medium clay	71,1	30,3	1,29	2,60

Характеристика почв опытных участков полученная методами математических исследований представлена в таблице 2. Обработка данных опытных участков черноземных почв значение $W_{НВ}$, усредненное по метровому слою равно 27% МСП при среднеквадратическом отклонении 3,6% МСП.

Таблица 2 – Результаты статистической обработки черноземов по гранулометрическому составу

Table 2 – Results of statistical analysis of chernozems by granulometric composition

Статистические показатели / Statistical indicators	Наименьшая влагоемкость, % МСП / The lowest moisture capacity, % МСП	Плотность сложения, т/м ³ / The density of addition, t/m ³
Количество данных / The amount of data	10.00	10.00
Среднее значение / The average value	26.65	1.33
Стандартное отклонение / Standard deviation	3.60	0.04
Минимальное значение / Minimum value	20.00	1.29
Квантили распределения / Quantiles of the distribution 25%	26.03	1.30
Квантили распределения / Quantiles of the distribution 50%	26.95	1.32
Квантили распределения / Quantiles of the distribution 75%	29.60	1.37
Максимальное значение / Maximum value	30.30	1.40

Границы влажности почвы в метровом слое представлены на рисунке 1. Границы профилей контуров влажности почвы строились по матрице влажности.

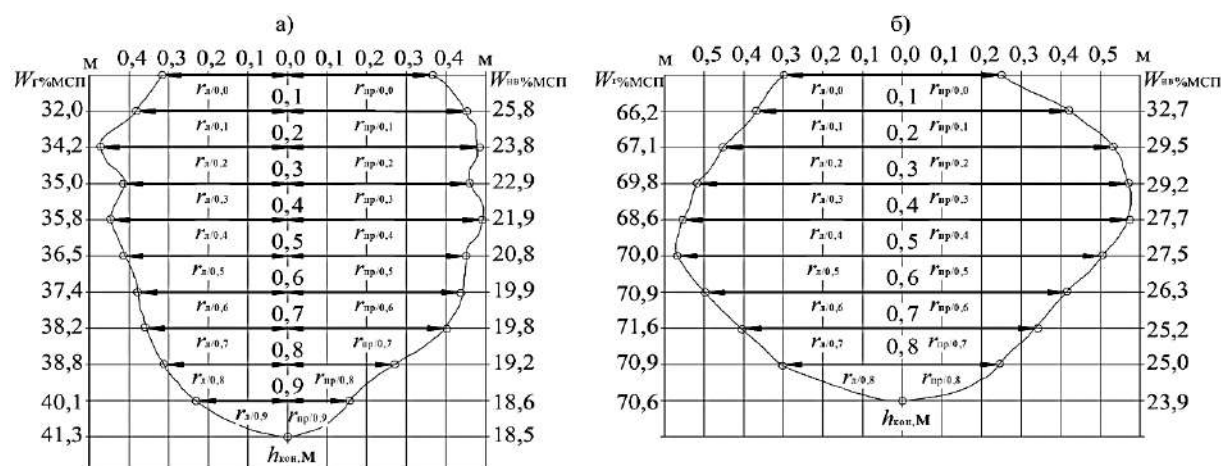


Рисунок 1 – Профили капельного увлажнения почвы

а) – срднесуглинистый южный чернозем со средними значениями показателей по метровому слою

почвы: $\overline{W}_r = 36,9$ % МСП; $\overline{W}_{HB} = 21,1$ % МСП; $\gamma_{06} = 1,30$ т/м³; $g_{гум} = 1,10$ %;

б) южный легкосуглинистый чернозем со средними значениями показателей по метровому слою почвы:

$\overline{W}_r = 66,0$ % МСП; $\overline{W}_{HB} = 27,4$ % МСП; $\gamma_{06} = 1,32$ т/м³; $g_{гум} = 1,7$ %; $r_{л/0,0} - r_{л/0,9}$ – левосторонние

радиусы контуров влажности на глубинах; $h_i = 0,0-0,9$ м; $r_{пр/0,0} - r_{пр/0,9}$ – правосторонние радиусы

контуров влажности на глубинах; $h_i = 0,0-0,9$ м; $h_{кон}$ – глубина увлажняемой зоны (контура влажности)

в процессе камеральной обработки опытного материала

Figure 1 – Profiles of drip soil moisture

а) – low loamy southern chernozem with average values of indicators for a meter layer of soil: $\overline{W}_r = 36,9$ %

МСП; $\overline{W}_{HB} = 21,1$ % МСП; $\gamma_{06} = 1,30$ т/м³; $g_{гум} = 1,10$ %;

б) southern light loamy chernozem with average values of indicators for a meter layer of soil: $\overline{W}_r = 66,0$ %

МСП; $\overline{W}_{HB} = 27,4$ % МСП; $\gamma_{06} = 1,32$ т/м³; $g_{гум} = 1,7$ %;

$r_{л/0,0} - r_{л/0,9}$ – left-hand radii of moisture contours at depths;

$h_i = 0,0-0,9$ м; $r_{пр/0,0} - r_{пр/0,9}$ – right-hand radii of moisture contours at depths;

$h_i = 0,0-0,9$ м; $h_{кон}$ – the depth of the humidified zone (moisture contour) during the in-house processing of the experimental material

Для всех 10 экспериментальных участков устанавливались значения радиусов ($r_{кон}$) и глубин ($h_{кон}$) границ контуров увлажнения, средние значения которых для разных глубин почвенных слоев, $(r_{кон})_{h_i}$. Последние вычислялись, как среднее между левосторонними и правосторонними значениями – $r_{h_i} = 0,5 \cdot (r_{л/h_i} + r_{пр/h_i})$.

Результаты и обсуждение. Учитывая приведенное в [13] предложение использовать для математического описания функциональную связь вида $r_{h_i} / r_{кон} = f(h_i / h_{кон})$ обработка геометрических характеристик опытных профилей контуров по рисунку 1 осуществлялась с целью установления значений указанных соотношений. Примеры определения значений $r_{h_i} / r_{кон}$ приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Экспериментальные данные относительных координат, ограничивающих контуры влажности

Table 3 – Experimental data on the relative coordinates bounding the moisture contours

h_i , м	$h_i / h_{\text{кон}}$	$(r_{\text{л}})_{h_i}$, м	$(r_{\text{пр}})_{h_i}$, м	$(r)_{h_i}$, м	$(\bar{r})_{h_i} / r_{\text{кон}}$
По рисунку 1а для значений / According to Figure 1a for the values: $\bar{W}_{\text{г}}=36,9$ % МСП; $\bar{W}_{\text{нв}}=21,1$ % МСП; $\bar{\gamma}_{\text{об}}=1,30$ т/м ³ ; $\bar{g}_{\text{гум}}=1,10$ %; $h_{\text{кон}}=1,00$ м; $r_{\text{кон}}=0,48$ м					
0,0	0,00	0,31	0,37	0,34	0,71
0,1	0,10	0,39	0,45	0,42	0,88
0,2	0,20	0,47	0,49	0,48	1,00
0,3	0,30	0,41	0,47	0,44	0,92
0,4	0,40	0,44	0,49	0,46	0,96
0,5	0,50	0,41	0,45	0,43	0,90
0,6	0,60	0,38	0,44	0,41	0,85
0,7	0,70	0,36	0,41	0,38	0,79
0,8	0,80	0,31	0,28	0,29	0,60
0,9	0,90	0,23	0,16	0,19	0,40
1,0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
По рисунку 1б для значений / According to Figure 1b for the values: $\bar{W}_{\text{г}}=69,6$ % МСП; $\bar{W}_{\text{нв}}=27,1$ % МСП; $\bar{\gamma}_{\text{об}}=1,44$ т/м ³ ; $\bar{g}_{\text{гум}}=2,7$ %; $h_{\text{кон}}=0,9$ м; $r_{\text{кон}}=0,58$ м					
0,0	0,00	0,29	0,25	0,27	0,47
0,1	0,11	0,37	0,43	0,40	0,70
0,2	0,22	0,46	0,53	0,50	0,88
0,3	0,33	0,52	0,58	0,55	0,96
0,4	0,44	0,56	0,58	0,57	1,00
0,5	0,56	0,57	0,51	0,54	0,95
0,6	0,67	0,50	0,41	0,45	0,79
0,7	0,78	0,40	0,35	0,37	0,65
0,8	0,89	0,30	0,24	0,27	0,47
0,9	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Корреляционно-дисперсным анализом полученного банка данных по функциональной связи $r_{h_i} / r_{\text{кон}} = f(h_i / h_{\text{кон}})$ установлена возможность описания зависимостью вида:

$$(r)_{h_i} / r_{\text{кон}} = k_0 + k_1 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{кон}}} \right) - k_2 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{кон}}} \right)^2 + k_3 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{кон}}} \right)^3 - k_4 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{кон}}} \right)^5 - k_5 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{кон}}} \right)^7 \quad (1)$$

где: $k_0 = 1,164 - 0,269 \cdot (\bar{W}_{\text{г}} / \bar{W}_{\text{нв}})$; $k_1 = 1,03 / k_0^{1,2}$; $k_2 = k_0 + k_1$; $k_3 = 0,254$; $k_4 = 0,200$; $k_5 = 0,054$

Для почвенных условий по рисункам 1а и 1б и таблице 4 расчетные зависимости приобретают вид:

$$\frac{(r)_{h_i}}{r_{\text{кон}}} = 0,69 + 1,60 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{кон}}} \right) - 2,29 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{кон}}} \right)^2 + 0,254 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{кон}}} \right)^3 - 0,200 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{кон}}} \right)^5 - 0,054 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{кон}}} \right)^7 \quad (2)$$

$$\frac{(r)_{h_i}}{r_{\text{кон}}} = 0,47 + 2,53 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{кон}}} \right) - 3,00 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{кон}}} \right)^2 + 0,254 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{кон}}} \right)^3 - 0,200 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{кон}}} \right)^5 - 0,054 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{кон}}} \right)^7 \quad (3)$$

Результаты расчета по зависимостям (2) и (3) в сопоставлении с опытными значениями координат оконтуривающих изоплет проиллюстрировано рисунком 2.

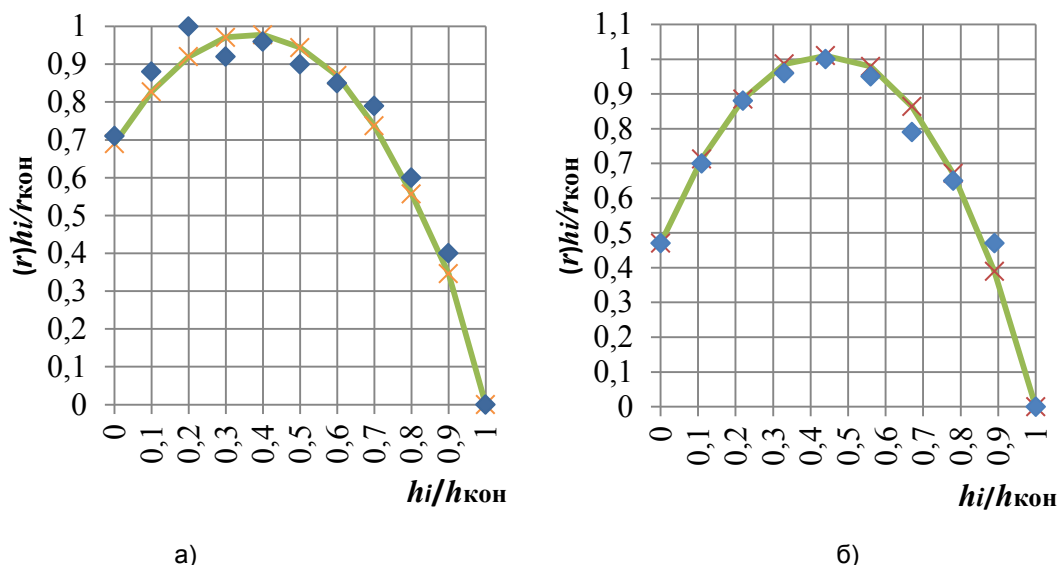


Рисунок 2 – Расчетные и экспериментальные значения координат границ контуров увлажнения
Figure 2 – Calculated and experimental values of the coordinates of the boundaries of the humidification contours

а) according to the contour profile and soil conditions of Figure 1a;
б) according to the contour profile and soil conditions of Figure 1b

Сходимость полученной аналитической зависимости для практического применения является приемлемой для вариантов сопоставления значений $(r)_{h_i} / r_{кон}$, считанных по зависимости (1) с известными опытными данными.

