

# **ИЗВЕСТИЯ**

**НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:**

**НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

**№ 2 (74), 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**

**№ 2 (74), 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****№ 2 (74), 2024****Группы специальностей:**

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

**ББК 4 (2Рос–4Вор)  
И-33**THE MAGAZINE FOUNDER  
Volograd state  
agrarian university**ISSN 2071-9485  
DOI: 10.32786/2071-9485****№ 2 (74), 2024****Specialty groups:**

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

**ИЗВЕСТИЯ**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:  
наука и высшее профессиональное образование**№ 2 (74), 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

**PROCEEDINGS**of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:  
science and higher vocational education**№ 2 (74), 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.cnsbh.ru/AKDiL/akad/base/RK/000534.shtm>

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

**International Editorial Board  
of the Scientific Journal**

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

**Deputy Editor in Chief:**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*Петрович Милан*, доктор биотехнических (сель-  
скохозяйственных) наук, профессор, зам. дирек-  
тора по науке, Институт животноводства,  
г. Белград, Земун (Сербия)

*Сейдави Алиреза*, доктор наук, профессор кафед-  
ры кормления с.-х. животных факультета зоо-  
технии, гл. редактор Иранского журнала при-  
кладной 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 госу-  
дарственного аграрного университета, г. Таш-  
кент (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 эконо-  
мики, Белград (Сербия)  
[http://www.ecinst.org.rs/sites/default/files/page-  
files/dragan-sagovnovic-eng.pdf](http://www.ecinst.org.rs/sites/default/files/page-files/dragan-sagovnovic-eng.pdf)

*Шеварлич Миладин М.*, доктор агроэкономиче-  
ских наук, профессор экономики сельского хо-  
зяйства и кооперативов, заведующий кафедрой  
экономики сельского хозяйства и рынка Бел-  
градского университета, председатель Общества  
агроэкономистов Сербии (Сербия)

*Шилерова Эдита*, Ph.D., член Академического сена-  
та Чешского земледельческого университета в Праге  
[http://wp.czu.cz/cs/index.php/?r=1071&mp=  
person.info&idClovek=39](http://wp.czu.cz/cs/index.php/?r=1071&mp=person.info&idClovek=39)

*Щедрин В.Н.*, академик РАН, доктор техниче-  
ских наук, профессор

*Ятусевич А.И.*, академик РАН, доктор ветери-  
нарных 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 (agri-  
cultural 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, Di-  
rector of the Science and Technology Division of  
the Islamic Azad University, Rasht Branch (Iran)

*Semenenko S.Ya.*, Doctor of Agricultural Sci-  
ences, Professor, Chief Researcher, VNIIOZ

*Sulaimonov B.A.*, academician of the Acad-  
emy of Sciences of the Republic of Uzbeki-  
stan, Doctor of Biological Sciences, Rector of  
the Tashkent State Agrarian University, Tash-  
kent (Uzbekistan)

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

*Shagovnovich Dragan A.*, Director of the In-  
stitute of Economics, Belgrade (Serbia)

*Shevarlich Miladin M.*, Doctor of Agricultural  
Economics, Professor of Agricultural Eco-  
nomics and Cooperatives, Head of the De-  
partment of Agricultural Economics and Mar-  
ket, University of Belgrade, Chairman of the  
Society of Agro-Economists of Serbia (Serbia)

*Shilerova Edith*, Ph.D., member of the Aca-  
demic Senate of the Czech Agricultural Uni-  
versity 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 агробιοтехнологий, 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **4.2. Зоотехния и ветеринария**

#### **4.2. Animal science and veterinary medicine**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 4.2.3. Infectious diseases and animal immunology (veterinary sciences)

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

#### 4.2.5. 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

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

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

*Чеходарики 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

*Сложенкина 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

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

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

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

#### 4.2.5 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

*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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*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)**

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

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

*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

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

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

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

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

*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)**

**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)

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

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

*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

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

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

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

#### 4.3.3. Пищевые системы (биологические науки)

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

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

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

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

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

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

*Золотоконова 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

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

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

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

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

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

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

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-01

BIOENERGETIC ASSESSMENT OF CULTIVATION OF GRAIN CROPS  
ON PLACOR LANDSCAPES<sup>1</sup>Voronov S. I., <sup>1,2</sup>Pleskachev Yu. N., <sup>3,4</sup>Astarkhanova T. S., <sup>5</sup>Nagaev M. R.<sup>1</sup>Federal Research Center "Nemchinovka"  
Moscow, Russian Federation<sup>2</sup>Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation<sup>3</sup>Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov  
Makhachkala, Dagestan Republic, Russian Federation<sup>4</sup>Peoples' Friendship University of Russia  
Moscow, Russian Federation<sup>5</sup>Chechen State University named after A. A. Kadyrov  
Grozny, Chechen Republic, Russian Federation

Corresponding author E-mail: pleskachiov@yandex.ru

Received 17.01.2023

Submitted 10.03.2024

## Summary

The article presents the results of a comparative bioenergetic assessment of grain crops in the mountainous landscapes of the Chechen Republic

## Abstract

**Introduction.** Increasing soil fertility is possible only through improving the system of agriculture and crop rotations, which should be based on agroecological principles, providing simultaneously with ensuring high productivity, reproduction of soil fertility, obtaining environmentally friendly products and preserving the environment. Therefore, the development and implementation of optimal crop rotations and basic tillage techniques based on modern working bodies is relevant today. **Objects of research.** Crops of winter and spring wheat, spring barley, chickpeas. **Materials and methods.** Research on the study of bioenergetic assessment of grain cultivation in four crop rotations and two plots with permanent crops of winter wheat and spring barley was carried out for five years from 2017 to 2021 in the steppe zone on a mountainous landscape in LLC Agrovín-Sultan of the Shelkovsky district of the Chechen Republic. **Results and conclusions.** The highest yield of winter wheat of 3.89 t/ha was established in a two-field crop rotation, that is, by 2.20 t/ha, or 130% more in comparison with permanent sowing. The highest yield of spring barley in the experiment on a flat landscape of 3.38 t/ha was established in a five-field crop rotation, which turned out to be 1.47 t/ha, or 77% more compared to permanent sowing. The highest yield of spring wheat was formed in the five-field crop rotation and amounted to 3.18 t/ha. When cultivating winter wheat in a two-field crop rotation, the energy efficiency coefficient was the highest and amounted to 4.20 units. The coefficient of energy efficiency in the cultivation of spring barley in permanent crops was 2.13 units. When cultivating spring barley in a five-field crop rotation, the energy efficiency coefficient was the highest and amounted to 3.77 units. When cultivating spring wheat in the four-field crop rotation "black steam – winter wheat – spring wheat – spring barley", the energy efficiency coefficient was 3.52 units. When cultivating spring wheat in the five-field crop rotation "black steam – winter wheat – spring wheat – chickpeas – spring barley", the energy efficiency coefficient increased to 3.59 units. When cultivating chickpeas on a flat landscape in a five-field crop rotation "black steam – winter wheat – spring wheat – chickpeas – spring barley", the energy efficiency coefficient was 3.47 units.

**Keywords:** placor landscapes, cultivation of cereal crops, yield of cereals.

**Citation.** Voronov S. I., Pleskachev Yu. N., Astarkhanova T. S., Nakhiev M. R. Bioenergetic assessment of cultivation of grain crops on placor landscapes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 13-20 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-01.

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

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

УДК 631.51

**БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР  
НА ПЛАКОРНЫХ ЛАНДШАФТАХ**<sup>1</sup>Воронов С. И., доктор биологических наук, член-корреспондент РАН<sup>1,2</sup>Плескачёв Ю. Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор<sup>3,4</sup>Астарханова Т. С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор<sup>5</sup>Нахаев М. Р., кандидат технических наук, доцент<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

<sup>3</sup>Дагестанский государственный аграрный университет им. М. М. Джембулатова

г. Махачкала, Российская Федерация

<sup>4</sup>Российский университет дружбы народов

г. Москва, Российская Федерация

<sup>5</sup>Чеченский государственный университет им. А. А. Кадырова

г. Грозный, Российская Федерация

**Актуальность.** Повышение плодородия почв возможно только за счёт совершенствования системы земледелия и севооборотов, которые должны строиться на агроэкологических принципах, предусматривающих одновременно с обеспечением высокой продуктивности, воспроизводство почвенного плодородия, получения экологически чистой продукции и сохранения окружающей среды. Поэтому разработка и внедрение оптимальных севооборотов и приёмов основной обработки почвы на основе современных рабочих органов актуального и на сегодняшний день. **Объекты исследований.** Посевы озимой и яровой пшеницы, ярового ячменя, нута. **Материалы и методы.** Исследования по изучению биоэнергетической оценки возделывания зерновых культур в четырёх севооборотах и двух участках с бессменными посевами озимой пшеницы и ярового ячменя проводили на протяжении пяти лет с 2017 по 2021 годы в степной зоне на плакорном ландшафте в ООО «Агровин-Султан» Шелковского района Чеченской Республики. **Результаты и выводы.** Наибольшая урожайность озимой пшеницы 3,89 т/га установлена в двухпольном севообороте, то есть на 2,20 т/га, или на 130% больше в сравнении с бессменным посевом. Наибольшая урожайность ярового ячменя в опыте на плакорном ландшафте 3,38 т/га установлена в пятипольном севообороте, что оказалась на 1,47 т/га, или на 77% больше по сравнению с бессменным посевом. Наибольшая урожайность яровой пшеницы формировалась в пятипольном севообороте и составила 3,18 т/га. При возделывании озимой пшеницы в двухпольном севообороте коэффициент энергетической эффективности был самым высоким и составлял 4,20 единицы. Коэффициент энергетической эффективности при возделывании ярового ячменя в бессменных посевах составлял 2,13 единицы. При возделывании ярового ячменя в пятипольном севообороте коэффициент энергетической эффективности был самым высоким и составлял 3,77 единицы. При возделывании яровой пшеницы в четырёхпольном севообороте «чёрный пар – озимая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень» коэффициент энергетической эффективности составлял 3,52 единицы. При возделывании яровой пшеницы в пятипольном севообороте «чёрный пар – озимая пшеница – яровая пшеница – нут – яровой ячмень» коэффициент энергетической эффективности возрастал до 3,59 единицы. При возделывании нута на плакорном ландшафте в пятипольном севообороте «чёрный пар – озимая пшеница – яровая пшеница – нут – яровой ячмень» коэффициент энергетической эффективности составлял 3,47 единицы.