$$\frac{(r)_{h_i}}{r_{кон}} = 0,69 + 1,60 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{кон}} \right) - 2,29 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{кон}} \right)^2 + 0,254 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{кон}} \right)^3 - 0,200 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{кон}} \right)^5 - 0,054 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{кон}} \right)^7 \quad (4)$$

$$h_i = 0; (r)_{h_i} / r_{кон} = 0,69$$

$$h_i / h_{кон} = 0,1; y = 0,69 + 1,60 \cdot 0,1 - 2,29 \cdot 0,1^2 + 0,254 \cdot 0,1^3 - 0,200 \cdot 0,1^5 + 0,054 \cdot 0,1^7 = 0,827$$

$$h_i / h_{кон} = 0,2; y = 0,69 + 1,60 \cdot 0,2 - 2,29 \cdot 0,2^2 + 0,254 \cdot 0,2^3 - 0,200 \cdot 0,2^5 + 0,054 \cdot 0,2^7 = 0,92$$

$$h_i / h_{кон} = 0,3; y = 0,69 + 1,60 \cdot 0,3 - 2,29 \cdot 0,3^2 + 0,254 \cdot 0,3^3 - 0,200 \cdot 0,3^5 + 0,054 \cdot 0,3^7 = 0,971$$

$$h_i / h_{кон} = 0,4; y = 0,69 + 1,60 \cdot 0,4 - 2,29 \cdot 0,4^2 + 0,254 \cdot 0,4^3 - 0,200 \cdot 0,4^5 + 0,054 \cdot 0,4^7 = 0,978$$

$$h_i / h_{кон} = 0,5; y = 0,69 + 1,60 \cdot 0,5 - 2,29 \cdot 0,5^2 + 0,254 \cdot 0,5^3 - 0,200 \cdot 0,5^5 + 0,054 \cdot 0,5^7 = 0,944$$

$$h_i / h_{кон} = 0,6; y = 0,69 + 1,60 \cdot 0,6 - 2,29 \cdot 0,6^2 + 0,254 \cdot 0,6^3 - 0,200 \cdot 0,6^5 - 0,054 \cdot 0,6^7 = 0,87$$

$$h_i / h_{кон} = 0,7; y = 0,69 + 1,60 \cdot 0,7 - 2,29 \cdot 0,7^2 + 0,254 \cdot 0,7^3 - 0,200 \cdot 0,7^5 - 0,054 \cdot 0,7^7 = 0,737$$

$$h_i / h_{кон} = 0,8; y = 0,69 + 1,60 \cdot 0,8 - 2,29 \cdot 0,8^2 + 0,254 \cdot 0,8^3 - 0,200 \cdot 0,8^5 - 0,054 \cdot 0,8^7 = 0,557$$

$$h_i / h_{кон} = 0,9; y = 0,69 + 1,60 \cdot 0,9 - 2,29 \cdot 0,9^2 + 0,254 \cdot 0,9^3 - 0,200 \cdot 0,9^5 - 0,054 \cdot 0,9^7 = 0,316$$

Оценка полученной математической модели определяется по средней ошибке аппроксимации ($\bar{A}$, %) и составляет 6,6% (таблица 4).

Таблица 4 – Оценка качества аппроксимирующей зависимости
Table 4 – Evaluation of the quality of the approximating dependence

$h_i / h_{\text{КОН}}$	$r_{h_i} / r_{\text{КОН}}$ (опыт / experiment)	$r_{h_i} / r_{\text{КОН}}$ (расч. / calculation)	$\bar{A}$, %
0,0	0,710	0,69	2,82
0,1	0,88	0,82	6,82
0,2	1,0	0,92	8,00
0,3	0,92	0,97	5,43
0,4	0,96	0,98	2,08
0,5	0,90	0,94	4,44
0,6	0,85	0,87	2,35
0,7	0,79	0,73	7,59
0,8	0,60	0,56	6,67
0,9	0,40	0,32	20,00
1,0	0,00	0,00	6,62

$$\frac{(r)_{h_i}}{r_{\text{КОН}}} = 0,47 + 2,53 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{КОН}}} \right) - 3,00 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{КОН}}} \right)^2 + 0,254 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{КОН}}} \right)^3 - 0,200 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{КОН}}} \right)^5 - 0,054 \cdot \left(\frac{h_i}{h_{\text{КОН}}} \right)^7 \quad (5)$$

$$h_i / h_{\text{КОН}} = 0; y = 0,47$$

$$h_i / h_{\text{КОН}} = 0,11;$$

$$y = 0,47 + 2,53 \cdot 0,11 - 3,0 \cdot (0,11)^2 + 0,254 \cdot (0,11)^3 - 0,20 \cdot 0,11^5 - 0,054 \cdot 0,11^7 = 0,713$$

$$h_i / h_{\text{КОН}} = 0,22;$$

$$y = 0,47 + 2,53 \cdot 0,22 - 3,0 \cdot (0,22)^2 + 0,254 \cdot (0,22)^3 - 0,20 \cdot 0,22^5 - 0,054 \cdot 0,22^7 = 0,885$$

$$h_i / h_{\text{КОН}} = 0,33;$$

$$y = 0,47 + 2,53 \cdot 0,33 - 3,0 \cdot (0,33)^2 + 0,254 \cdot (0,33)^3 - 0,20 \cdot 0,33^5 - 0,054 \cdot 0,33^7 = 0,986$$

$$h_i / h_{\text{КОН}} = 0,44;$$

$$y = 0,47 + 2,53 \cdot 0,44 - 3,0 \cdot (0,44)^2 + 0,254 \cdot (0,44)^3 - 0,20 \cdot 0,44^5 - 0,054 \cdot 0,44^7 = 1,01$$

$$h_i / h_{\text{КОН}} = 0,56;$$

$$y = 0,47 + 2,53 \cdot 0,56 - 3,0 \cdot (0,56)^2 + 0,254 \cdot (0,56)^3 - 0,20 \cdot 0,56^5 - 0,054 \cdot 0,56^7 = 0,979$$

$$h_i / h_{\text{КОН}} = 0,67;$$

$$y = 0,47 + 2,53 \cdot 0,67 - 3,0 \cdot (0,67)^2 + 0,254 \cdot (0,67)^3 - 0,20 \cdot 0,67^5 - 0,054 \cdot 0,67^7 = 0,864$$

$$h_i / h_{\text{КОН}} = 0,78;$$

$$y = 0,47 + 2,53 \cdot 0,78 - 3,0 \cdot (0,78)^2 + 0,254 \cdot (0,78)^3 - 0,20 \cdot 0,78^5 - 0,054 \cdot 0,78^7 = 0,671$$

$$h_i / h_{\text{КОН}} = 0,89;$$

$$y = 0,47 + 2,53 \cdot 0,89 - 3,0 \cdot (0,89)^2 + 0,254 \cdot (0,89)^3 - 0,20 \cdot 0,89^5 - 0,054 \cdot 0,89^7 = 0,389$$

Таблица 5 – Оценка полученной аналитической зависимости с опытными данными
Table 5 – Evaluation of the obtained analytical dependence with experimental data

$h_i / h_{\text{КОН}}$	$r_{h_i} / r_{\text{КОН}}$ (опыт / experiment)	$r_{h_i} / r_{\text{КОН}}$ (расч. / calculation)	δ , %
0,0	0,47	0,47	$\pm 0,0$
0,11	0,70	0,71	-1,8
0,22	0,88	0,88	-0,6
0,33	0,96	0,99	-2,7
0,44	1,00	1,01	-1,0
0,56	0,95	0,98	-3,0
0,67	0,79	0,86	-9,4
0,78	0,65	0,67	-3,2
1	2	3	4
0,89	0,47	0,39	+17,2
1,0	0,00	0,00	0,00

Очертание контуров влажности по опытным данным, полученным А. М. Олейником, Ю. С. Уржумовой, О. Е. Ясониди, В. И. Торбовским, сопоставлялись с расчетными данными по формуле (1) и представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнение опытных и расчетных значений координат границ контуров влажности
Table 6 – Comparison of experimental and calculated values of the coordinates of the boundaries of the moisture contours

Значение сопоставляемых параметров для различных значений / Value of mapped parameters for different values	По данным / According to [5] при $W_r=47,5\%$ МСП, $W_{HB}=25,0\%$ МСП		По данным / According to [6] при $W_r=58,0\%$ МСП, $W_{HB}=27,9\%$ МСП		По опытным данным О. Е. Ясониди According to the experimental data of О. Е. Yasonidi [1] при $W_r=58,9\%$ МСП, $W_{HB}=28,1\%$ МСП		По данным / According to [4] при $W_r=60,0\%$ МСП, $W_{HB}=29,8\%$ МСП	
$h_i / h_{\text{кон}}$	$r_{h_i} / r_{\text{кон}}$ (опыт)	$r_{h_i} / r_{\text{кон}}$ (расч.)	$r_{h_i} / r_{\text{кон}}$ (опыт)	$r_{h_i} / r_{\text{кон}}$ (расч.)	$r_{h_i} / r_{\text{кон}}$ (опыт)	$r_{h_i} / r_{\text{кон}}$ (расч.)	$r_{h_i} / r_{\text{кон}}$ (опыт)	$r_{h_i} / r_{\text{кон}}$ (расч.)
0,0	0,720	0,653	0,630	0,605	0,612	0,600	0,603	0,622
0,1	0,810	0,810	0,808	0,773	0,792	0,765	0,801	0,780
0,2	0,910	0,915	0,919	0,883	0,911	0,882	0,896	0,890
0,3	0,960	0,977	0,978	0,952	0,960	0,952	0,968	0,975
0,4	0,980	0,991	0,980	0,973	0,979	0,974	0,980	0,974
0,5	0,950	0,926	0,968	0,949	0,951	0,951	0,970	0,919
0,6	0,890	0,883	0,889	0,875	0,864	0,878	0,930	0,874
0,7	0,804	0,755	0,729	0,750	0,739	0,754	0,820	0,749
0,8	0,650	0,571	0,526	0,564	0,508	0,574	0,630	0,570
0,9	0,380	0,321	0,306	0,321	0,328	0,326	0,400	0,325
1,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Полученная зависимость (1) позволяет прогнозировать очертания зоны увлажнения подкапельного почвенного пространства в абсолютных значениях оконтуривающей ее изоплеты по известным значениям радиуса ($r_{\text{кон}}$) и глубины ($h_{\text{кон}}$) контура.

Определение значения относительных координат изоплеты – $r_{h_i} / r_{\text{кон}}$ $h_{\text{кон},i} / h_{\text{кон}}$ производятся в (по) нижеследующей последовательности (методики).

1. Устанавливают почвенные условия формирования локальных капельных контуров влажности, характеризуемые значениями W_r и W_{HB} (в % МСП).

2. Принимают расчетную величину контура влажности под поверхность земли (глубина контура увлажнения почвы) – $h_{\text{кон}} = h_{\text{увл}}$ (м).

3. Оценивают значения эмпирических коэффициентов k_0, k_1, k_2, k_3, k_4 и k_5 .

4. Согласно зависимости (1), получают эмпирическую функцию для границ, очерчивающих контур области увлажнения.

5. Принимая ряд значений соотношений $h_{\text{кон},i} / h_{\text{кон}}$ от $h_{\text{кон},i} / h_{\text{кон}} = 0$ до $h_{\text{кон},i} / h_{\text{кон}} = 1,0$ (0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0), характеризующими заглубленность положения точек одновлажностной изоплеты в почвенную толщу.

6. Для каждого заданного значения $h_{\text{кон},i} / h_{\text{кон}}$ по эмпирической зависимости (п.4) определяют величины $r_{h_i} / r_{\text{кон}}$.

7. По координатам $r_{h_i} / r_{\text{кон}}$ и $h_{\text{кон},i} / h_{\text{кон}}$, в принятом масштабе строят очертание контура.

Выводы. Таким образом, объединение перечисленных выше агрофизических параметров в одном исследовании позволили более глубоко проанализировать взаимодействие между ними и оценить, как они влияют на эффективность систем капельного орошения, что имеет важное значение для агрономической практики и устойчивого земледелия. Полученные данные могут быть использованы для дальнейшей оптимизации систем орошения с учетом конкретных условий на площадках, а также для разработки рекомендаций по улучшению агрономических практик в регионах с разнообразными почвенными характеристиками. Статистический анализ данных опытных участков черноземных почв показал, что значение $W_{\text{НВ}}$, усредненное по метровому слою равно 26,65% МСП при среднеквадратическом отклонении 3,6% МСП. Оценка адекватности полученной математической модели зависимости отношений $r_{\text{НВ}}/r_{\text{кон}}$ для черноземов составила 6,6%, что показывает её допустимую погрешность для прикладных вычислений.

Conclusions. Thus, combining the above agrophysical parameters in one study made it possible to analyze the interaction between them in more depth and assess how they affect the effectiveness of drip irrigation systems, which is important for agronomic practice and sustainable agriculture. The data obtained can be used for further optimization of irrigation systems, taking into account specific conditions on the sites, as well as for the development of recommendations for improving agronomic practices in regions with different soil characteristics. Statistical analysis of data from experimental plots of chernozem soils showed that the value of $W_{\text{НВ}}$, the average over the meter layer is equal to 26, 65% MSP at the standard deviation 3,6% MSP. Assessment of the adequacy of the obtained mathematical model of relationship dependence $r_{\text{НВ}}/r_{\text{кон}}$ for chernozems, it was 6,6%, which shows its permissible error for applied calculations.

Библиографический список

1. Ясонида О. Е., Ясонида Е. О., Ясонида А. О. Лабораторно-полевые исследования при орошении земель: монография. Новочеркасск: Лик, 2015. 102 с.
2. Шура В. Н., Масный Р. С., Штанько А. С. Системы капельного орошения садов: науч.-практ. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. 300 с.
3. Ахмедов А. Д., Галиуллина Е. Ю. Контурные увлажнения почвы при капельном орошении. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 3. С. 183-188.
4. Овчинников А. С., Бочарников В. С., Мещеряков М. П. Методика расчета и обоснование параметров контура увлажнения в условиях открытого и закрытого грунта. Природообустройство. 2012. № 4. С. 10-14.
5. Кравчук А. В., Корсаков В. В., Улданов А. Г. Суммарное водопотребление яблоневых садов на черноземах Нижнего Поволжья. Мелиорация и водное хозяйство. 2024. № 1. С. 42-44.
6. Пронько Н. А. и др. Математические модели выноса элементов питания растениями капусты белокочанной поздней на капельном поливе. Научная жизнь. 2023. Т. 18. № 1 (127). С. 62-72.
7. Овчинников А. С. и др. Влияние мульчирования как агротехнического приема на динамику контуров увлажнения при внутрипочвенном и капельном орошении. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 155-161.
8. Рогачев А. Ф. Параметризация эконометрических зависимостей методом наименьших модулей. Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2011. № 3. С. 0421100034.
9. Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В. Компьютерное моделирование и параметризация в среде MATHCAD контуров увлажнения при капельном орошении. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 367-378.
10. Melikhova E. V., Rogachev A. F., Skiter N. N. Information system and database for simulation of irrigated crop growing. Studies in Computational Intelligence. 2019. Vol. 826. Pp. 1185-1191.
11. Tokarev K. E., et al. Analysis of promising methods of irrigation and melioration techniques of crops in arid climate. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Stavropol, 2020. V. 488. P. 012047.
12. Куприянов А. А., Удовидченко Я. Е. Методика прогнозирования плановых размеров контуров влажности почвы, формирующихся при капельном поливе. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 1 (81). С. 67-72.
13. Куприянов А. А., Шура В. Н. Очертания, изоплет ограничивающих контуры капельного увлажнения, формирующихся в южных среднеспелых черноземах. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 2 (86). С. 101-108.

References

1. Yasonidi O. E., Yasonidi E. O., Yasonidi A. O. Laboratory and field studies in land irrigation: monograph. Novocherkassk, Lik Publ., 2015. 102 p.
2. Shkura V. N., Masnyi R. S., Shtanko A. S. Drip irrigation systems for gardens. Ed. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2023. 300 p.
3. Akhmedov A. D., Galiullina E. Y. Soil moistening contours for drip irrigation. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2012. № 3. Pp. 183-188.
4. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P. Methods of calculation and justification of moisture contour parameters in open and closed ground conditions. Environmental Engineering. 2012. № 4. Pp. 10-14.

5. Kravchuk A. V., Korsak V. V., Uldanov A. G. Total water consumption of an apple orchard on chernozems of the Lower Volga region. Land reclamation and water management. 2024. № 1. Pp. 42-44.
6. Pronko N. A., et al. Mathematical models of the removal of nutrients by plants of white cabbage late on drip irrigation. Scientific life. 2023. T. 18. № 1 (127). Pp. 62-72.
7. Ovchinnikov A. S., et al. Influence of mulching as an agronomic technique on the dynamics of moisture contours during subsoil and drip irrigation. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2017. № 1 (45). Pp. 155-161.
8. Rogachev A. F. Parameterization of econometric dependencies by the method of least modules. Management of Economic Systems: Electronic Scientific Journal. 2011. № 3. P. 0421100034.
9. Rogachev A. F., Melikhova E. V. Computer modeling and parameterization in the MATHCAD environment of moisture contours in drip irrigation. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. № 4 (64). Pp. 367-378.
10. Melikhova E. V., Rogachev A. F., Skiter N. N. Information system and database for simulation of irrigated crop growing. Studies in Computational Intelligence. 2019. Vol. 826. Pp. 1185-1191.
11. Tokarev K. E., et al. Analysis of promising methods of irrigation and melioration techniques of crops in arid climate. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Stavropol, 2020. V. 488. P. 012047.
12. Kupriyanov A. A., Udovidchenko Y. E. Methodology for Forecasting the Planned Sizes of Soil Moisture Contours Formed by Drip Irrigation. Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2021. № 1 (81). Pp. 67-72.
13. Kupriyanov A. A., Shkura V. N. Outlines, Outlines Limiting the Contours of Drip Moistening, Forming in Southern Medium-Powerful Black Earths. Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2022. № 2 (86). Pp. 101-108.

Информация об авторах

Куприянов Андрей Александрович, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), e-mail: kupriyanov19967@gmail.com

Мелихова Елена Валентиновна, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Математическое моделирование и информатика» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: mel-v07@mail.ru

Author's Information

Kupriyanov Andrey Aleksandrovich – junior researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – 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), <https://orcid.org/0000-0002-5469-2132>, e-mail: kupriyanov19967@gmail.com

Melikhova Elena Valentinovna, Doctor of Engineering Sciences, assistant professor, head of the Department of mathematical modeling and Informatics, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: mel-v07@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-50

TECHNOLOGICAL BASICS AND PRACTICE OF GRAIN AERATION COOLING¹Ammosov I. N., ¹Dondokov Y. Z., ¹Drincha V. M., ²Jampilov S. S., ³Borisenko I. B.¹Arctic State Agrotechnological University

Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russian Federation

²East Siberian State University of Technology and Management

Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russian Federation

³Volgograd State Agrarian University

Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: borisenivan@yandex.ru

Received 15.08.2024

Submitted 17.09.2024

Summary

The results of experimental studies of the technological basics and practice of grain aeration cooling are presented.

Abstract

Introduction. In the technologies of post-harvest processing and grain storage, preserving its quality, starting from the fresh harvested grain to the final stage of storage, plays an extremely important role. Grain mass is an artificially created human ecosystem, including biotic and abiotic components, entering into complex relationships with each other, which determine the complexity of preserving the quality of grain during its processing and storage. Grain temperature and its moisture content and their combination are the main parameters determining the state of the grain mass. Reducing the temperature of the grain by aerating it with atmospheric air is the most widely used method of controlling the temperature of the grain to maintain its quality at all times of handling. However, the existing theoretical and experimental developments devoted to cooling grain by aeration are often contradictory and cannot be effectively used in grain production practice. **Object** of the study was the grain mass of the main agricultural crops, as well as the physical and

technological principles of cooling grain with atmospheric air at the stages of post-harvest processing and storage of grain bulks. **Materials and methods.** Experimental studies were carried out under farm conditions on grain material of the main cereal crops. The studies were carried out on portable and stationary grain aeration units from Ambros Schmelzer&Sohn GmbH&Co.KG (Germany), as well as on some typical aerated warehouses of domestic production. The temperature and humidity of the grain mass were determined using standard methods. The air flow velocity above the grain surface was determined using a specially designed device including an air accumulator with a rotating vane anemometer installed in the upper part. **Results and discussion.** The main tasks of grain cooling at different technological stages have been identified and a classification of grain cooling methods has been developed. Temperature conditions for the development of insects and molds in the grain mass have been summarized. An experimental substantiation of the grain aeration rate during its cooling with atmospheric air has been carried out. Optimum aeration rates for the purpose of cooling grain, depending on its type, are in the range of 5...10 l/s m³. Based on many years of research, a two-stage grain cooling technology has been developed, including: a rapid decrease in grain temperature to 15 °C to prevent the development of the Suriname flour beetle and a decrease in temperature to 10...12 °C to prevent the development of other insects and molds.

Keywords: grain temperature, grain moisture, grain cooling, grain aeration, seed respiration rate, aeration rates, grain cooling methods.

Citation. Ammosov I. N., Dondokov Y. Z., Drincha V. M., Jampilov S. S., Borisenko I. B. Technological basics and practice of grain aeration cooling. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 5(77). 448-461 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-05-50.

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

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

УДК 644.6/7

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИКА ОХЛАЖДЕНИЯ ЗЕРНА АЭРИРОВАНИЕМ

¹Аммосов И. Н., старший преподаватель

¹Дондоков Ю. Ж., кандидат технических наук, доцент

¹Дринча В. М., доктор технических наук, профессор

²Ямпиллов С. С., доктор технических наук, профессор

³Борисенко И. Б., доктор технических наук, профессор

¹Арктический государственный агротехнологический университет
г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Российская Федерация

²Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. В технологиях послеуборочной обработки и хранения зерна сохранение его качества, начиная от поступления комбайнового вороха на ток до окончательного этапа хранения имеет чрезвычайно важную роль. Зерновая масса представляет собой искусственно созданную человеком экосистему, включающую биотические и абиотические компоненты, вступающую в сложные взаимосвязи между собой, которые и определяют сложность сохранения качества зерна в процессе обработки и хранения. Температура зерна и его влажность и их сочетание являются основными параметрами, определяющими состояние зерновой массы. Снижение температуры зерна путем его аэрирования атмосферным воздухом наиболее широко применяемый прием контроля температуры зерна для сохранения его качества на всех обращения с ним. Однако имеющиеся теоретические и экспериментальные разработки, посвященные охлаждению зерна аэрированием, зачастую являются противоречивыми и не могут быть эффективно использованными в практике зернопроизводства. **Объектом** исследований являлась зерновая масса основных с.-х. культур, а также физические и технологические основы охлаждения зерна атмосферным воздухом на этапах послеуборочной обработки и хранения зерновых насыпей. **Материалы и методы.** Экспериментальные исследования проводились в хозяйственных условиях на зерновом материале основных злаковых культур. Исследования проводились 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. Температуру и влажность зерновой массы определяли по стандартным методикам. Скорость воздушного потока над поверхностью зерна определяли при помощи специально разработанного устройства, включающего воздушно-накопитель в верхней части которого устанавливали крыльчатый анемометр. **Результаты и обсуждения.** Выявлены основные задачи

охлаждения зерна на разных технологических этапах и разработана классификация способов охлаждения зерна. Обобщены температурные условия развития насекомых и плесеней в зерновой массе. Проведено экспериментальное обоснование нормы аэрирования зерна при его охлаждении атмосферным воздухом. Оптимальные нормы аэрирования с целью охлаждения зерна в зависимости от его типа находятся в диапазоне 5...10 л/с·м³. На основании многолетних исследований разработана двухэтапная технология охлаждения зерна, включающая: быстрое понижение температуры зерна до 15 °С с целью предотвращения развития жука-мукоеда суринамского и понижение температуры до 10...12 °С с целью предотвращения развития других насекомых и плесеней.

Ключевые слова: температура зерна, влажность зерна, охлаждение зерна, аэрирование зерна, интенсивность дыхания семян, нормы аэрирования, способы охлаждения зерна.

Цитирование. Аммосов И. Н., Дондоков Ю. Ж., Дринча В. М., Ямпиллов С. С., Борисенко И. Б. Технологические основы и практика охлаждения зерна аэрированием. *Известия НВ АУК.* 2024. 5(77). 448-461. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-05-50.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. С древних времен становление и развитие цивилизации в значительной степени зависело от окультуривания диких растений, выращивания, улучшения и использования зерновых культур и сопутствующих с.-х. продуктов. Археологи определили, что обращение с зерном, а также его хранение началось в неолите, в каменном веке (около 8000 лет до н.э.) с началом окультуривания растений и одомашнивания животных [31].