**Ключевые слова:** плакорные ландшафты, возделывание зерновых культур, урожайность зерновых культур.

**Цитирование.** Воронов С. И., Плескачёв Ю. Н., Астарханова Т. С., Нахаев М. Р. Биоэнергетическая оценка возделывания зерновых культур на плакорных ландшафтах. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 13-20. DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-01.

**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.** Зерновые культуры пшеница и ячмень являются основными культурными растениями плакорных ландшафтов Юга России [1-6].

Значение этих культур в жизни населения и экономическом аспекте, как России в целом, так и данного региона в отдельности очень велико, поэтому совершенствование технологий их возделывания является стратегической задачей [7-9].



Научными исследованиями по изучению влияния тех или иных факторов на продуктивность зерновых культур на Северном Кавказе в последнее время занимались Э. Д. Адиньяев, Г. Н. Гасанов, С. А. Курбанов, Д. С. Магомедова, Н. Р. Магомедов, К. У. Куркиев и многие другие учёные [10-12].

Однако важно не только добиться наивысших показателей продуктивности растений, но и оценить их возделывание с точки зрения биоэнергетической эффективности [13-15].

Цель исследования: биоэнергетическая оценка возделывания зерновых культур в различных севооборотах на плакорных ландшафтах Чеченской Республики.

**Материалы и методы.** Исследования проводили на протяжении пяти лет с 2017 по 2021 годы в степной зоне на плакорном ландшафте в ООО «Агровин-Султан» Шелковского района Чеченской Республики.

Объектом исследований являлись посевы озимой и яровой пшеницы, ярового ячменя, нута.

В опыте изучались четыре севооборота и два участка с бессменными посевами озимой пшеницы и ярового ячменя. Вариант 1 – бессменный посев: пшеница озимая мягкая; Вариант 2 – бессменный посев: ячмень яровой; Вариант 3 – двупольный парозерновой севооборот: пар черный – пшеница озимая мягкая; Вариант 4 – трехпольный зернопаровой севооборот: пар черный – пшеница озимая мягкая – ячмень яровой; Вариант 5 – четырехпольный зернопаровой севооборот (контроль): пар черный – пшеница озимая мягкая – пшеница яровая мягкая – ячмень яровой; Вариант 6 – пятипольный зернопаропропашной севооборот: пар черный – пшеница озимая мягкая – пшеница яровая мягкая – нут – ячмень яровой.

Длина посевных делянок составляла 30 метров, ширина 12 метров. Площадь опытной делянки 360 м<sup>2</sup>, ее учетная часть 208 м<sup>2</sup> (26 метров на 8 метров), со всех сторон обрезаюсь по 2 метра, повторность четырехкратная.

В опыте высевались: пшеница озимая мягкая сорт Капитан, пшеница яровая мягкая сорт Курьер, ячмень яровой сорт Богатырь, нут сорт Волжанин 50.

Учет фактической урожайности проводился методом прямого комбайнирования делянок в фазу полной спелости зерна.

Биоэнергетическую оценку возделывания зерновых культур проводили по методике В. В. Коринца.

**Результаты и обсуждение.** Данные рисунка 1 показывают, что наибольшая урожайность озимой пшеницы 3,89 т/га в среднем за 2017-2021 годы установлена на варианте № 3 в двухпольном севообороте, то есть на 2,20 т/га, или на 130% больше в сравнении с бессменным посевом.

Наименьшая урожайность ярового ячменя возделываемого сорта Богатырь установлена на варианте № 2 при бессменных посевах и равнялась 1,91 т/га.

На варианте № 5 в четырехпольном севообороте урожайность ярового ячменя оказалась на 1,27 т/га, или на 66% больше в сравнении со вторым вариантом (бессменный посев ярового ячменя) и составляла 3,18 т/га.

На варианте № 4 в трехпольном севообороте урожайность ярового ячменя оказалась на 1,45 т/га, или на 75% больше в сравнении со вторым вариантом (бессменный посев ярового ячменя) и составляла 3,36 т/га.

Наибольшая урожайность ярового ячменя в опыте на плакорном ландшафте 3,38 т/га установлена на варианте № 6 в пятипольном севообороте, что оказалась на 1,47 т/га, или на 77% больше по сравнению со вторым вариантом.

Наименьшая урожайность яровой пшеницы возделываемого сорта Курьер формировалась на варианте № 5 в четырехпольном севообороте и равнялась 3,12 т/га.

Наибольшая урожайность яровой пшеницы формировалась на варианте № 6 в пятипольном севообороте и составила 3,18 т/га, то есть на 0,06 т/га, или на 2% больше в сравнении с пятым вариантом.

Урожайность нута сорта Волжанин 50, который возделывался на плакорном ландшафте в опыте на варианте № 6 в пятипольном севообороте в среднем за 2017-2021 годы равнялась 2,84 т/га.

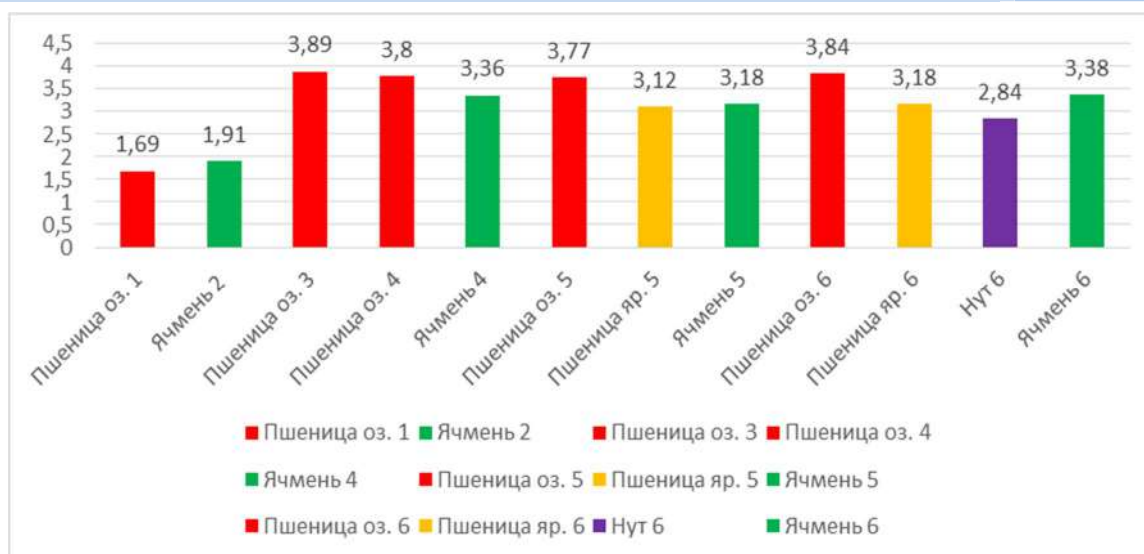


Рисунок 1 – Урожайность зерновых культур на плакорном ландшафте, среднее 2017-2021 гг., т/га  
Figure 1 – Grain yield on the marble landscape, average 2017-2021, t/ha

Данные рисунка 2 показывают, что наименьшее содержание обменной энергии в урожае возделываемых в изучаемых севооборотах и бессменных посевах озимой пшеницы и ярового ячменя в среднем за 2017-2021 годы установлено на бессменных в течение пяти лет посевах озимой пшеницы и равнялось на плакорном ландшафте 27800 МДж/га. На бессменных в течение пяти лет посевах ярового ячменя обменной энергии в урожае сохранилось на 13% больше. Озимая пшеница, при возделывании на плакорном ландшафте в двухпольном севообороте «чёрный пар – озимая пшеница» (вариант 3) накапливала энергии на 130% больше по сравнению с её бессменными посевами. При возделывании в трёхпольном севообороте «чёрный пар – озимая пшеница – яровой ячмень» (вариант 4) озимая пшеница накапливала энергии на 125% больше по сравнению с её бессменными посевами. При возделывании в четырёхпольном севообороте «чёрный пар – озимая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень» (вариант 5) накапливала энергии на 123% больше по сравнению с её бессменными посевами. При возделывании в пятипольном севообороте «чёрный пар – озимая пшеница – яровая пшеница – нут – яровой ячмень» (вариант 6) озимая пшеница накапливала энергии на 127% больше по сравнению с её бессменными посевами.

При возделывании ярового ячменя на плакорном ландшафте в трёхпольном севообороте «чёрный пар – озимая пшеница – яровой ячмень» (вариант 4) энергии накапливалось на 75% больше по сравнению с его бессменными посевами. При возделывании ярового ячменя на плакорном ландшафте в четырёхпольном севообороте «чёрный пар – озимая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень» (вариант 5) энергии накапливалось на 70% больше по сравнению с его бессменными посевами. При возделывании ярового ячменя на плакорном ландшафте в пятипольном севообороте «чёрный пар – озимая пшеница – яровая пшеница – нут – яровой ячмень» (вариант 6) энергии накапливалось на 77% больше по сравнению с его бессменными посевами.

Пшеница яровая при возделывании на плакорном ландшафте в четырёхпольном севообороте «чёрный пар – озимая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень» (вариант 5) накапливала 51823 МДж/га энергии. При возделывании в пятипольном севообороте «чёрный пар – озимая пшеница – яровая пшеница – нут – яровой ячмень» (вариант 6) пшеница яровая накапливала энергии на 997 МДж/га больше, чем в четырёхпольном севообороте.

При возделывании в пятипольном севообороте «чёрный пар – озимая пшеница – яровая пшеница – нут – яровой ячмень» (вариант 6) в среднем за 2017-2021 годы нут накапливал энергии 50751 МДж/га.

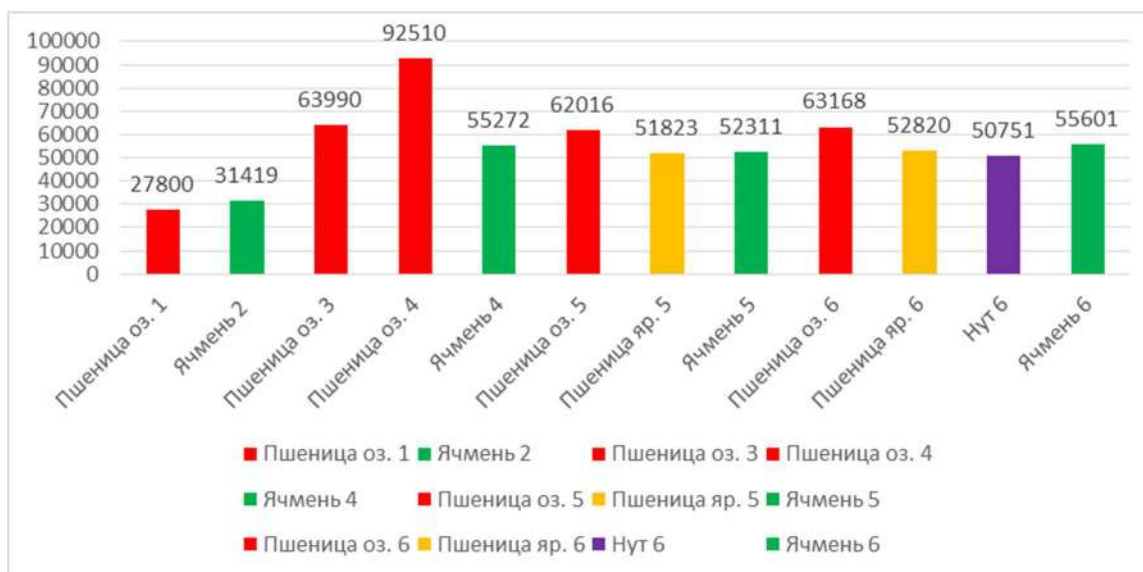


Рисунок 2 – Содержание энергии в урожае зерновых культур на плакорном ландшафте, среднее 2017-2021 гг., МДж/га

Figure 2 – The energy content of grain crops in the landscape, average 2017-2021, MJ/ha

Данные рисунка 3 показывают, что затраты энергии при возделывании озимой пшеницы в условиях плакорного ландшафта составляли 15228 МДж/га. Затраты энергии при возделывании ярового ячменя и яровой пшеницы составляли 14728 МДж/га. Затраты энергии при возделывании нута составляли 14603 МДж/га.

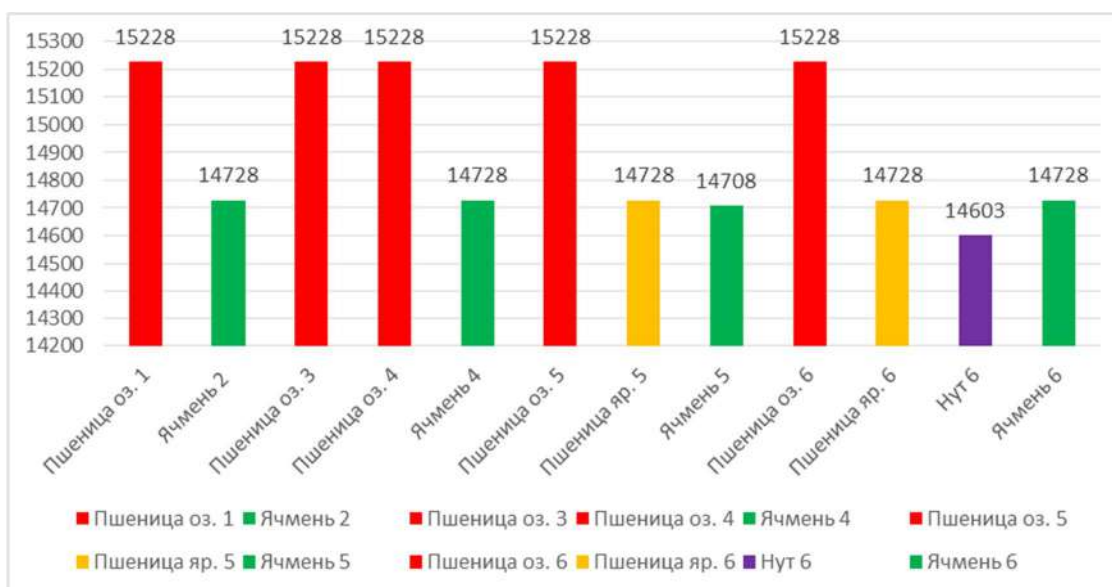


Рисунок 3 – Затраты энергии при возделывании зерновых культур в условиях плакорного ландшафта, среднее 2017-2021 гг., МДж/га

Figure 3 – Energy consumption in the cultivation of grain crops in the conditions of a mountainous landscape, average 2017-2021, MJ/ha

Данные рисунка 4 показывают, что коэффициент энергетической эффективности при возделывании озимой пшеницы в бессменных посевах составлял 1,83 единицы. При возделывании озимой пшеницы в четырёхпольном севообороте (вариант 5) коэффициент энергетической эффективности возрастал до 4,07 единицы. При возделывании озимой пшеницы в двухпольном севообороте (вариант 3) коэффициент энергетической эффективности был самым высоким и составлял 4,20 единицы.

Коэффициент энергетической эффективности при возделывании ярового ячменя в бессменных посевах составлял 2,13 единицы. При возделывании ярового ячменя в пятипольном севообороте (вариант 6) коэффициент энергетической эффективности был самым высоким и составлял 3,77 единицы.

При возделывании яровой пшеницы в четырёхпольном севообороте «чёрный пар – озимая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень» (вариант 5) коэффициент энергетической эффективности составлял 3,52 единицы. При возделывании яровой пшеницы в пятипольном севообороте «чёрный пар – озимая пшеница – яровая пшеница – нут – яровой ячмень» (вариант 6) коэффициент энергетической эффективности возрастал до 3,59 единицы.

При возделывании нута на плакорном ландшафте в пятипольном севообороте «чёрный пар – озимая пшеница – яровая пшеница – нут – яровой ячмень» (вариант 6) коэффициент энергетической эффективности составлял 3,47 единицы.

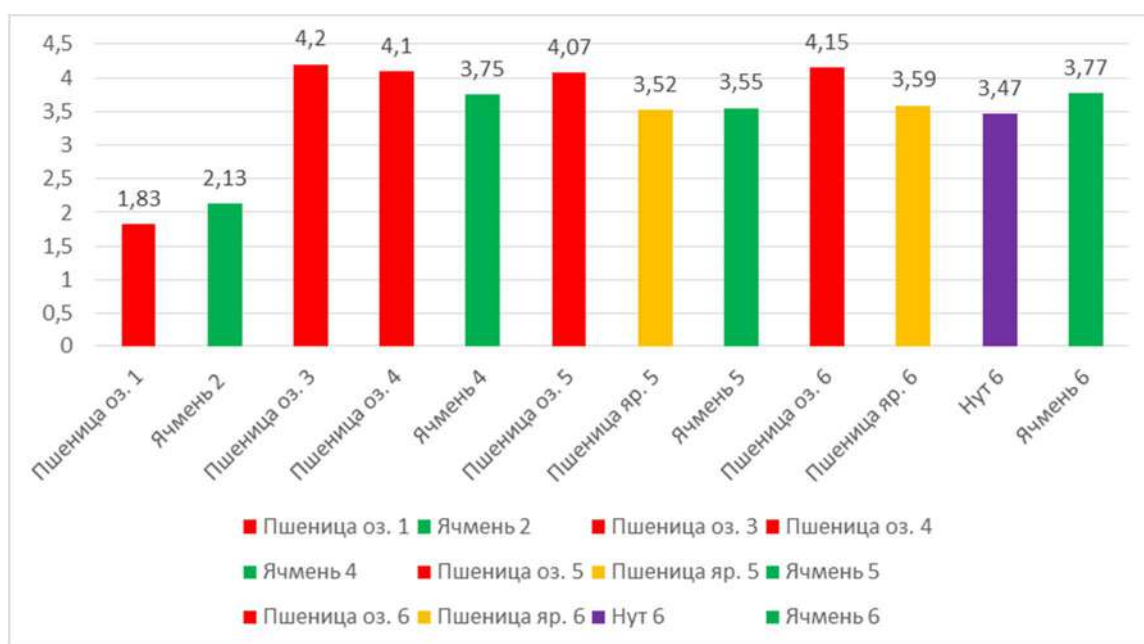


Рисунок 4 – Коэффициенты энергетической эффективности при возделывании зерновых культур в условиях плакорного ландшафта, среднее 2017-2021 гг., ед.  
Figure 4 – Energy efficiency coefficients for the cultivation of grain crops in the conditions of a mountainous landscape, average 2017-2021, units

**Выводы.** В результате проведённой биоэнергетической оценки возделывания зерновых культур в различных севооборотах на плакорных ландшафтах Чеченской Республики с 2017 по 2021 годы было установлено, что наибольший коэффициент энергетической эффективности формировался при возделывании озимой пшеницы в двухпольном севообороте (вариант 3) и составлял 4,20 ед. Наименьший коэффициент энергетической эффективности установлен при возделывании озимой пшеницы в бессменных посевах и составлял 1,83 ед.