Потребность в резервном запасе продовольствия для утоления голода в будущем должна была вызывать такую же озабоченность в доисторическую эпоху, как и в наше время. На протяжении последних 10 000 лет человек определил, главным образом методом проб и ошибок, что сухое и охлажденное зерно может храниться в течение длительного периода, если оно защищено от нашествия различных вредителей [14, 23, 31].

Эволюционное повышение урожайности зерновых культур, увеличение возделываемых площадей в хозяйствах, а также внедрение комбайновой технологии уборки в начале прошлого века привело не только к росту объемов производимого зерна, но и к увеличению интенсивности поступления его с поля на тока хозяйств, в результате чего в 30-х годах прошлого века появились проблемы послеуборочной обработки и сохранности растущих объемов зерна [8, 21, 22]. Проблема сохранности зерна в период увеличивающегося комбайнового парка усугублялась еще тем, что зерно, поступающее с поля, имело высокую засоренность, а следовательно и влажность.

В свежееубранном зерновом ворохе, содержащем основное зерно и семена сорняков с повышенной влажностью, происходит увлажнение зерна (таблица 1) [23].

Таблица 1 – Перераспределение влаги в свежееубранном зерне пшеницы
Table 1 – Moisture migration in freshly harvested wheat grain

Время замеров / Measurement time	Влажность, % / Humidity, %	
	зерна пшеницы / wheat grains	семян сорняков / weed seeds
Сразу после уборки / Immediately after harvesting	15,2	58,2
На току через / In Stock		
12 ч	15,7	50,8
24 ч	16,1	41,3
48 ч	16,9	28,0
72 ч	17,8	23,1

Для зерна повышенной влажности одной из радикальных мер сохранности его качества является сушка в высокотемпературных сушилках. Но не во всех хозяйствах или зерновых пунктах за сравнительно короткий срок можно привести зерно в сухое состояние, вследствие недостаточной мощности сушилок, а также необходимости больших инвестиционных вложений и эксплуатационных расходов, связанных с сушкой зерна.

Зерно после высокотемпературной сушки, прежде чем поместить его на хранение следует охладить, чтобы снизить активность биологических процессов в нем до наиболее низкого достижимого в практике уровня. Это осуществляется обычно путем включения в конструкцию сушилки специальной секции, продуваемой холодным воздухом, предназначенной для понижения температуры зерна настолько, чтобы его температура была приблизительно на 6 °С ниже температуры наружного воздуха [12, 18, 24]. Охлаждение, достигаемое при пересыпании зерна в закроем после сушки, является недостаточным, если только специальной проверкой не установлено, что при этом достигнута необходимая конечная температура.

Альтернативным процессом консервации зерна к его высокотемпературной сушке, а в некоторых случаях и дополняющим его, является охлаждение насыпи зерна путем продувки ее воздушным потоком или аэрирование.

В технологиях послеуборочной обработки и хранения зерна охлаждение его на всех этапах обращения с ним, начиная от поступления комбайнового вороха на ток до окончательного этапа хранения обработанного зерна, имеет чрезвычайно важную роль [1, 2, 7].

Анализ отечественных и зарубежных технологий послеуборочной обработки и хранения зерна показал, что технологические задачи его охлаждения существенно разнятся на этапах обработки и хранения зерна (рисунок 1).



Рисунок 1 – Технологические задачи охлаждения зерна в процессе послеуборочной обработки и хранения зерна

Figure 1 – Technological objects of grain cooling during post-harvest processing and grain storage

Аэрирование зерновых масс, проводимое с целью ликвидации самосогревания, имеет свои особенности. Оно направлено на быстрое охлаждение зерна и проводится в любое время суток независимо от погодных условий. Его проводят с учетом вида самосогревания (гнездового, пластового или сплошного) обрабатываемой культуры, нормы расхода воздуха, конструкции зернохранилища, аэрационного устройства.

При послеуборочной обработке прибегают к охлаждению не только свежееубранного и сухого зерна, которое недостаточно охлаждено в охладительных камерах. Иногда для повышения производительности сушилок их охладительные камеры переводят в сушильные, осуществляя охлаждение просушенного зерна вентилированием насыпей в хранилищах. При такой реконструкции сушилок их производительность повышается на 30...40%. Кроме того, в процессе аэрирования просушенной массы достигается не только ее охлаждение, но и одновременное снижение влажности [6, 18].

Охлажденное зараженное зерно без подработки может в значительной степени осложнить в дальнейшем работу зернового предприятия. При охлаждении зерна клещ уходит в пленчатых культурах под цветочные пленки, в непленчатых культурах – в трещины и изъеденные места зерна, в бороздки и там сохраняется до благоприятного момента. Очищать от клеща охлажденное зерно – операция трудная, не достигающая цели; клещи при этом не отсеиваются [17, 28].

В последние десятилетия в технологиях послеуборочной обработки и хранения зерна установилась отчетливая тенденция оснащения зерноскладов, силосов и пунктов приема и обработки зерна системами аэрации, предназначенными главным образом для охлаждения зерна. При этом практически одни и те же аэрационные установки и принципы

используют для решения различных технологических задач [9, 10, 30]. Существующий подход приводит к неэффективному использованию потенциальных возможностей систем аэрации, а в некоторых случаях и к снижению качества обрабатываемого зерна.

Значительная часть исследований по охлаждению зерна аэрированием посвящена теоретическим вопросам влияния аэрации на сохранность зерна с разными биохимическими свойствами [15, 16]. С другой стороны, много исследований по охлаждению зерна аэрированием являются чисто экспериментальными, ограничивающимися климатическими условиями конкретных хозяйств [4, 5, 13]. Кроме того, научные исследования, посвященные аэрированию зерновых материалов, в последние 40 лет практически не ведутся. Сложившаяся тенденция привела к снижению эффективности научно-технического обеспечения создания рациональных аэрационных систем в промышленности, а также эффективного применения систем аэрации в зернопроизводстве. В результате чего, в практике применение систем охлаждения зерна является во многих случаях неэффективным и приводит к существенным потерям полноценного зерна и снижению его качества, как при краткосрочном, так и при длительном или плановом хранении зерна.

Целью исследований является анализ физических основ охлаждения зерна, аэрируемого естественным воздухом и обоснование технологических принципов охлаждения зерновых материалов на разных этапах послеуборочной обработки и хранения.

Материалы и методы исследования. Представленные материалы являются обобщенным результатом многолетних экспериментальных исследований авторов статьи, посвященных охлаждению зерна аэрированием атмосферным воздухом, а также многих работ отечественных и зарубежных авторов.

Экспериментальные исследования проводились в основном в хозяйственных условиях Ивановской и Московской областей на зерновом материале основных злаковых культур.

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.

В процессе выполнения исследований в основном использовали стандартные методики определения температуры и влажности зерновых материалов в насыпях зернохранилищ и бункеров. Для определения температуры зерна в насыпях на различных глубинах использовали термоштангу с цифровым электронным блоком ТШЭ-1-3,5, позволяющей производить измерение температуры при глубине насыпи до 3,5 м. Точность измерения температуры термоштангой составляла 0,5%.

Скорость воздушного потока над поверхностью аэрируемого зерна определяли через расход воздушного потока путем применения специально разработанного устройства (рисунок 2).

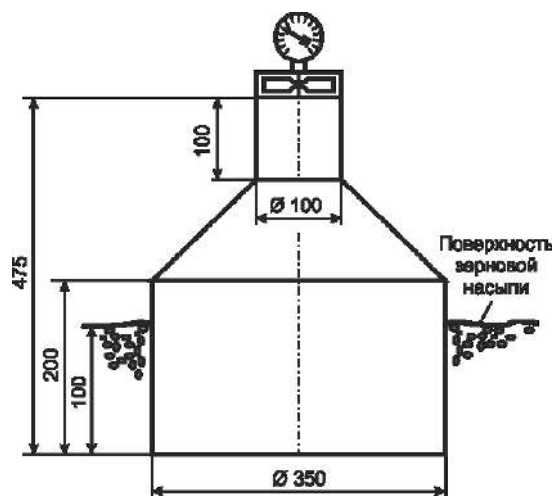


Рисунок 2 – Схема устройства и его размещения на поверхности зерновой насыпи при определении скорости воздуха на выходе из аэрируемого зерна

Figure 2 – Scheme of the device and its placement over grain mass when determining the air velocity at the outlet of the aerated grain

Устройство включает в нижней части полый цилиндр, вставляемый в зерновой слой. В верхней части цилиндр соединен с коническим колпаком и цилиндрическим патрубком, соединенный со стандартным крыльчатым анемометром АСО-3, имеющий предел погрешности не более $\pm(0,1 \div 0,05V)$ м/с (где V – текущее значение скорости воздушного потока).

Перед применением устройства поверхность зерновой насыпи тщательно исследовали на предмет отсутствия крупных соломистых примесей или скопления мелких частиц и пыли, а также отсутствия корок, которые вследствие локального увеличения сопротивления зернового слоя могли бы привести к заниженным значениям определяемых скоростей воздушного потока. По показаниям анемометра и приложенному к нему градировочному графику определяли реальные скорости воздушного потока над зерновым слоем.

Результаты и обсуждение. До 50-х годов прошлого века применялось преимущественно естественное, так называемое пассивное охлаждение зерна. Открывая в сухую холодную погоду двери, окна, вентиляционные отверстия складов, подполий и устраивая при этом сквозняки, можно вызвать энергичный обмен воздуха в складе и межзерновых пространствах насыпи. Этим достигается значительное снижение температуры не только в верхних и средних слоях насыпи зерна, но и в нижних [17]. Темпы снижения температуры зерна при пассивном охлаждении весьма невелики и во многих случаях совершенно недостаточны для приведения зерна в стойкое для хранения состояние.

В районах, имеющих большие запасы зерна с повышенной влажностью, при укладке его в складах толстым слоем одного пассивного охлаждения недостаточно. При большой насыпи зерна в глубоких слоях могут и в период холодов возникать очаги самосогревания, так как в нижних слоях сохраняется повышенная температура. В таких районах происходит медленное естественное понижение температуры зерна в зимний период, что может приводить к снижению качества зерна и его порчи.

Несмотря на большую трудоемкость, ручное перелопачивание применяется на токах и в настоящее время. Оно производится для того, чтобы обеспечить доступ к зерну свежего воздуха и охладить его, попутно несколько подсушить и хорошо перемешать зерно.

Более эффективное охлаждение зерна в сравнении с ручным перелопачиванием зерна достигали путем применения зернопультов, транспортеров (передвижных и стационарных), а также зерноочистительных машин. Например, в 1937 г. около 80% зерна охлаждалось посредством перелопачивания и лишь около 20% путем машинной подработки [8].

В практике хранения зерна в вертикальных силосах больших объемов нередко встречаются случаи, когда зерно начинает греться, при этом прибегают к перегрузке зерна из греющего бункера в резервный. Данный прием является решением проблемы в сухое холодное время. Однако технологически данный прием является неэффективным, так как требует дополнительных существенных затрат средств, а также не всегда является надежным.

В последнее время для охлаждения зерна на всех этапах обращения с ним наиболее перспективным способом охлаждения зерна является аэрация атмосферным или искусственно-охлажденным воздухом.

Проведенный ретроспективный анализ способов охлаждения зерна, применяемых при послеуборочной обработке, позволил разработать классификацию, которая показывает, что для охлаждения зерна существует довольно большой выбор различных вариантов охлаждения зерна (рисунок 3).

Наибольший эффект в предохранении влажного зерна от порчи обеспечивает аэрирование насыпи зерна атмосферным воздухом с помощью вентилятора. Пронизывающий насыпь воздушный поток удаляет тепло, которое образуется в зерновой массе, препятствует тем самым возникновению самосогревания. Помимо отвода тепла, образующегося в процессе дыхания зерновой массы, воздушный поток охлаждает зерно до температуры наружного воздуха.

В практике аэрирование зерна атмосферным воздухом с отрицательными температурами называют промораживанием, которое проводится с целью понижения температуры зерна до отрицательных значений. Жизнедеятельность зерна при температуре ниже 0°C замедляется. Процессы обмена веществ и дыхания в замороженных насыпях снижаются до минимума, сапрофитные микроорганизмы перестают размножаться и частично погиба-

ют. Промораживая зерно, можно не только резко снизить в нем активность физиолого-биохимических и микробиологических процессов, но и полностью приостановить жизнедеятельность зерновых вредителей.

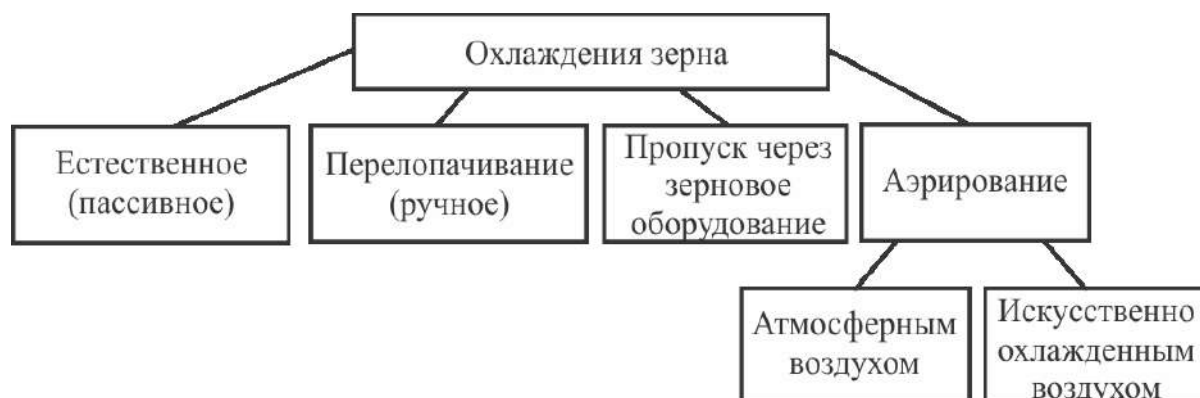


Рисунок 3 – Классификация способов охлаждения зерна
Figure 3 – Classification of grain cooling methods

Основанием применения охлаждения зерна аэрированием являются следующие факторы:

- длительность безопасного хранения влажного зерна существенно возрастает с понижением температуры (таблица 2);
- охлаждение зерновой массы является не только более дешевым, но и значительно легче осуществляемым приемом по сравнению с сушкой;
- охлаждению можно подвергать одновременно практически неограниченные массы зерна, в то время как сушилки с.х. назначения имеют ограниченную производительность;
- расходы на сушку существенно превышают расходы, связанные с консервацией зерна холодным воздухом.

Таблица 2 – Длительность безопасного хранения зерна основных злаковых культур, дни
Table 2 – Duration of safe grain storage of cereal crops, days

Влажность,% / Humidity, %	Температура зерна, °C / Grain temperature, °C					
	-1°	4°	10°	16°	21°	27°
14	*	*	*	*	200	140
15	*	*	*	240	125	70
16	*	*	230	120	70	40
17	*	280	130	75	45	20
18	*	200	90	50	30	15
19	*	140	70	35	20	10
20	*	90	50	25	14	7
22	190	60	30	15	8	3
24	130	40	15	10	6	2
26	90	35	12	8	5	2
28	70	30	10	7	4	2
30	60	25	5	5	3	1

* приблизительно время безопасного хранения превышает 300 дней.

* Approximately safe storage time exceeds 300 days.

Комплексным показателем состояния зерна в насыпи является интенсивность дыхания, который характеризует повышение температуры зерна и его влажности, а также потери сухого вещества зерна.

В результате научных исследований установлено, что интенсивность дыхания вороха свежесобранного зерна при влажности 28,3...32,6% в 1,5-2,3 раза выше основного зерна, при этом сорная примесь имеет интенсивность дыхания в десятки раз выше, чем основное зерно. Интенсивность дыхания зерна при изменении его влажности с 12 до 30% увеличивается от долей единиц CO₂ на 100 г за 24 часа до 1724,0 т.е. в 1700 раз. Количе-

ство колоний плесневых грибов увеличивается при этом от 0,5 до 37500,0 колоний на 1 г зерна, т.е. более чем в 75000 раз, а всхожесть зерна уменьшается с 95 до 14%, соответственно более чем в 4 раза [19].

Охлаждения требует не только влажное, но и сухое зерно. Хранение сухого зерна при повышенной температуре приводит также к усилению дыхания зерна и потере сухого вещества. Потери сухого вещества зерна влажностью 15% при температуре 10 °С составляют 0,02%, а при повышении температуры до 25 и 35 °С возрастают соответственно до 0,12 и 0,54%. Это значит, что количественные потери зерна на каждые 1000 т достигают соответственно 2, 12, 54 т [20].

В процессе хранения зерна с течением времени потери сухого вещества при дыхании возрастают, так как к собственному дыханию зерна присоединяется еще дыхание развивающихся микроорганизмов, (плесневые грибы и др.).

Охлаждение зерна аэрированием возможно вследствие наличия между отдельными зернами насыпи межзернового пространства, заполненного воздухом. Воздушные скважины образуют сплошную систему сообщающихся каналов, по которым воздух может перемещаться во всех направлениях. Эта особенность зерновой насыпи служит основой для обработки ее путем аэрирования. Совокупность всех воздушных промежутков в зерновой насыпи характеризуется ее скважностью (процентное отношение объема воздушных промежутков к общему объему зерновой массы). Величина скважности у различных культур неодинакова и колеблется довольно широких пределах в зависимости от формы, размеров, характера поверхности зерна, его влажности, количества и состава примесей, степени уплотнения (таблица 3) [26].

Таблица 3 – Пределы изменения скважности и насыпной плотности семян основных зерновых культур
Table 3 – Limits of change in porosity and bulk density of seeds of cereal crops

Культура / Crop	Скважность (%) / Duty cycle (%)	Насыпная плотность, кг/м ³ / Bulk density, kg/m ³
Пшеница / Wheat	35...40	730...850
Рожь / Rye	35...45	680...750
Ячмень / Barley	45...55	580...700
Овес / Oat	50...70	400...550
Лен / Flax	35...45	580...680
Просо / Millet	30...50	680...780
Подсолнечник / Sunflower	60...80	275...400
Кукуруза / Maize	35...55	680...820
Гречиха / Buckwheat	50...60	460...550
Рис / Rice	50...65	470...550

Скважность оказывает большое влияние на правильный выбор режима аэрирования. Чем больше скважность, тем свободнее доступ воздуха в насыпь зерна и тем легче протекает вентилирование.

Другими, чрезвычайно важными физическими свойствами зерна, влияющими на его охлаждение аэрированием, являются теплопроводность, температуропроводность, и удельная теплоемкость.

Зерно характеризуется низкой теплопроводностью и температуропроводностью, что позволяет после охлаждения зерновой насыпи, при правильно организованных режимах охлаждения и хранения длительное время сохранять низкую температуру даже в летнее время. Хранение при температурах ниже 10 °С и кондиционной влажности приводит к замедлению и даже приостановке развития микрофлоры, насекомых, а также дыхания зерна.

Низкая теплопроводность зерна может оказывать отрицательное влияние на сохранность зерна. Заложенное на хранение в неохлажденном состоянии зерно может длительное время сохранять плюсовую температуру (даже в зимнее время), если его не охладить с наступлением холодов. Выделяемая в результате физиологических процессов теплота может задерживаться в хранящемся зерне и приводить к повышению его температуры вплоть до самосогревания. Другая проблема, обусловленная низкой теплопроводностью, состоит в том, что при наличии неоднородности распределения температур в зерновой массе, в отдельных

ее зонах или гнездах будет длительное время сохраняться тепло и повышенная активность плесени и насекомых, которые из этих мест распространяются по всему хранилищу. Аэрирование холодным воздухом перемещает воздушные карманы вокруг зерновок, что выравнивает температурное поле, а также влажность в зерновой насыпи.

Одним из критериев определения изменения качества зерна с течением времени является всхожесть семян. Снижение всхожести семян является результатом разрушения клеточной структуры и функции зерна, с сопутствующими изменениями в химическом составе и модификацией ферментов и других биохимических систем. Хранящееся зерно портится со временем при любых условиях, но высокая температура зерна и влажность существенно ускоряют процесс порчи.

Температура и влажность зерна оказывают существенное влияние на скорость, с которой снижается всхожесть семян (рисунок 4) [32].

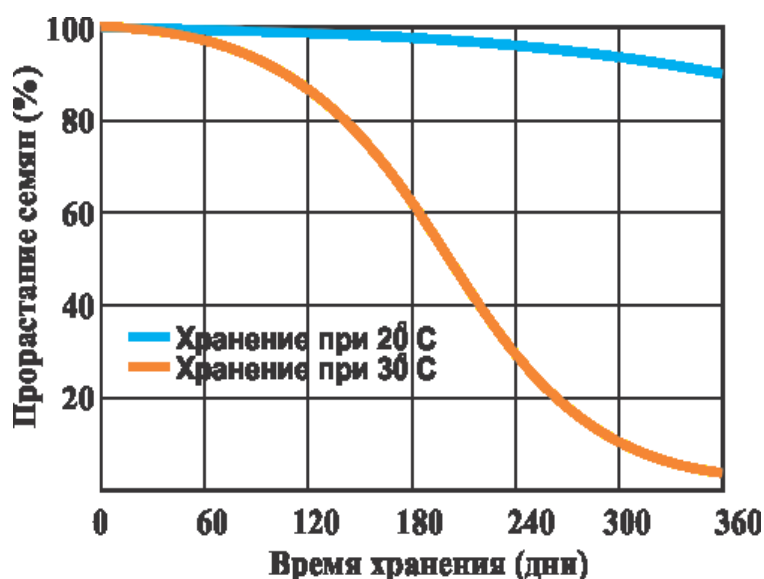


Рисунок 4 – Влияние температуры хранения семян пшеницы на их всхожесть, при влажности семян 12%
Figure 4 – Influence of temperature on wheat germination stored at 12% moisture content

Исследование выявило, что жизнеспособность пшеницы, хранящейся при 12% влажности и температуре 20 °C, снизилась всего на 1 процент после 150 дней хранения. Та же пшеница, хранящаяся при влажности 12% и температуре 30 °C, снизилась в жизнеспособности на 21% после 150 дней хранения [CSIRO].

Аналогично с тем, как влажность влияет на развитие плесени и насекомых, температура также оказывает влияние на их развитие. Хранение зерна при или ниже кондиционной влажности снижает вероятность развития плесени и насекомых, но теплое или горячее зерно все еще привлекательно для насекомых. При прохладных температурах жизненные циклы насекомых-вредителей (яйца, личинки, куколки и взрослые особи) удлиняются с типичных четырех недель при теплых температурах (30-35 °C) до 12-17 недель при более низких температурах (20-23 °C). В то время как взрослые насекомые все еще могут выживать при прохладных температурах, молодые насекомые перестают развиваться при температурах ниже 18-20 °C. При температурах ниже 15 °C долгоносики и большинство насекомых перестают размножаться (таблица 4) [3, 11].

Для предотвращения снижения качества зерна от активности насекомых и плесеней важно тщательно контролировать температуру зерна путем заблаговременного его охлаждения, так как при высоких температурах плесени и насекомые интенсивно развиваются и заражают все зерно в хранилище. В случае заражения зерна вредителями, дезинфекция и очищение его намного более дорогостоящие операции, чем аэрирование зерна.

Чрезвычайно важно, чтобы зерно, закладываемое на хранение, было максимально очищено не только от легких и мелких примесей, но и от всевозможных вредителей. Например, если сильно зараженное зерно перезимует в охлажденном виде, при потепле-

нии клещ может быстро распространиться на большие массы зерна. В связи с этим, в зимний период помимо охлаждения зерна также целесообразно проводить его очистку, не оставляя зараженное зерно до весны.

Таблица 4 – Развитие насекомых и плесеней в зависимости от температуры зерна

Table 4 – Insects and mold development depending on grain temperature

Температура зерна, °C / Grain temperature, °C	Развитие насекомых и плесеней / Development of insects and molds
40...55	Происходит повреждение семян и снижается их жизнеспособность / Seed damage occurs and their viability decreases
30...40	Плесень и насекомые размножаются / Mold and insects multiply
25...30	Плесень и насекомые являются активными / Mold and insects are active
20...25	Развитие плесени ограничено / Mold development is limited
18...20	Молодые насекомые прекращают развиваться / Young insects stop developing
<15	Большинство насекомых и плесень перестают развиваться / Most insects and mold stop developing

Для эффективного управления сохранностью зерна, чрезвычайно важным является контроль нижних пределов температур зерновой насыпи, при которых воспроизводятся насекомые (таблица 5).