**Conclusions.** As a result of the bioenergetic assessment of the cultivation of grain crops in various crop rotations on the upland landscapes of the Chechen Republic from 2017 to 2021, it was found that the highest energy efficiency coefficient was formed when cultivating winter wheat in a two-field crop rotation (option 3) and amounted to 4.20 units. The lowest energy efficiency coefficient was established when cultivating winter wheat in permanent crops and amounted to 1.83 units

#### Библиографический список

1. Нахаев М. Р., Плескачев Ю. Н., Собралиева Э. А. Севообороты зерновой специализации на плакорных ландшафтах Чеченской республики. Аграрная Россия. 2023. № 6. С. 8-11.
2. Дригидер В. К., Кацаев Е. А., Стукалов Р. С., Паньков Ю. И., Войцецовская С. С. Влияние технологии возделывания сельскохозяйственных культур на их урожайность и экономическую эффективность в севообороте. Земледелие. 2015. № 7. С. 20-23.
3. Нахаев М. Р., Плескачев Ю. Н., Собралиева Э. А. Возделывание зерновых культур на склоновых ландшафтах Чеченской республики. Аграрная Россия. 2023. № 7. С. 27-30.



4. Гимбатов А. Ш., Исмаилов А. Б., Алимйрзаева Г. А., Омарова Е. К. Оптимизация минерального питания различных сортов озимой пшеницы в условиях равнинной зоны Дагестана. Проблемы развития АПК региона. 2016. № 3 (27). С. 29-33.
5. Гаева Э. А. Биоэнергетическая оценка способов основной обработки почвы при возделывании зерновых культур в Ростовской области. Аграрная Россия. 2020. № 8. С. 31-35.
6. Астарханов И. Р., Пакина Е. Н., Заргар М., Алибалаева Л. И. Анализ фитосанитарного риска вредных организмов при экспорте и импорте зерна пшеницы. Проблемы развития АПК региона. 2019. № 4 (40). С. 11-18.
7. Айсанов Т. С., Есаулко А. Н., Сигида М. С., Голосной Е. В., Коростылев С. А. Влияние систем удобрений на химический состав растений и технологические показатели зерна озимой пшеницы Проблемы развития АПК региона. 2015. № 3 (23). С. 4-7.
8. Гасанов Г. Н., Пакина Е. Н., Асварова Т. А., Гаджиев К. М., Баширов Р. Р. Пожнивной фитоценоз как предшественник озимой пшеницы в районах орошаемого земледелия Дагестана. Проблемы развития АПК региона. 2021. № 1 (45). С. 30-36.
9. Адиньяев Э. Д., Цицкиев З. М. Особенности формирования урожая и качества зерна озимой пшеницы при поздних сроках сева. Известия ФГБОУ ВПО Горский ГАУ. Т. 49. Ч. 3-4. 2012. С. 3-10.
10. Гасанов Г. Н., Аджиев А. М., Магомедов Н. Р., Айтемиров А. А., Салихов С. А. Продуктивность озимой пшеницы по чистому и занятому парам в зависимости от систем обработки почвы по почвенно-географическим подпровинциям Дагестана. Проблемы развития АПК региона. 2013. № 4 (16). С. 13-18.
11. Курбанов С. А. Земледелие. М.: Юрайт, 2020. 275 с.
12. Магомедов Н. Р., Халилов М. Б., Бедоева С. В., Абазова М. С. Эффективные приемы обработки почвы под озимую пшеницу в равнинной зоне Дагестана. Проблемы развития АПК региона. 2017. № 2 (30). С. 31-36.
13. Куркиев К. У., Мукайлов М. Д., Джамбулатов М. А. Сравнительная характеристика сортообразцов пшеницы и тритикале при выращивании в различных агроэкологических условиях Дагестана. Проблемы развития АПК региона. 2014. № 2 (18). С. 25-29.
14. Магомедов Н. Р., Сулейманов Д. Ю., Абдуллаев Ж. Н., Магомедов Н. Н., Гаджиев М. М. Формирование урожая зерна озимой твердой пшеницы при различном уровне минерального питания и систем обработки почвы. Проблемы развития АПК региона. 2020. № 3 (43). С. 88-92.
15. Ахмедова С. О., Курбанов С. А., Магомедов Н. Р., Магомедова Д. С. Роль приемов основной обработки почвы при возделывании сортов озимой пшеницы. Проблемы развития АПК региона. 2020. № 3 (43). С. 13-17.

#### References

1. Nakhaev M. R., Pleskachev Yu. N., Sobralieva E. A. Crop rotations of grain specialization in the mountainous landscapes of the Chechen Republic. Agrarian Russia. 2023. No. 6. Pp. 8-11.
2. Nakhaev M. R., Pleskachev Yu. N., Sobralieva E. A. Cultivation of grain crops on the slope landscapes of the Chechen Republic. Agrarian Russia. 2023. No. 7. Pp. 27-30.
3. Gayeva E. A. Bioenergetic assessment of methods of basic tillage in the cultivation of grain crops in the Rostov region. Agrarian Russia. 2020. No 8. Pp. 31-35.
4. Dridiger V. K., Kashchayev E. A., Stukalov R. S., Pankov Yu. I., Voitsetsovskaya S. S. The influence of crop cultivation technology on their productivity and economic efficiency in crop rotation. Agriculture. 2015. No 7. Pp. 20-23.
5. Gimbatov A. Sh., Ismailov A. B., Alimirzayeva G. A., Omarova E. K. Optimization of mineral nutrition of various varieties of winter wheat in the conditions of the plain zone of Dagestan. Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2016. No 3 (27). Pp. 29-33.
6. Astarkhanov I. R., Pakina E. N., Zargar M., Alibalaeva L. I. Analysis of the phytosanitary risk of harmful organisms in the export and import of wheat grain. Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2019. No 4 (40). Pp. 11-18.
7. Aisanov T. S., Esaulko A. N., Sigida M. S., Golosnoy E. V., Korostylev S. A. The influence of fertilizer systems on the chemical composition of plants and technological indicators of winter wheat grain Problems of the agro-industrial complex of the region. 2015. No 3 (23). Pp. 4-7.
8. Hasanov G. N., Pakina E. N., Asvarova T. A., Gadzhiev K. M., Bashirov R. R. Crop phytocenosis as a precursor of winter wheat in the areas of irrigated agriculture of Dagestan. Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2021. No 1 (45). Pp. 30-36.
9. Adinyayev E. D., Tsitskiev Z. M. Features of crop formation and grain quality of winter wheat at late sowing dates. Izvestiya FGBOU VPO Gorsky GAU. Vol.49, Part 3-4. 2012. Pp. 3-10.
10. Hasanov G. N., Adzhiev A. M., Magomedov N. R., Aitemirov A. A., Salikhov S. A. Productivity of winter wheat in pure and occupied pairs depending on tillage systems according to the soil-geographical subprovinces of Dagestan. Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2013. No 4 (16). Pp. 13-18.
11. Kurbanov S. A. Agriculture. M.: Yurayt, 2020. 275 p.
12. Magomedov N. R., Khalilov M. B., Bedoeva S. V., Abazova M. S. Effective methods of tillage for winter wheat in the plain zone of Dagestan. Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2017. No 2 (30). Pp. 31-36.
13. Kurkiev K. U., Mukailov M. D., Dzhambulatov M. A. Comparative characteristics of wheat and triticale varieties grown in various agroecological conditions of Dagestan. Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2014. No 2 (18). Pp. 25-29.
14. Magomedov N. R., Suleymanov D. Yu., Abdullaev Zh. N., Magomedov N. N., Gadzhiev M. M. Grain yield formation of winter durum wheat at different levels of mineral nutrition and tillage systems. Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2020. No 3 (43). Pp. 88-92.
15. Akhmedova S. O., Kurbanov S. A., Magomedov N. R., Magomedova D. S. The role of basic tillage techniques in cultivating winter wheat varieties. Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2020. No 3 (43). Pp. 13-17.



## Информация об авторах

**Воронов Сергей Иванович**, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, директор Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФИЦ «Немчиновка»), (Российская Федерация, 143026, Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8103-3909>, e-mail: [vsio8@mail.ru](mailto:vsio8@mail.ru)

**Плескачев Юрий Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель научного направления «Технологический центр по земледелию» Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФИЦ «Немчиновка»), (Российская Федерация, 143026, Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), профессор кафедры «Земледелие и агрохимия», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5771-5021>, e-mail: [pleskachiov@yandex.ru](mailto:pleskachiov@yandex.ru)

**Астарханова Тамара Саржановна**, доктор биологических наук, профессор Дагестанского государственного аграрного университета им. М. М. Джембулатова (Российская Федерация, 367032, Республика Дагестан, Махачкала, ул. Магомеда Гаджиева, д. 180) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: [tamara\\_ast@mail.ru](mailto:tamara_ast@mail.ru)

**Нахаев Магомед Рамзанович**, кандидат технических наук, доцент Чеченского государственного университета им. А. А. Кадырова (Российская Федерация, 364024, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. А. Шерипова, д. 32), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: [mr-nakhaev@mail.ru](mailto:mr-nakhaev@mail.ru)

## Author's Information

**Voronov Sergey Ivanovich**, Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center Nemchinovka (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoy Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8103-3909>, e-mail: [vsio8@mail.ru](mailto:vsio8@mail.ru)

**Pleskachev Yuri Nikolaevich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the scientific direction "Technological Center for Agriculture" of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoy Boulevard, 30s1, Skolkovo Innovation Center), Professor of the Department of Agriculture and agrochemistry" of Volgograd State Agrarian University. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: [pleskachiov@yandex.ru](mailto:pleskachiov@yandex.ru)

**Astarkhanova Tamara Sarzhanovna**, Doctor of Biological Sciences, Professor of M.M. Dzhambulatov Dagestan State Agrarian University (Russian Federation, 367032, Republic of Dagestan, Makhachkala, Magomed Gadzhiev St., 180 ), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: [tamara\\_ast@mail.ru](mailto:tamara_ast@mail.ru)

**Nakhaev Magomed Ramzanovich**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Kadyrov Chechen State University (Russian Federation, 364024, Chechen Republic, Grozny, A. Sheripov str., 32), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: [mr-nakhaev@mail.ru](mailto:mr-nakhaev@mail.ru)

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

ECONOMIC EFFICIENCY OF SUGAR SORGHUM CULTIVATION IN THE CONDITIONS  
OF THE VOLGOGRAD REGION<sup>1</sup>Tyutyuma N. V., <sup>2</sup>Petrov N. Y., <sup>2</sup>Efremova E. N.<sup>1</sup>*Precaspian Agrarian Federal Center of the Russian Academy of Sciences  
village of Saline Zaymishche, Astrakhan region, Russian Federation*<sup>2</sup>*Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation*Corresponding author E-mail: [npetrov60@list.ru](mailto:npetrov60@list.ru)

Received 05.02.2024

Submitted 16.03.2024

## Summary

The article presents calculations of the economic efficiency of cultivating sugar sorghum in the conditions of the Volgograd region. Research on the cultivation of sugar sorghum is carried out with dump and zero tillage, as well as with the use of mineral fertilizers and a biostimulator of growth. The results of the study found that the greatest profitability was on the hybrid Slavic household.

## Abstract

**Introduction.** The amount of profit is greatly influenced by crop yield, cost and selling price. There is an inverse relationship between yield and cost, cost and profitability. The higher the yield, the lower the cost. The lower the cost, the higher the profitability. **Object.** The object of the study is sugar sorghum. **Materials and methods.** Field research was conducted in LLC AKH "Kuz-netsovskaya" Ilovinsky district of the Volgograd region. The assessment of economic efficiency was carried out at actual costs using a technological map, according to the recommendations of Kashinskaya E.N. et al. **Results and conclusions.** When calculating the economic efficiency of cultivating sugar sorghum, the most cost-effective indicators were on the Slavyansk household hybrid. For dump tillage, production costs for all variants of the experiment varied on average from 45450 to 52750 rubles/ha. The profitability of the Debut variety varied between 30...50%. On the hybrid, the Slavic household amounted to 101...124%. The highest profitability was shown by the option using the biostimulator of growth Lignohumate 1%, which was used to treat seeds before sowing. For zero tillage, production costs were lower than for dump processing. This is due to the least amount of mechanized operations in the field. The Slavyanskoe Priusadebnoe variety showed average profitability data, compared with the Debut variety and the Slavyanskoe Priusadebnoe hybrid. According to this tillage, the profitability of the Slavyanskoye Priusadebnoe hybrid varied between 130 and 156%. Also, this hybrid had the highest yield.

**Keywords:** sugar sorghum, economic efficiency of sugar sorghum cultivation, moldboard tillage, zero tillage.

**Citation.** Tyutyuma N. V., Petrov N. Y., Efremova E. N. Economic efficiency of sugar sorghum cultivation in the conditions of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 20-25 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-02.

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

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

УДК 633.174:631.5(470.45)

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОГО СОРГО В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

<sup>1</sup>Тютюма Н. В., доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН

<sup>2</sup>Петров Н. Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>2</sup>Ефремова Е. Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>1</sup>Федеральный научный центр «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»  
с. Соленое Займище, Астраханская область, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

**Актуальность:** На размер прибыли большое влияние оказывают урожайность культур, себестоимость и цена реализации. Между урожайностью и себестоимостью, себестоимостью и рентабельностью существует обратная зависимость. Чем выше урожайность, тем ниже себестоимость. Чем ниже себестоимость, тем выше рентабельность. **Объект.** Объектом исследования является сахарное сорго. **Материалы и методы.** Полевые исследования были проведены в ООО АКХ «Кузнецовская» Иловлинского района Волгоградской области. Оценка экономической эффективности проводилась по фактическим затратам с помощью технологической карты, согласно рекомендациям Кашинской Е. Н. и др. **Результаты и выводы.** При расчете экономической эффективности возделывания сахарного сорго наиболее рентабельные показатели были на гибриде Славянское приусадебное. По отвальной обработке почвы производственные затраты по всем вариантам опыта изменялись в среднем с 45450 до 52750 руб./га. Рентабельность по сорту Дебют варьировала в пределах 30...50%. На гибриде Славянское приусадебное составила 101...124%. Наибольшую рентабельность показал вариант с использованием биостимулятора роста Лигногумат 1%, которым обрабатывали семена перед посевом. По нулевой обработке почвы, производственные затраты были ниже, чем по отвальной обработке. Это связано с наименьшим количеством механизированных операций в поле. Сорт Славянское приусадебное показал средние данные рентабельности, по сравнению с сортом Дебют и гибридом Славянское приусадебное. По данной обработке почвы рентабельность на гибриде Славянское приусадебное изменялась в пределах 130 и 156%. Также на данном гибриде была самая высокая урожайность.

**Ключевые слова:** сахарное сорго, экономическая эффективность возделывания сахарного сорго, отвальная обработка почвы, нулевая обработка почвы.

**Цитирование.** Тютюма Н. В., Петров Н. Ю., Ефремова Е. Н. Экономическая эффективность возделывания сахарного сорго в условиях Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 20-25. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-02.

**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 ходе аграрной реформы в агропромышленном комплексе произошли значительные социально-экономические преобразования. Сформирована новая структура агропромышленного производства на основе функционирования различных организационно-правовых форм. Продолжается процесс интеграции сельскохозяйственных предприятий с перерабатывающими, обслуживающими организациями, повышается ответственность за финансовые результаты их хозяйственной деятельности.

В наших исследованиях расчет экономической эффективности по изучаемым культурам был произведен на основании расчетов прямых затрат по технологическим картам, нормам выработки и расхода топлива на все работы в поле, цен на материально – технические ресурсы и цен реализации полученной продукции [1, 2, 3, 4].

Одной из важнейшей составляющей экономической эффективности производства является рентабельность. При ее возрастании происходит увеличение и рост доходов производителей сельскохозяйственной продукции, появляется возможность приобретения но-

вой сельскохозяйственной техники, увеличения оплаты труда и поощрения за высокое качество работы, а также улучшения социальных условий жизни тружеников села. Наибольшую статью прямых затрат при расчете себестоимости производства сахароносных культур составили посадочный материал и ГСМ [5, 6].

Традиционные методы интенсивной обработки почвы рано или поздно приводят к снижению запаса почвенного гумуса, уменьшению почвенно-биологической активности и/или эрозии вплоть до деградации почвы, а также снижению урожайности [7, 8].

В результате нулевой обработки стерня растений остается в почве, глубина прорастания корней становится больше, что приводит к увеличению численности и активности в почве земляных червей и членистоногих. Это способствует накоплению гумуса в верхнем слое почвы наряду с увеличенными ходами корней, образовавшихся от предыдущих культур. Вот почему так важно применение севооборотов в управлении нулевой обработки. Севооборот, включающий такие культуры, как пшеница, сорго, кукуруза, рапс, люпин, соя приносит большую пользу не только для развития корней при нулевой обработке, но и помогает избежать болезней [9, 10, 11].

Цель исследования: провести расчет экономической эффективности возделывания сахарного сорго при различных агротехнических приемах.

**Материалы и методы.** Предшественником сахарного сорго была озимая пшеница. Опыт трехфакторный, размещен двумя блоками в четырехкратной повторности. Повторности размещены в два яруса, варианты – методом расщепления в два яруса, варианты – методом расщепления со смещением в каждой повторности на один вариант. Повторность эксперимента четырехкратная; размер посевных делянок длина – 20м, ширина делянки общая 7,8м. Площадь делянки общая 156 м<sup>2</sup>, учетных: длина 20 м, ширина – 5,6 м, площадь – 112 м<sup>2</sup>. Площадь учетных делянок – 1,07 га. Исследования проводились в ООО АКХ «Кузнецовское» Иловлинского района Волгоградской области. Период проведения исследований 2009...2015 гг.

Фактором А являются варианты:

А<sub>1</sub>: контроль – отвальная обработка почвы на глубину 0,23...0,25 м.

А<sub>2</sub>: нулевая обработка почвы.

Фактор В – сорта или гибрид.

|                |                         |
|----------------|-------------------------|
| В <sub>1</sub> | Дебют (контроль)        |
| В <sub>2</sub> | Славянское поле ВС      |
| В <sub>3</sub> | Славянское приусадебное |

Фактор С – биостимуляторы и минеральные удобрения, для повышения полевой всхожести и повышения роста вносились в начальные этапы развития.

|                |                                                             |
|----------------|-------------------------------------------------------------|
| С <sub>1</sub> | Контроль (без биостимулятора и минеральных удобрений)       |
| С <sub>2</sub> | Лигногумат*                                                 |
| С <sub>3</sub> | N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub> **         |
| С <sub>4</sub> | Лигногумат+N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub> |

\* – обработка семян сахарного сорго перед посевом биостимулятором Лигногумат 1%, расход рабочего раствора - 10 л/т семян (100 г/т).

\*\* – удобрения вносили в виде нитрофоски (N<sub>32</sub>P<sub>32</sub>K<sub>32</sub>) одновременно с посевом, оставшаяся часть в период вегетации растений с поливной водой (азот аммиачная селитра, фосфор – двойной суперфосфат, калий – калийная соль, до расчетных значений). Внесение удобрений было расчетным на планируемую урожайность 50 т/га зеленой массы сахарного сорго.

Оценку экономической эффективности проводили по фактическим затратам с помощью технологической карты, согласно рекомендациям Кашинской Е. Н. и др. [5].