Таблица 5 – Нижние пределы температур размножения насекомых

Table 5 – Lower limits to reproduction of insects

Насекомые / Insects	Температура, °C / Temperature, °C
Долгоносик рисовый / Rice weevil (<i>Sitophilus oryzae</i>)	15
Зерновой точильщик / Grain Grinder (<i>Rhizopertha dominica</i>)	18
Рисово-красный мучной жук / Rice-red flour beetle (<i>Tribolium castaneum</i>)	20
Мукой суринамский / Surinamese flour beetle (<i>Oryzaephilus surinamensis</i>)	20
Долгоносик коровий / Bovine weevil (<i>Sitophilus granarius</i> L)	20

Управление процессом охлаждения зерна аэрированием – сложная задача не только для разработки практических рекомендаций, но и для теоретического обоснования. Это обусловлено тем, что обрабатываемая зерновая масса является сложной искусственно созданной человеком экосистемой, включающей биотические и абиотические компоненты. Кроме того, физические свойства атмосферного воздуха, применяемого для аэрирования, зависят не только климатических зон, но и от погодных условий, а также времени суток.

Одним из важнейших технологических параметров охлаждения зерна аэрированием, определяющих эффективность и продолжительность процесса аэрирования является норма аэрации, представляющая собой расхода воздуха на единицу объема или массы зерна.

Только определенное количество воздуха обеспечивает предохранение теплого и/или влажного зерна от порчи. Если воздуха недостаточно, зерно охлаждается очень медленно, а верхние слои насыпи нередко отпотевают и увлажняются. В этих условиях интенсивно развиваются микроорганизмы и снижается качество зерна.

Нормы аэрирования зависят от следующих основных факторов:

- типа зерна, его температура, влажность и засоренность;
- высоты зерновой насыпи;
- системы воздухо-распределения аэрационной установки;
- применяемые методы управления аэрированием;
- климатические условия;
- предпочитаемое время охлаждения зерновой массы.

Важное значение имеет и начальная температура зерновой массы: при высокой первоначальной температуре зерна норму аэрации следует увеличивать. С увеличением влажности зерна нормы аэрирования следует повышать, так как с увеличением влажности усиливается выделение и накопление тепла в насыпи.

Норму аэрирования в основном определяют экспериментальным путем. В отечественной литературе рекомендуемые нормы аэрирования для разных задач охлаждения зерна колеблются в пределах 10...70 л/с·м³ [25, 26, 27], а в зарубежных источниках 2,7...4 л/с·м³ [29, 32]. Существенные расхождения в нормах аэрирования видимо связаны с комплексом факторов и в первую очередь состоянием зерновой массы и применяемых систем аэрирования.

Многолетним практическим опытом аэрирования зерна выработаны следующие нормы аэрирования (таблица 6).

Таблица 6 – Оптимальные нормы аэрирования зерна с целью его охлаждения

Table 6 – Optimal grain aeration rates for the objects of cooling it

Влажность зерна, % / Grain moisture, %	Норма аэрирования для пшеницы, ячменя, рапса, л/с·м ³ / Aeration rate for wheat, barley, rapeseed, l/s·m ³	Норма аэрирования для подсолнечника, кукурузы, сои, л/с·м ³ / Aeration rate for sunflower, corn, soybeans, l/s·m ³
15...20	5,6...7	8,3...9,7

Наряду с нормой аэрирования чрезвычайно важным технологическим параметром аэрирования является длительность охлаждения, которая определяется нормой аэрирования и практически не зависит от разности температур охлаждаемого зерна и аэрируемого атмосферного воздуха.

В процессе проведения экспериментальных исследований была разработана двух-этапная технология охлаждения зерна, включающая:

- быстрое понижение температуры зерна до 15 °С с целью предотвращения развития жука-мукоеда суринамского;
- понижение температуры до 10...12 °С с целью предотвращения развития других насекомых и плесеней.

При благоприятных климатических условиях температуру зерна недостаточно стойкого для хранения рекомендуется довести до минус 5 °С, что обеспечивает достаточно длительное его хранение в течение длительного периода. При температуре минус 3...6 °С зерновые вредители впадают в состояние глубокого ооченения, а при длительном воздействии отрицательных температур – погибают.

В процессе охлаждения зерна аэрированием следует периодически сопоставлять температуру и влажность охлаждаемой насыпи и атмосферного воздуха, особенно если последний имеет повышенную влажность.

Следует контролировать распределение температур в зерновой массе и принимать меры к тому, чтобы исключить в процессе аэрирования проникновение воздуха из греющихся участков насыпи в уже охлажденные.

В условиях Российской Федерации за счет суточных перепадов температур воздуха можно охладить семена до 8...10 °С в августе и до 4...5 °С в сентябре. Снижение температуры зерна при аэрировании находится в диапазоне 0,5...0,7 °С в час и зависит, главным образом, от нормы аэрирования зерна и разницы температуры воздуха и зерна.

Выводы. При сравнении отдельных способов охлаждения зерна независимо от технологических задач наиболее перспективным является способ аэрирования зерна атмосферным воздухом. Он является самым дешевым и наименее трудоемким. По сравнению с другими способами охлаждения обработка зерна аэрированием требует в 1,5...3 раза меньше труда и средств.

Охлаждение целесообразно проводить сразу же после формирования производственных насыпей зерна в такое время, когда температура воздуха не менее чем на 6...8 °С ниже температуры насыпи зерна. Чаще всего такая разница наблюдается в ночное время.

Оптимальные нормы аэрирования с целью охлаждения зерна в зависимости от его типа находятся в диапазоне 5...10 л/с·м³.

Охлаждение зерна аэрированием снижает интенсивность дыхания семян, затрудняет жизнедеятельность микрофлоры и развитие насекомых, а также сохраняет жизнеспособность семян. Охлаждение зерна до 5...10 °С при кондиционной влажности позволяет консервировать его на довольно длительный период.

При длительном воздействии потока воздуха выравнивается влажность и температура зерна в насыпи, устраняется возможность конденсации влаги в верхних слоях насыпи.

В ряде регионов страны эффективным способом, наряду с сушкой, является перевод зерна в стойкое при хранении состояние путем его промораживания. Однако широкое его применение сдерживается отсутствием технологического обеспечения данного способа. Необходимо проведение дополнительных исследований процесса промораживания зерна в различных почвенно-климатических зонах страны.

Консервирование зерна путем его охлаждения является перспективной технологией для ряда почвенно-климатических зон страны и для ее эффективного внедрения требуется проведение дополнительных исследований комбайнового зерна, а также климатических и погодных условий в каждой зоне.

Conclusions. When comparing aeration cooling grain methods, regardless of the technological tasks, the most promising is the method of grain aeration with atmospheric air. It is the cheapest and least labor-intensive. Compared with other cooling methods, grain processing by aeration requires 1.5...3 times less labor and resources.

It is advisable to carry out cooling immediately after the formation of production grain mass at a time when the air temperature is at least 6...8 °C lower than the temperature of the grain mass. Most often, such a difference is observed at night.

Optimal aeration rates for aeration cooling grain, depending on its type, are in the range of 5...10 l/s m³.

Cooling grain by aeration reduces the intensity of seed respiration, hinders the vital activity of microflora and the development of insects, and also preserves the viability of seeds. Cooling grain to 5...10 °C at conditioned humidity allows preserving it for a fairly long period.

With prolonged exposure to air flow, the humidity and temperature of the grain in the bulk are equalized, eliminating the possibility of moisture condensation in the upper layers of the bulk.

In a number of regions of the country, an effective method, along with drying, is to transfer the grain to a storage-stable state by freezing it. However, its widespread use is constrained by the lack of technological support for this method. It is necessary to conduct additional research on the process of grain freezing in various soil and climatic zones of the country.

Preservation of grain by cooling it is a promising technology for a number of soil and climatic zones of the country and for its effective implementation it is necessary to conduct additional research on harvested grain, as well as climatic and weather conditions in each zone.

Библиографический список

1. Аммосов И. Н., Дринча В. М., Борисенко И. Б. Технологические аспекты подавления насекомых-вредителей зерна аэрированием. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 537-544.
2. Аммосов И. Н., Дондоков Ю. Ж., Юсупов Ш. Т., Дринча В. М., Котлярчук Я. М. Технологические аспекты охлаждения зерна. Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции молодых исследователей «Степановские чтения». Якутск, 2023. С. 25-31.
3. Анискин В. И., Рыбарук В. А. Теория и технология сушки и временной консервации зерна активным вентилированием: монография. М.: ВИМ, 1981. 185 с.
4. Баум А. Е. Применение искусственно охлажденного воздуха при хранении зерна. М.: Элеваторная промышленность, 1977. 27 с.
5. Блоховцов В. Д. О некоторых способах обеспечения сохранности зерна в условиях крестьянских (фермерских) хозяйств края. Ставрополь: Кн. изд-во, 1999. 23 с.
6. Голик М. Г. Новые способы повышения стойкости зерна при хранении. М., ЦНИИТЭИМинзага СССР, 1973. 36 с.
7. Дондоков Ю. Ж., Аммосов И. Н., Дринча В. М. Обоснование процесса охлаждения зерна вертикальными аэрационными каналами. Кормопроизводство. 2019. № 1. С. 34-38.
8. Донской В. Охлаждение и промораживание зерна. Советский заготовитель. 1939. Т. 1. С. 34-35.
9. Дринча В. М., Сангадиев А. П. Правила и практика вентилирования зерна вертикальными колонками. Кормопроизводство. 2014. № 12. С. 44-48.
10. Дринча В., Цыдендоржиев Б. Вентилирование зерна вертикальными колонками. Совершенные агротехнологии. 2011. № 11-12. С. 21-22.
11. Закладной Г. Технология дезинсекции зерна. Комбикорма. 2004. № 5. С. 28-29.
12. Зимин Е. М. Пневмотранспортные установки для вентилирования, транспортирования и сушки зерна. Конструкция, теория и расчет. Кострома, 2000. 215 с.
13. Иванов А. Е., Эрк Ф. Н. Установки для принудительного вентилирования семенного зерна. Техника в сельском хозяйстве. 1981. № 12. С. 7-9.
14. Иванов Н. М., Стрикунов Н. И., Леканов С. В. Технологии и техника для послеуборочной обработки зерна и семян: монография. Новосибирск: СФНЦ РАН, 2021. 277 с.

15. Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П. Биохимия зерна и хлебопродуктов. СПб. ГИОРД, 2005. 512 с.
16. Казанина М. А., Воронкова В. Я., Петровская В. А. Справочник по хранению семян и зерна. Минск: Ураджай, 2021. 200 с.
17. Клеев И. А. Значение температуры при хранении зерна. М.: Заготиздат, 1947. 76 с.
18. Малин Н. И. Технология хранения зерна. М.: КолосС, 2005. 280 с.
19. Мартынов Б. П., Анискин В. И. Механизация и обработка семян зерновых культур в Австрии. М., 1984. 54 с.
20. Мачихина Л. И. Научные основы хранения и переработки зерна в современных условиях: монография. М.: Россельхозакадемия. 2008. 603 с.
21. Пилипчук В. Л. Технология хранения зерна и семян. М.: Инфра-М., 2014. 457 с.
22. Стрикунов Н. И., Леканов С. В. Технологические основы компоновки оборудования сеяноочистительных линий. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 1 (207). С. 99-104.
23. Трисвятский Л. А. Хранение зерна: учебник. М.: Альянс, 2017. 350 с.
24. Фейденгольд В. Б., Алексеева Л. В., Закладной Г. А., Львова Л. С., Темирбекова С. А. Меры борьбы с потерями зерна при заготовках, послеуборочной обработке и хранении на элеваторах и хлебоприемных предприятиях. Меры борьбы с потерями зерна при заготовках, послеуборочной обработке и хранении на элеваторах и хлебоприемных предприятиях. М.: Делли принт, 2007, 302 с.
25. Цык В. В. Активное вентилирование зерна и семян. Лекция для студентов агрономических специальностей. Горки: БГСХА, 2006. 26 с.
26. Шибяев П. Н., Карпов Б. А. Активное вентилирование семян. М.: Россельхозиздат, 1969. 112 с.
27. Юкиш А. Е., Ильина О. А. Техника и технология хранения зерна. М.: Делли Принт, 2009. 718 с.
28. Bala B. K. Drying and Storage of Cereal Grains. John Wiley & Sons, 2017. 354 p.
29. Burges H. D., Burrell N. J. Cooling bulk grain in the British climate to control storage insects and improve keeping quality. Sci. Food Agric. 2014. No 15. Pp. 32-50.
30. Burrell N. J., Laundon J. H. J. Grain cooling studies, I: Observations during a large-scale refrigeration test on damp grain. Stored Prod. Res. 2017. No 1. Pp. 125-144.
31. Storage of Cereal Grains and Their Products. Edited by Kurt A. Rosentrater. Published by Elsevier Inc. in cooperation with Cereals & Grains Association, 2022. 737 p.
32. Warrick Ch. Aerating stored grain cooling or drying for quality control. A Grains Industry Guide. GRDC, Grain Storage Extension Project (www.primarybusiness.com.au). 2016. 24 p.