**Результаты и обсуждение.** Проведенные расчеты экономической эффективности производства сахарного сорго показали, что самым затратным был сорт Славянское приусадебное. На варианте комплексного применения минерального удобрения и биостимулятора роста по отвальной обработке почвы, затраты средств составили 52799,9 руб./га, по нулевой обработке почвы затраты были меньше в среднем на 20%, что связано с наименьшим числом проведенных операций по данной обработке почвы, но затраты на гербициды компенсируют некоторые механические операции. Уровень рентабельности на варианте отвальной обработки изменялся с 101 до 124% на гибриде Славянское приусадебное, что объясняется самой высокой урожайностью данного гибрида (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние агротехнических приемов на экономическую эффективность возделывания сахарного сорго по отвальной обработке почвы, % (среднее за 2009-2015 гг.)  
Table 1 – The impact of agrotechnical techniques on the economic efficiency of cultivating sugar sorghum by dump tillage, % (average for 2009-2015)

| Фактор В /<br>Factor B                                                              | Фактор С /<br>Factor C                                                                                                                  | Урожай-<br>ность<br>зеленой<br>массы, т/га /<br>Yield of<br>green mass,<br>t/ha | Производ-<br>ственные<br>затраты<br>средств,<br>руб/га /<br>Production<br>costs,<br>RUB/ha | Себестои-<br>мость<br>зеленой<br>массы,<br>руб./т / Cost<br>of green<br>mass,<br>RUB/t | Стоимость<br>валовой<br>продукции,<br>руб./га /<br>Cost of<br>gross<br>output,<br>RUB/ha | Условно<br>чистый<br>доход,<br>руб./га /<br>Notially net<br>income,<br>RUB/ha | Рента-<br>бель-<br>ность, % /<br>Profitability<br>% |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Сорт Дебют /<br>Variety Debut                                                       | Контроль /<br>Control                                                                                                                   | 33,5                                                                            | 45467,4                                                                                    | 1545,5                                                                                 | 61975,0                                                                                  | 16327,6                                                                       | 35                                                  |
|                                                                                     | Лигногумат                                                                                                                              | 37,2                                                                            | 45587,6                                                                                    | 1396,6                                                                                 | 68820,0                                                                                  | 23232,4                                                                       | 50                                                  |
|                                                                                     | N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub>                                                                                        | 36,8                                                                            | 52192,1                                                                                    | 32650,1                                                                                | 68080,0                                                                                  | 15887,9                                                                       | 30                                                  |
|                                                                                     | Лигногумат +<br>N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub>                                                                        | 40,1                                                                            | 52369,9                                                                                    | 32704,3                                                                                | 74185,0                                                                                  | 21815,1                                                                       | 42                                                  |
| Сорт Славян-<br>ское поле ВС /<br>Slavyanskoe<br>pole VS                            | Контроль /<br>Control                                                                                                                   | 41,5                                                                            | 45032,6                                                                                    | 1237,1                                                                                 | 76775,0                                                                                  | 31742,4                                                                       | 70                                                  |
|                                                                                     | Лигногумат /<br>Lignohumate                                                                                                             | 44,9                                                                            | 45210,4                                                                                    | 1147,4                                                                                 | 83065,0                                                                                  | 378454,6                                                                      | 83                                                  |
|                                                                                     | N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub>                                                                                        | 46,7                                                                            | 51757,1                                                                                    | 31496,2                                                                                | 86395,0                                                                                  | 34637,9                                                                       | 67                                                  |
|                                                                                     | Лигногумат +<br>N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub> /<br>Lignohumate<br>+ N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub> | 51,3                                                                            | 51934,9                                                                                    | 31503,8                                                                                | 94905,0                                                                                  | 42970,1                                                                       | 83                                                  |
| Гибрид Сла-<br>вянское при-<br>усадебное /<br>Hybrid<br>Slavyanskoe<br>Priusadebnoe | Контроль /<br>Control                                                                                                                   | 52,4                                                                            | 45455,6                                                                                    | 990,9                                                                                  | 96940,0                                                                                  | 51484,4                                                                       | 113                                                 |
|                                                                                     | Лигногумат /<br>Lignohumate                                                                                                             | 55,3                                                                            | 45663,4                                                                                    | 942,2                                                                                  | 102305,0                                                                                 | 56641,6                                                                       | 124                                                 |
|                                                                                     | N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub>                                                                                        | 57,1                                                                            | 52622,1                                                                                    | 29412,6                                                                                | 105635,0                                                                                 | 53292,8                                                                       | 101                                                 |
|                                                                                     | Лигногумат +<br>N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub> /<br>Lignohumate<br>+ N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub> | 60,1                                                                            | 52799,9                                                                                    | 29514,5                                                                                | 111185,0                                                                                 | 58665,0                                                                       | 111                                                 |

По нулевой обработке почвы лучшие результаты по рентабельности были на гибриде Славянское приусадебное, показатель варьировал с 130 до 156%. Затраты средств составили в среднем на данном гибриде по нулевой обработке 46788,98 руб./га (таблица 2).

Анализ эффективности возделывания сахарного сорго показал, что по нулевой обработке почвы по всем вариантам эксперимента произошло увеличение уровня рентабельности. Наивысший показатель рентабельности на уровне 156% был при использовании биостимулятора роста, что доказало эффективность применения данного агротехнического приема.

Сорт Славянское поле ВС по отвальной обработке изменялся с 70 до 83%, в зависимости от влияния биостимулятора роста и минерального удобрения, по нулевой обработке данный показатель варьировал с 89 до 116%. Динамика изменения уровня рентабельности по нулевой обработке почвы составила 25%.

При сравнительном анализе уровня рентабельности гибрида Славянское приусадебное наибольшая динамика изменения на уровне 50% зафиксирована при нулевой обработке почвы, что свидетельствует о рентабельности производства данного гибрида в эксперименте 1 на корм скоту для силосования.

По нашему мнению, возделывание гибрида Славянское приусадебное по нулевой обработке почвы экономически целесообразно, т.к. по данному гибриду с учетом агротехнических приемов показал наивысшую динамику изменения уровня рентабельности в размере 35%.



Таблица 2 – Влияние агротехнических приемов на экономическую эффективность возделывания сахарного сорго по нулевой обработке почвы, % (среднее за 2009-2015 гг.)  
Table 2 – The impact of agrotechnical techniques on the economic efficiency of cultivating sugar sorghum by zero tillage, % (average for 2009-2015)

| Фактор В /<br>Factor B                                                              | Фактор С /<br>Factor C                                           | Урожай-<br>ность<br>зеленой<br>массы,<br>т/га / Yield<br>of green<br>mass, t/ha | Производ-<br>ные затра-<br>ты средств,<br>руб/га /<br>Derivative<br>costs of<br>funds,<br>RUB/ha | Себестои-<br>мость зе-<br>леной мас-<br>сы, руб./т /<br>Cost of<br>green mass,<br>RUB/t | Стоимость<br>валовой<br>продукции,<br>руб./га /<br>Cost of<br>gross<br>output,<br>RUB/ha | Условно<br>чистый<br>доход,<br>руб./га /<br>Notially net<br>income,<br>RUB/ha | Рентабель-<br>ность, % /<br>Profitability<br>% |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Сорт Дебют /<br>Variety Debut                                                       | Контроль /<br>Control                                            | 36,8                                                                            | 43056,4                                                                                          | 1341,4                                                                                  | 68080,0                                                                                  | 25023,6                                                                       | 58                                             |
|                                                                                     | Лигногумат                                                       | 40,1                                                                            | 43234,3                                                                                          | 1235,4                                                                                  | 74185,0                                                                                  | 30941,7                                                                       | 72                                             |
|                                                                                     | N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub>                 | 42,3                                                                            | 49770,7                                                                                          | 30670,9                                                                                 | 78255,0                                                                                  | 28484,3                                                                       | 57                                             |
|                                                                                     | Лигногумат +<br>N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub> | 45,8                                                                            | 49948,5                                                                                          | 30737,4                                                                                 | 84730,0                                                                                  | 34781,5                                                                       | 70                                             |
| Сорт Сла-<br>вянское по-<br>ле BC /<br>Variety<br>Slavyanskoe<br>Pole               | Контроль /<br>Control                                            | 47,6                                                                            | 42621,4                                                                                          | 1027,9                                                                                  | 88060,0                                                                                  | 45438,6                                                                       | 106                                            |
|                                                                                     | Лигногумат                                                       | 49,2                                                                            | 42799,31                                                                                         | 998,1                                                                                   | 91020,0                                                                                  | 48220,7                                                                       | 112                                            |
|                                                                                     | N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub>                 | 50,3                                                                            | 49335,73                                                                                         | 28903,7                                                                                 | 93055,0                                                                                  | 43719,3                                                                       | 89                                             |
|                                                                                     | Лигногумат +<br>N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub> | 57,9                                                                            | 49513,5                                                                                          | 29037,1                                                                                 | 107115,0                                                                                 | 57601,5                                                                       | 116                                            |
| Гибрид Сла-<br>вянское при-<br>усадебное /<br>Hybrid<br>Slavyanskoe<br>Priusadebnoe | Контроль /<br>Control                                            | 54,7                                                                            | 43206,4                                                                                          | 905,2                                                                                   | 101195,0                                                                                 | 57988,6                                                                       | 134                                            |
|                                                                                     | Лигногумат                                                       | 60,1                                                                            | 43330,3                                                                                          | 826,8                                                                                   | 111185,0                                                                                 | 67854,7                                                                       | 156                                            |
|                                                                                     | N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub>                 | 62,5                                                                            | 50200,7                                                                                          | 27463,2                                                                                 | 115625,0                                                                                 | 65704,3                                                                       | 130                                            |
|                                                                                     | Лигногумат +<br>N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>50</sub> | 68,9                                                                            | 50378,5                                                                                          | 27517,4                                                                                 | 127465,0                                                                                 | 77366,5                                                                       | 153                                            |

**Заключение.** В результате анализа экономической эффективности производства исследуемых культур выявлена закономерность по обеим областям по уровню рентабельности. Наивысшие показатели по динамике изменения уровня рентабельности сахарного сорго были на гибриде Славянское приусадебное.

При производстве сахарного сорго разница рентабельности по отвальной и нулевой обработкам составила в среднем до 35%. В результате возрождения животноводческой отрасли необходимы новые усовершенствованные корма, улучшения вкусовых качеств кормов, с высокой концентрацией энергии и питательных веществ в сухом веществе.

Установлено, что экономически эффективным при производстве сахарного сорго был гибрид Славянское приусадебное.

**Conclusions.** As a result of the analysis of the economic efficiency of the production of the studied crops, a pattern in both areas in terms of the level of profitability was revealed. The highest indicators in terms of the dynamics of changes in the level of profitability of sugar sorghum were on the hybrid Slavyanskoye Priusadebnoye. In the production of sugar sorghum, the difference in profitability between dump and zero processing was, on average, up to 35%. As a result of the revival of the livestock industry, new improved feeds are needed, improving the palatability of feed, with a high concentration of energy and nutrients in dry matter. It has been established that the Slavyanskoye Priusadebnoye hybrid was cost-effective in the production of sugar sorghum.

#### Библиографический список

1. Панфилов А. Э., Казакова Н. И., Четина О. И., Пестрикова Е. С. Экономическая эффективность конвейерного производства сахарной кукурузы в условиях Северной лесостепи Зауралья. Известия высших учебных заведений. Уральский регион. 2017. № 2. С. 109-116.
2. Ефремова Е. Н., Тютюма Н. В., Петров Н. Ю. Определение биологической активности и токсичности почвы в посевах сахарного сорго в условиях Астраханской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 143-152.
3. Ефремова Е. Н., Тютюма Н. В., Петров Н. Ю. Воздействие агротехнических приемов на качественный и количественный состав микроорганизмов в почве после сахарного сорго в условиях Нижнего Поволжья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 174-182.



4. Халилов М. Н., Халиков М., Ибрагимов К. М., Гимбатов А. Ш. Минимальная и нулевая системы обработки почвы в условиях Дагестана. Актуальные вопросы сельскохозяйственных наук в современных условиях развития страны. 2015. С. 37-41.
5. Kiryushin V. I. The Management of Soil Fertility and Productivity of Agroecosystems in Adaptive-Landscape Farming Systems. Eurasian Soil Science. 2019. No. 52 (9). Pp. 1137-1145.
6. Волков А. И., Кириллов Н. А. Эффективность нулевой обработки почвы в полевом севообороте. Сахарная свекла. 2018. № 9. С. 34-37.
7. Кузина Е. В. Условия эффективности нулевой обработки в лесостепи Среднего Поволжья. Эрозия почв: проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в адаптивно-ландшафтной системе земледелия: сборник Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию противозерозного комплекса ФГУП «Новоникулинское». 2018. С. 102-109.
8. Петров Н. Ю., Ефремова Е. Н. Изменения урожайности сахарного сорго при различных обработках почвы. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. Т. 1. № 1-1 (29). С. 49-53.
9. Efremova E. N., Lebed N. I., Averina M. B., Mezheva A. S., Kolmukidi S. V. Influence of agro-technical reception on agro-physical state of soil and efficiency of cultivation of sugared sorghum in conditions of light-chestnut soil of Volgograd region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Conference on Innovations in Agricultural and Rural Development. 2019. P. 012030.
10. Seminchenko E. V., Okonov M. M., Kirichkova I. V. Treatments influence on soil water-physical indicators in Lower Volga Region dry-steppe zone conditions. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Advances in Science for Agriculture Achievements of Science for the Agro-Industrial Complex 2021. P. 012037.

#### References

1. Panfilov A. E., Kazakova N. I., Cetina O. I., Pestrikova E. S. Economic efficiency of conveyor production of sugar corn in the conditions of the Northern forest-steppe of the Trans-Urals. News of higher educational institutions. Ural region. 2017. No 2. Pp. 109-116.
2. Efremova E. N., Tyutyuma N. V., Petrov N. Yu. Determination of biological activity and soil toxicity in sugar sorghum crops in the Astrakhan region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: science and higher professional education. 2022. No 3 (67). Pp. 143-152.
3. Efremova E. N., Tyutyuma N. V., Petrov N. Yu. The effect of agrotechnical techniques on the qualitative and quantitative composition of microorganisms in the soil after sugar sorghum in the conditions of the Lower Volga region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: science and higher professional education. 2023. No 1 (69). Pp. 174-182.
4. Khalilov M. N., Khalikov M., Ibragimov K. M., Gimbatov A. S. Minimum and zero tillage systems in Dagestan. Topical issues of agricultural sciences in the modern conditions of the country's development. 2015. Pp. 37-41.
5. Kiryushin V. I. The Management of Soil Fertility and Productivity of Agroecosystems in Adaptive-Landscape Farming Systems. Eurasian Soil Science. 2019. No 52 (9). Pp. 1137-1145.
6. Volkov A. I., Kirillov N. A. The effectiveness of zero tillage in field crop rotation. Sugar beet. 2018. No 9. Pp. 34-37.
7. Kuzina E. V. Conditions for the effectiveness of zero processing in the forest-steppe of the Middle Volga region. Soil erosion: problems and ways to improve the efficiency of crop production in the adaptive landscape farming system: collection of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 50th anniversary of the anti-erosion complex of the Federal State Unitary Enterprise "Novonikulinskoye". 2018. Pp. 102-109.
8. Petrov N. Yu., Efremova E. N. Changes in the yield of sugar sorghum during various soil treatments. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: science and higher professional education. 2013. No 1 (29). Pp. 49-53.
9. Efremova E. N., Lebed N. I., Averina M. B., Mezheva A. S., Kolmukidi S. V. Influence of agro-technical reception on agro-physical state of soil and efficiency of cultivation of sugared sorghum in conditions of light-chestnut soil of Volgograd region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Conference on Innovations in Agricultural and Rural Development. 2019. P. 012030.
10. Seminchenko E. V., Okonov M. M., Kirichkova I. V. Treatments influence on soil water-physical indicators in Lower Volga Region dry-steppe zone conditions. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Advances in Science for Agriculture Achievements of Science for the Agro-Industrial Complex 2021. P. 012037.

#### Информация об авторах

**Тютюма Наталия Владимировна**, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, директор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Каспийский аграрный федеральный центр Российской академии наук» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, село Солёное Займище, Северный блок, д. 8), e-mail: pniaz@mail.ru

**Петров Николай Юрьевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Технология переработки и пищевых производств», ФБГОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, д. 26), e-mail: n.petrov@volgau.com

**Ефремова Елена Николаевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры, ФБГОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, д. 26), e-mail: Elenalob@rambler.ru

#### Author's Information

**Tyutyuma Natalia Vladimirovna**, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal State Budgetary Educational Institution Caspian Agrarian Federal Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of Saline Zaymishche, Severny block, 8), e-mail: pniaz@mail.ru

**Petrov Nikolay Yuryevich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technologies of Processing and Food Production, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: n.petrov@volgau.com

**Efremova Elena Nikolaevna**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor Head of the Department of Production Technologies and Examination of Goods, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: Elenalob@rambler.ru

**INTEGRATED WIREWORM PROTECTION SYSTEM FOR POTATO PLANTINGS****Bondarenko A. N.**

*Federal State Budgetary Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of Russian Academy of Sciences»  
Solyonoye Zaymische, Chernoyarsky District, Astrakhan Region, Russian Federation*

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

Received 16.01.2024

Submitted 30.03.2024

**The research was carried out in the framework of research in 2022-2024. "Develop improved zonal resource-saving agricultural technologies to improve soil fertility, crop productivity and product quality in Natural and climatic conditions of the Northern Caspian region. "Topic № FNMW-2022-0012**

**Summary**

The results of growing varieties of medium-ripened potatoes in light chestnut soil on drip irrigation are presented. Promising options have been identified that contribute to the formation of high yields of the studied crop.

**Abstract**

**Introduction.** Etching potato tubers is one of the most effective methods of controlling some potato pests and diseases. The primary problem before modern farmers is the wire that is harmful to potato plantings. Wire worms, which live in the soil of the larvae of nutcracker beetles, are a serious threat to global agricultural production. **Object.** Vineta variety potatoes. **Materials and methods.** For a number of years, scientists from farmers of the Caspian Agricultural Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences have been doing a lot of work to identify and eliminate the consequences of potato planting by a wire. Studies were carried out at the irrigated land use site of the Federal State Budgetary Institution "PAFNC RAS" in the period from 2021 to 2023. In the experience, generally accepted agricultural equipment was used in accordance with zonal recommendations for the Lower Volga region when cultivating early potatoes. Appropriate studies and measurements were performed in accordance with the requirements of the field experience method and the methods of studies on potato culture. In the course of the work, an optimized system for protecting potato plantings is proposed and parameters for the economic effectiveness of protective measures are given. In the course of research, the effect of new-generation drugs Klubneshchit, Prestige, CS and Metarizin on the number of wireworm was assessed. **Results and conclusions.** On average, when analyzing Vineta early potato tubers, it was found that the samples presented were mainly with weak and medium damage to 1-2 holes as a result of the use of this plant protection scheme. The results of economic efficiency made it possible to identify a highly profitable option with an irrigation rate of 5200 m<sup>3</sup>/ha and with additional sediment treatment with Klubneshchit, the CS which showed very high indicators of commercial yield of 59.1 t/ha. Net income per 1 ha amounted to 1033.1 thousand rubles/ha. The profitability indicator at such values was at the level of 232.5%.

**Keywords:** early potatoes, varieties of early potatoes, insecticides, drip irrigation of potatoes, coefficient of water consumption of potatoes, yield of potatoes.

**Citation.** Bondarenko A. N. Integrated wireworm protection system for potato plantings. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 26-35 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-03.

**Author's contribution.** The author is directly related to the present study, was directly involved in the laying of field experience. Participated in the implementation and analysis of the experiment. The author of this publication has read the final result for publication.