References

1. Ammosov I. N., Drincha V. M., Borisenko I. B. Technological aspects of insect pest suppression of grain by aeration. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex. 2022. № 2 (66). Pp. 537-544.
2. Ammosov I. N., Dondokov Y. Zh., Yusupov Sh. T., Drincha V. M., Kotlyarchuk Y. M. Technological Aspects of Grain Cooling. Collection of materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Researchers "Stepanov Readings". Yakutsk, 2023. Pp. 25-31.
3. Aniskin V. I., Rybaruk V. A. Theory and Technology of Drying and Temporary Conservation of Grain by Active Ventilation: Monograph. Moscow, VIM Publ., 1981. 185 p.
4. Baum A. E. Application of artificially cooled air in grain storage. Moscow, Elevator Industry Publ., 1977. 27 p.
5. 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., 1999. 23 p.
6. Golik M. G. New Ways to Improve Grain Resistance in Storage. Moscow, TsNIITEIMinzaga SSSR Publ., 1973. 36 p.
7. Dondokov Y. Zh., Ammosov I. N., Drincha V. M. Substantiation of the Grain Cooling Process by Vertical Aeration Channels. Fodder production. 2019. № 1. Pp. 34-38.
8. Donskoy V. Cooling and Grain Frosting. Soviet Harvester. 1939. V. 1. Pp. 34-35.
9. Drincha V. M., Sangadiev A. P. Grain ventilation with vertical columns. Perfect agricultural technologies. Fodder production. 2014. N 12. Pp. 44-48.
10. Drincha V., Tsydendorzhiev B. Ventilation of grain with vertical columns. Perfect agricultural technologies. 2011. № 11-12. Pp. 21-22.
11. Zakladnoy G. Technology of grain disinsection. Feed. 2004. № 5. Pp. 28-29.
12. Jimin E. M. Pneumatic transport units for ventilation, transportation and drying of grain. Design, theory and calculation. Kostroma, 2000. 215 p.
13. Ivanov A. E., Erk F. N. Installations for Forced Ventilation of Seed Grain. Technique in agriculture. 1981. № 12. Pp. 7-9.
14. Ivanov N. M., Strikunov N. I., Lekanov S. V. Technologies and techniques for post-harvesting processing of grain and seeds: monograph. Novosibirsk: SFNTSA RAN, 2021. 277 p.
15. Kazakov E. D., Karpilenco G. P. Biochemistry of grain and bread products. St. Petersburg. GIORД, 2005. 512 p.
16. Kazanina M. A., Voronkova V. Ya., Petrovskaya V. A. Handbook on Seed and Grain Storage. Минск: Uradzhai, 2021. 200 p.
17. Kleeв I. A. Significance of Temperature in Grain Storage. Moscow, Zagotizdat Publ., 1947. 76 p.
18. Malin N. I. Technology of grain storage. Moscow, KolosS Publ., 2005. 280 p.
19. Martynov B. P., Aniskin V. I. Mechanization and Treatment of Grain Seeds in Austria. Moscow, 1984. 54 p.
20. Machikhina L. I. Scientific Foundations of Grain Storage and Processing in Modern Conditions: Monograph. Moscow: Rosselkhozakademiya. 2008. 603 p.
21. Pilipyuk V. L. Technology of grain and seed storage. Moscow, Infra-M. Publ., 2014. 457 p.

22. Strikunov N. I., Lekanov S. V. Technological foundations of the arrangement of seed-cleaning lines. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2022. № 1 (207). Pp. 99-104.
23. Trisvyatsky L. A. Grain storage: textbook. Moscow: AlyanS, 2017. 350 p.
24. Feidengold V. B., Alekseeva L. V., Zakladnoy G. A., Lvova L. S., Temirbekova S. A. Measures to Combat Grain Losses during Procurement, Post-Harvest Processing and Storage at Elevators and Grain Receiving Enterprises. Measures to combat grain losses during procurement, post-harvest processing and storage at elevators and grain-receiving enterprises. Moscow, DeLi Print Publ., 2007, 302 p.
25. Tsyk V. V. Active ventilation of grain and seeds. Lecture for students of agronomic specialties. Gorki: BGSNA, 2006. 26 p.
26. Shibaev P.N., Karpov B.A. Active Seed Ventilation. Moscow, Rosselkhozizdat Publ., 1969. 112 p.
27. Yukish A. E., Ilyina O. A. Technics and Technology of Grain Storage. Moscow, DeLi Print Publ., 2009. 718 p.
28. Bala B. K. Drying and Storage of Cereal Grains. John Wiley & Sons, Ltd, 2017, 354 p.
29. Burges H. D., Burrell N. J. Cooling bulk grain in the British climate to control storage insects and improve keeping quality. Sci. Food Agric. 2014. No 15. Pp. 32-50.
30. Burrell N. J., Laundon J. H. J. Grain cooling studies, I: Observations during a large-scale refrigeration test on damp grain. Stored Prod. Res. 2017. No 1. Pp. 125-144.
31. Storage of Cereal Grains and Their Products. Edited by Kurt A. Rosentrater. Published by Elsevier Inc. in cooperation with Cereals & Grains Association, 2022. 737 p.
32. Warrick Ch. Aerating stored grain cooling or drying for quality control. A Grains Industry Guide. GRDC, Grain Storage Extension Project (www.primarybusiness.com.au). 2016. 24 p.

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 ш. 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 ш. 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 ш. 3-й км, д. 3), ORCID 0000-0003-1083-5370, e-mail: vdrincha@list.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 49), ORCID 0000-0001-7279-9083, e-mail: yampilovss@mail.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

Author's Information

Ammosov Innokentiy Nikolaevich, Senior Lecturer of the Department of Technological Systems of the Agro-Industrial Complex of the Arctic State Agrotechnological University (Russian Federation, 677007, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Sergelyakhskoye sh., 3rd km, 3), e-mail: amminnik@yandex.ru

Dondokov Yuriy Zhigmitovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Technological Systems of the Agro-Industrial Complex of the Arctic State Agrotechnological University (Russian Federation, 677007, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Sergelyakhskoye sh., 3rd km, 3), e-mail: ooo-centaurus@mail.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, st. Klyuchevskaya 49), ORCID 0000-0001-7279-9083, e-mail: yampilovss@mail.ru

Drincha Vasilii Michailovich, Doctor of Engineering I Sciences, Professor, Department of Technological Systems of the AIC, Arctic State Agrotechnological University (Russian Federation, 677007, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Sergelyakhskoye sh., 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

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

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

Беляев А. И., Петров Н. Ю., Кузнецов Ю. В., Петров Ю. Н., Иванов В. А. Мелиоративные мероприятия в посевах лука-репки южного региона Belyaev A. I., Petrov N. Yu., Kuznetsov Yu. V., Petrov Yu. N., Ivanov V. A. Reclamation measures in onion crops of the southern region	13
Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Результаты применения многокомпонентных препаратов при возделывании свеклы столовой Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. The results of the use of multicomponent preparations in the cultivation of canteen beets	18
Капранов В. Н., Зеленов А. В., Киселёв Е. Ф., Тегесов Д. С., Плескачёв Н. Ю. Баланс элементов питания в технологиях возделывания сортов озимой ржи (<i>Secale cereale</i> L.) на дерново-подзолистых почвах Kapranov V. N., Zelenev A. V., Kiselyov E. F., Tegesov D. S., Pleskachyov N. Yu. Balance of nutrients in technologies for cultivating varieties of winter rye (<i>Secale cereale</i> L.) on soddy-podzolic soils.....	24
Проездов П. Н., Тарбаев В. А., Тарасенко П. В., Есков Д. В., Розанов А. В. Факторный анализ урожайности яровой пшеницы под влиянием погоды, лесных полос и удобрений в сухостепном Заволжье Proezdov P. N., Tarbaev V. A., Tarasenko P. V., Leskov D. V., Rozanov A. V. Factor analysis of spring wheat yield under the influence of weather, forest belts and fertilizers in the dry steppe trans-Volga region.....	34
Семененко С. Я., Цепляев А. Н., Тибирьков А. П., Кузнецова Е. А. Динамика изменения агрохимического состава почвы при возделывании картофеля на орошении с использованием гидросорбентов Semenenko S. Ya., Tseplyaev A. N., Tibirkov A. P., Kuznetsova E. A. Dynamics of changes in the agrochemical composition of the soil during potato cultivation under irrigation using hydrosorbents.....	45
Абдулнатилов М. Г., Гасанов Г. Н., Плескачев Ю. Н., Мусаев М. Р. Засоренность посевов, агрофизические показатели плодородия почвы и продуктивность подсолнечника в зависимости от предшественников в условиях орошения. Abdulnatipov M. G., Gasanov G. N., Pleskachev Yu. N., Musaev M. R. Weed infestation of crops, agrophysical indicators of soil fertility and productivity of sunflower depending on predecessors under irrigation conditions.....	55
Кинчарова М. Н., Матвиенко Е. В. Разнокачественность семян сорго зернового, сформированных в разных частях метелки, и ее влияние на посевные качества и микофлору Kincharova M. N., Matvienko E. V. Seed quality of grain sorghum seeds formed in different parts of the panicle and its influence on sowing qualities and mycoflora.....	64
Манжина С. А., Русин Л. И. Подбор оптимального срока компостирования осадков сточных вод для повышения их удобрительной ценности Manzhina S. A., Rusin L. I. The selection of the optimal period for composting wastewater sludge to increase its fertilizer value...	72
Варивода Е. А., Галичкина Е. А., Фомин С. Д. Этапы создания нового сорта дыни «Баллада» и разработка элементов сортовой агротехники его выращивания Varivoda E. A., Galichkina E. A., Fomin S. D. Stages of creating a new melon variety "Ballada" and developing elements of varietal agricultural technology for its cultivation	82

Митрофанов Д. В.

Влияние температуры, влажности, нитратного азота на биологическую активность почвы и урожайность твёрдой пшеницы

Mitrofanov D. V.

Influence of temperature, humidity, nitrate nitrogen on the biological activity of soil and yield of durum wheat..... 91

Юлдашева И. З.Влияние ультрадисперсных частиц цинка на фотосинтез, морфометрические показатели и жизнеспособность клеток корней *Raphanus Sativus L.* в условиях засоления почв**Yuldasheva I. Z.**Effect of ultrafine zinc particles on photosynthesis, morphometric parameters and viability of root cells of *Raphanus Sativus L.* under soil salinization..... 102**Истомин А. П., Истомин С. А.**

Исследование современного гидрологического режима озёрной системы Невидимка

Istomin A. P., Istomin S. A.

Study of the current hydrological regime of the Nevidimka lake system..... 110

Руссо Д. Э., Красильников А. А., Петров В. С.

Эффективность органических и органоминеральных удобрений, применяемых некорневым методом, в ампелоценозах Черноморской зоны виноградарства Краснодарского края

Russo D. E., Krasilnikov A. A., Petrov V. S.

The efficiency of organic and organic-mineral fertilizers applied by the foliar method in ampelocenoses of the Black sea viticulture zone of Krasnodar region..... 119

Рябчикова Н. Б., Корнилова М. С., Горбачева А. С.

Экономическая оценка применения водорастворимых удобрений при выращивании тыквы различных видов

Ryabchikova N. B., Kornilova M. S., Gorbacheva A. S.

Economic Evaluation of the Use of Water-Soluble Fertilizers in the Cultivation of Pumpkins of Various Types..... 131

Никонорова Ю. Ю., Косых Л. А., Шиповалова А. В., Ермилина Н. Н.

Результаты изучения мировой коллекции ярового ячменя по сбору белка и лизина в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья

Nikonorova Yu. Yu., Kosykh L. A., Shipovalova A. V., Ermilina N. N.

The results of the study of the world collection of spring barley for the collection of protein and lysine in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region..... 141

Бородай Д. Д., Иванов В. М.

Урожайность и качество зерна ярового ячменя при применении минеральных удобрений на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья

Boroday D. D., Ivanov V. M.

Yield and grain quality of spring barley with the application of mineral fertilizers on light chestnut soils of the Volga-Don interfluvial region..... 149

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ / ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE**Горлов И. Ф., Антипова Т. А., Мосолова Н. И., Анисимова Е. Ю., Воронцова Е. С.,****Пузанкова В. А., Кудряшова О. В., Сложенкина А. А.**

Влияние капельного орошения на продуктивность и качество молока коров в условиях теплового стресса

Gorlov I. F., Antipova T. A., Mosolova N. I., Anisimova E. Yu., Vorontsova E. S., Puzankova V. A., Kudryashova O. V., Slozhenkina A. A.

The influence of drip irrigation on dairy productivity of lactating cows and quality of milk under the heat stress..... 159

Антипова Т. А., Кудряшова О. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Мосолова Н. И.,**Анисимова Е. Ю., Воронцова Е. С., Ткаченко Н. А., Брехова С. А.**

Продуктивность и качество молока коров различных пород в условиях Волгоградской области

Antipova T. A., Kudryashova O. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mosolova N. I.,**Anisimova E. Yu., Vorontsova E. S., Tkachenkova N. A., Brekhova S. A.**

Dairy productivity and quality of milk from different breeds of cattle grown in Volgograd region..... 166

Батанов С. Д., Шкарупа Е. И., Баранова И. А., Старостина О. С., Воронцова Е. С. Яичная продуктивность и морфометрические параметры яиц кур-несушек кросса «Эйч Энд Эн Браун Ник» Batanov S. D., Shkarupa E. I., Baranova I. A., Starostina O. S., Vorontsova E. S. Egg productivity and morphometric parameters of laying hens of the cross "H&N Brown Nick".....	178
Кабардиев С. Ш., Шапиев Б. И., Карпущенко К. А. Патоморфологические изменения в органах цестоды <i>Avitellina centripunctata</i> (Rivolta, 1874) при авителлинозе овец на фоне применения композиции азинофена Kabardiev S. Sh., Shapiey B. I., Karpushchenko K. A. Pathomorphological changes in the organs of the cestode <i>Avitellina centripunctata</i> (Rivolta, 1874) in avitellinosis in sheep against the background of the use of the azinophene composition.....	189
Николаев С. И., Даниленко И. Ю., Карапетян А. К., Бубуёк А. В. Сравнительная оценка химического и аминокислотного состава полножирной сои и зерна люпина Nikolaev S. I., Danilenko I. Y., Karapetyan A. K., Bubuyok A. V. Comparative assessment of the chemical and amino acid composition of full-fat soybeans and lupine grain.....	196
Ткачева И. В., Мальцева Т. А., Яронтовский В. Е., Оганисян М. М. Новая углеводно-минеральная добавка для садкового выращивания осетровых видов рыб Tkacheva I. V., Maltseva T. A., Yarontovsky V. E., Oganisyan M. M. New carbohydrate-mineral additive for cage rearing of sturgeon fish species.....	201
Ухтверов А. М. Особенности роста и развития свиней крупной белой породы при различных уровнях кормления Ukhteverov A. M. Features of growth and development of large white pigs at different levels of feeding.....	209
Харламов А. В., Панин В. А., Ильин В. В. Продуктивность и минеральный состав шерсти коз в разном возрасте Kharlamov A. V., Panin V. A., Ilyin V. V. Productivity and mineral composition of goat wool at different ages.....	219
Арьков Д. П., Кочеткова О. В. Формализация и анализ бизнес-процесса производства рыбы в закрытых водоёмах Arkov D. P., Kochetkova O. V. Formalization and analysis of the business process of fish production in closed reservoirs.....	230
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 Zlepkin N. A., Salomatin 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.....	240
Килякова Ю. В., Мирошникова Е. П., Аринжанов А. Е., Мингазова М. С. Биологическое действие наноконцентра Zn-C на организм рыб Kilyakova Yu. V., Miroshnikova E. P., Arinzhanov A. E., Mingazova M. S. Biological effect of Zn-C nanocomposite on the fish organism.....	249
Судаков А. Н., Андрианов Е. А., Андрианов А. А., Скуратов Н. И. Биологическое обоснование положительного влияния на развитие эмбрионов повышенных температур в первые дни искусственной инкубации яиц птиц Sudakov A. N., Andrianov E. A., Andrianov A. A., Skuratov N. I. Biological substantiation of the positive effect on embryo development of elevated temperatures during the first days of avian eggs artificial incubation	256
Шперов А. С., Чамурлиев Н. Г., Мосолов А. А., Абдулхаликов А. М. Весовой рост и убойные качества баранчиков эдильбаевской породы при использовании в рационах кормления кормовой добавки «Лактувет-1» Shperov A. S., Chamurliiev N. G., Mosolov A. A., Abdulkhalikov A. M. Weight growth and slaughter qualities of sheep of the edilbaev breed when using the «Lactuvet-1» feed additive in feeding diets	263

Юрин Д. А., Бедило Н. А., Оsepчук Д. В., Головань В. Т. Изучение обеспечения кормами мясного скота и овец в Кавказском районе Кубани за счет использования естественных лугов и пастбищ Yurin D. A., Bedilo N. A., Osepchuk D. V., Golovan V. T. Study of feed supply for beef cattle and sheep in in the Kavkazsky district of Kuban through the use of natural meadows and pastelands.....	271
Дагаева А. Б., Махиева Б. М., Кабардиев С. Ш. Гельминтофауна бройлеров, выращиваемых на мелкотоварных птицефабриках с напольно-выгульным содержанием в условиях Республики Дагестан Dagayeva A. B., Makhieva B. M., Kabardiev S. Sh. Helminth fauna of broilers grown at small-scale poultry farms with floor and paddock housing in the conditions of the republic of Dagestan.....	278
Убушиева В. С., Убушиева А. В., Чимидова Н. В., Бадмаева К. Е. Взаимосвязь некоторых генов с хозяйственно-ценными признаками крупного рогатого скота калмыцкой породы (обзор) Ubushieva V. S., Ubushieva A. V., Chimidova N. V., Badmaeva K. E. The relationship of some genes with economically valuable traits of kalmyk cattle (review).....	284
Каширина А. А. Влияние белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» на товарные качества радужной форели Kashirina A. A. The effect of the protein-containing feed concentrate "Gorlinka" on the commercial qualities of rainbow trout.....	293
АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES	
Цепляев В. А., Цепляев А. Н., Лебедь Н. И., Токарев К. Е. Моделирование и аппаратно-программная реализация автоматизированной системы мониторинга сорной растительности в посевах сельскохозяйственных культур и управление дифференцированным внесением гербицидов Tseplyaev V. A., Tseplyaev A. N., Lebed N. I., Tokarev K. E. Modeling and hardware-software implementation of an automated system for monitoring weeds in agricultural crops and managing variable-rate herbicide application.....	302
Овчинников А. С., Майер А. В. Новая технология возделывания ягодных и овощных культур Ovchinnikov A. S., Mayer A. V. New technology of cultivation of berry and vegetable crops.....	311
Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Использование цементной пыли в замкнутом цикле производства промышленности в сельском хозяйстве Borisenko I. B., Meznikova M. V., Ulybina E. I. The use of cement dust in the closed cycle of industrial production in agriculture.....	318
Воронин С. М., Эвиев В. А., Салаев Б. К., Юдаев И. В. Энергетика Республики Калмыкия. Состояние и перспективы Voronin S. M., Eviev V. A., Salaev B. K., Yudaev I. V. Energy Sector of the Republic of Kalmykia. Current State and Prospects.....	325
Дрововозова Т. И., Красовская Н. Н., Марьяш С. А. Конструкция локальных очистных сооружений очистки минерализованного дренажного стока с орошаемых земель Drovovozova T. I., Krasovskaya N. N., Mariach S. A. Design of local treatment facilities for the treatment of mineralized drainage runoff from irrigated lands.....	336

Лимаренко Н. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Митрохин С. В. Статистическая модель оценки удельной энергоёмкости при обеззараживании свежего свиного бесподстилочного навоза Limarenko N. V., Uspensky I. A., Yukhin I. A., Mitrokhin S. V. Statistical model for assessing the specific energy consumption during disinfection of fresh pig litterless manure.....	344
Несмиянов И. А., Воробьева Н. С., Бочарников В. С., Иванов А. Г., Дяшкин-Титов В. В., Дяшкин А. В. Роботизированный модуль для укладки мульчирующей пленки и системы капельного орошения Nesmiyanov I. A., Vorob'eva N. S., Bocharnikov V. S., Ivanov A. G., Dyashkin-Titov V. V., Dyashkin A. V. Robotic module for mulch film laying and drip irrigation system.....	352
Цепляев А. Н. Ресурсосберегающие технологии и средства при возделывании сельскохозяйственных культур с обогащенным гидрогелем на богаре и в орошении Tseplyaev A. N. Resource-saving technologies and tools in the cultivation of crops with enriched hydrogel on rain-fed farming and in irrigation.....	360
Васильева Е. В., Федоров В. М. Резервы сырьевой базы мелиоративного строительства Vasilyeva E. V., Fedorov V. M. Reserves of the raw material base of reclamation construction.....	369
Даус Ю. В., Харченко С. Н., Панченко В. А. Анализ эффективности использования ограждающих конструкций зданий для размещения фотоэлектрических батарей Daus Yu. V., Kharchenko S. N., Panchenko V. A. Analysis of the efficiency of using building envelopes for the placement of photovoltaic batteries.....	382
Евдокимов А. П., Николаев С. И., Воронцова Е. С., Кондратьев А. Н., Шкаленко В. В., Даниленко И. Ю. Сбор и анализ данных о составе воздушной среды в птичнике при выращивании цыплят-бройлеров Evdokimov A. P., Nikolaev S. I., Vorontsova E. S., Kondratyev A. N., Shkalenko V. V., Danilenko I. Yu. Acquisition and analysis of data on the composition of the air environment in the poultry house during growing of broiler chickens.....	390
Хамуев В. Г., Пехальский И. А., Герасименко С. А., Борзенко С. И. Разработка рабочего органа вертикального пневмоканала для очистки шрота подсолнечника Khamuev V. G., Pehalsky I. A., Gerasimenko S. A., Borzenko S. I. Development of the working body of a vertical pneumatic channel for cleaning sunflower meal.....	402
Борзенко С. И., Герасименко С. А. Определение положения сужающих перегородок в глубоком пневмоканале при очистке высокочаще загрязнённого соевого материала Borzenko S. I., Gerasimenko S. A. Determination of the position of constricting baffles in a deep pneumatic duct during cleaning of highly contaminated soybean material.....	411
Винокурова И. Н., Трушев В. В., Мазанов Р. Р., Тарасьянц С. А. Эксплуатационный технологический процесс гидромеханического оборудования с использованием линии рециркуляции и остаточного напора в напорных трубопроводах насосных станций Vinokurova I. N., Trushev V. V., Mazanov R. R., Tarasyants S. A. Operational technological process of hydromechanical equipment using a recirculation and residual head line in pressure pipelines of pumping stations.....	419

Дмитриев К. С.

Экспериментальные исследования параметров макетного образца электротранспортного средства для зерноуборочных работ в селекции и семеноводстве

Dmitriev K. S.

Experimental studies of the parameters of a model sample of an electric vehicle for grain harvesting works in breeding and seed production..... 428

Куприянов А. А., Мелихова Е. В.

Математическое моделирование границ контуров увлажнения при капельном орошении в условиях южных черноземов

Kupriyanov A. A., Melikhova E. V.

Mathematical modeling of the boundaries of moisture contours during drip irrigation in the conditions of southern chernozems..... 438

Аммосов И. Н., Дондоков Ю. Ж., Дринча В. М., Ямпиров С. С., Борисенко И. Б.

Технологические основы и практика охлаждения зерна аэрированием

Ammosov I. N., Dondokov Y. Z., Drincha V. M., Jampilov S. S., Borisenko I. B.

Technological basics and practice of grain aeration cooling..... 448

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS 362

**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 № 5 (77), 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 31.10.2024.
Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 275.
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 № 5 (77), 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 31.10.2024.
Edition 1000 (first factory 100). Order 275.
Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»
400002, Volgograd, University Avenue, 26.

Free price