**Conflict of interests.** The author of this publication declares that there is no conflict of interest.

УДК 635.2:632.95

**ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ПОСАДОК КАРТОФЕЛЯ ОТ ПРОВОЛОЧНИКА****Бондаренко А. Н., доктор сельскохозяйственных наук**

*ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»  
с. Солёное Займище, Черноярский район, Астраханская область, Российская Федерация*

**Исследования проведены в рамках тематики НИР 2022...2024 гг. FNMW-2022-0012 «Разработать усовершенствованные зональные ресурсосберегающие агротехнологии, обеспечивающие повышение плодородия почвы, продуктивности сельскохозяйственных культур и качества продукции в природно-климатических условиях Северного Прикаспия»**

**Актуальность.** Протравливание клубней картофеля является одним из самых эффективных приемов борьбы с некоторыми вредителями и болезнями картофеля. Первоочередной проблемой, встающей перед современными аграриями, является вред наносимый посадкам картофеля проволочником. Проволочные черви, обитающие в почве личинки жуков-щелкунов, представляют собой серьезную угрозу для мирового сельскохозяйственного производства. **Объект.** Сорт раннего картофеля Винета. **Материалы и методы.** В течение ряда лет учеными аграриями Прикаспийского аграрного феде-

рального научного центра Российской академии наук проводится большая работа по выявлению и устранению последствий, нанесенных посадкам картофеля проволочником. Исследования были проведены на орошаемом участке землепользования ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в период с 2021 по 2023гг. В опыте применялась общепринятая агротехника в соответствии с зональными рекомендациями для Нижневолжского региона при возделывании раннего картофеля. Решение поставленных задач и выполнение научных исследований опиралось на использование соответствующих методик полевого опыта, а также методик по возделыванию учёта урожайности картофеля. В ходе проведенной работы предложена оптимизированная система защиты посадок картофеля и приведены параметры экономической эффективности защитных мероприятий. В ходе исследований оценивалось действие препаратов нового поколения Клубнещит, Престиж, КС и Метаризин на численность проволочника. **Результаты и выводы.** В среднем, при анализе клубней раннего картофеля сорта Винета было установлено, что представленные образцы в основном были со слабым и средним повреждением 1...2 отверстия в результате использования данной схемы защиты растений. Результаты экономической эффективности позволили выделить высокорентабельный вариант с оросительной нормой 5200 м<sup>3</sup>/га и с допосадочной обработкой препаратом Клубнещит, КС который показал весьма высокие показатели товарных клубней 59,1 т/га. При этом чистый доход на 1 га при такой урожайности был равен 1033,1 тыс. руб./га. Рентабельность производства была на уровне 232,5%.

**Ключевые слова:** ранний картофель, сорта раннего картофеля, инсектициды, капельное орошение картофеля, коэффициент водопотребления картофеля, урожайность картофеля.

**Цитирование.** Бондаренко А. Н. Интегрированная система защиты посадок картофеля от проволочника. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 26-35. DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-03.

**Авторский вклад.** Автор данного научного исследования принимал непосредственное участие в закладке полевого опыта. Провел анализ полученных данных, сформированных за период проведенных исследований. Участвовал в выполнении статистической обработки и написании данной рукописи.

**Конфликт интересов.** Автор данной публикации заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Картофель относится к ведущим сельскохозяйственным культурам современного мира [5, 7, 17].

На сегодняшний день существует достаточно большое количество различных технологий его возделывания [1-4, 6, 8, 9]. Важно отметить, что его потенциальная урожайность в ряде стран существенно ниже возможной, да и качество не всегда отвечает современным ГОСТам. Площади под возделыванием картофеля в последнее десятилетие характеризуются существенным нарастанием дестабилизации фитосанитарного состояния. В связи со значительными нарушениями зональных технологий возделывания, несоблюдением обоснованных севооборотов, а также нарушениями в проведении защитных мероприятий наблюдается значительный рост и развитие болезней, вредителей и сорняков в посадках картофеля. Весьма опасными вредителями на картофеле являются колорадский жук и проволочники.

Проволочники очень сильно повреждают клубни картофеля, при этом сильно снижается их товарное качество [10-13, 18].

Уже в течение последних лет перед современными аграриями стоит первоочередная задача поиска альтернативных путей и эффективных защитных методов, направленных на подавление численности и снижения вредоносности колорадского жука и проволочника в посадках картофеля [14-16].

Вопросы, связанные с применением препаратов для защиты посадочного материала в борьбе с проволочником, мало изучены на территории Астраханской области, в связи с чем была определена цель проводимого научного исследования.

**Объект исследований** – ранний сорт картофеля Винета.

**Цель исследования:** использование инсектицидов нового поколения в посадках раннего картофеля. В ходе научно-исследовательской работы были определены следующие задачи:

1. В зависимости от вариантов опыта провести расчет коэффициента водопотребления различных сортов раннего картофеля.
2. Определить структуру урожая и провести расчёт экономической эффективности возделывания раннего картофеля на фоне использования различных инсектицидов нового поколения при оросительных нормах 4600 м<sup>3</sup>/га и 5200 м<sup>3</sup>/га.

**Научная новизна.** Впервые применительно для севера Астраханской области были проведены комплексные научные исследования по возделыванию раннего картофеля отечественной селекции с использованием инсектицидов нового поколения в борьбе с проволочником, направленные на формирование высоких показателей урожайности при капельном способе полива.

**Схема закладки и содержание опыта.** Двухфакторный полевой опыт был заложен методом расщепленных делянок согласно методике Доспехова Б. А., 1985 г.

За фактор А были приняты оросительные нормы (капельное орошение) – 4600 м<sup>3</sup>/га и (капельное орошение) – 5200 м<sup>3</sup>/га, за фактор В – инсектициды нового поколения.

Опыт также предусматривал внесение в качестве основного удобрения двойной суперфосфат и в качестве подкормки использование хлористого калия. В основные фазы развития растений (цветение и плодообразование) методом фертигации вносилась аммиачная селитра, что обеспечивало сбалансированное питание возделываемой овощной культуры. За весь период вегетации раннего картофеля были внесены минеральные удобрения из расчёта N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, что обеспечило сбалансированное питание растений. Площадь делянки – 70 м<sup>2</sup>. **Объект изучения** – ранний картофель сорт Винета.

**Материал изучения.** Препарат **Клубнещит, КС** имеет двухкомпонентный состав, действующие вещества из двух разных химических классов (мочевины + неоникотиноиды). Предусмотренная норма расхода препарата 60-100 мл/ 1 л воды. Расход рабочего раствора 1 литр на 60-100 кг посадочного материала. Способ обработки – однократное опрыскивание рабочим раствором препарата посадочного материала (клубней картофеля) перед посадкой.

**Престиж, КС** – комплексный протравитель (инсекто-фунгицидный) для обработки клубней картофеля от болезней и вредителей. Предпосадочная обработка клубней. Двухкомпонентный пестицид, содержит имидаклоприд, дозировка 140 гр/л. И пенцикурон, дозировка 150 гр./л. Период защитного действия от вредителей регламентирован до 40...60 дней после появления всходов. Дозировка 70...100 мл/1 л. воды. Рабочий раствор – 1 л рабочего раствора/100 кг клубней картофеля. Опрыскивание клубней осуществляется до и во время посадки.

**Метаризин** – это уникальный биологический препарат биоинсектицид. Действующее вещество: Metarhizium anisopliae P-72 титр не менее 108 КОЕ/мл. Представляет собой штамм гриба Metarhizium anisopliae от почвообитающих вредителей (медведки, проволочника, личинок майского жука и многих других). Дозировка 0,5 л. жидкого «Метаризина»/10 л. воды. Расход рабочей жидкости – 2 л/100 м<sup>2</sup>. Обработка осуществляется перед посадкой на 2 часа.

**Методика проведения опыта.** Учёты и наблюдения полевых исследований проводились с использованием методики Белика В. Ф., 1982г., методики Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 2015 г., а также Методическому руководству по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве, 2018 г.,

Уборку и учёт раннего картофеля проводили на 10 учётных растениях каждой повторности, согласно методике опытного дела в полеводстве и методики Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

Экономическая эффективность возделывания изучаемых сортов и гибридов овощных культур была рассчитана согласно технологической карте и методическим рекомендациям (Шпилько А. В., 1998; Санду И. С., 2013).

**Агротехника.** Предшественником под закладку полевого опыта был чистый пар.

**Обработка почвы (дата, вид обработки, глубина).** Подготовка опытного участка с применением ряда агротехнических мероприятий опиралась на общепринятые зональные рекомендации по возделыванию раннего картофеля.

Основные подготовительные работы включали: проведение зяблевой вспашки с оборотом пласта на глубину 22...24 см плугом ПЛН-4-35+ МТЗ-1021; весеннюю обработку почвы по мере физического созревания. По результатам агротехнических мероприятий было осуществлено 2 культивации. До начала проведения посадки клубней раннего картофеля была проведена обработка фрезой Ф-200.

Посадка клубней раннего картофеля была выполнена с одновременной раскладкой капельных лент. За период вегетации возделываемой культуры общее количество внесённых минеральных удобрений составило N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

Перед посадкой раннего картофеля была проведена однократная обработка инсектицидами Престиж, КС, Клубнещит, КС и Метаризин.

Норма расхода препарата Клубнещит, КС составила 100 мл/ 1 л. воды. Рабочий раствор – 1 л. рабочего раствора/100 кг клубней картофеля. Аналогично, норма расхода препарата Престиж, КС составила 100 мл/1 л. воды. Рабочий раствор – 1 л. рабочего раствора/100 кг клубней картофеля. Норма расхода Метаризина – 2 л/100 м<sup>2</sup>. При посадке клуб-



ней раннего картофеля использовали трактор МТЗ 1021+КСМ-2Н. Посадка осуществлялась с одновременной раскладкой капельных лент, при этом междурядье составляло 0,7 м при густоте посадки клубней 56 тыс./га.

Полив осуществлялся с применением системы капельного орошения, при этом были предусмотрены 2 оросительные нормы 4600 м<sup>3</sup>/га и 5200 м<sup>3</sup>/га.

При проведении защитных мероприятий от вредителей в посадках раннего картофеля были использованы препараты: Каратэ Зеон, Вертимек, Борей Нео СК. От болезней использовали препараты: Фунданго, Луна Экспириенс. Обработки от болезней и вредителей осуществлялись штанговым опрыскивателем ОН-600 + МТЗ 1021, согласно установленных норм от товаропроизводителя.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Агрохимическая характеристика почв опытного участка. Агрохимический анализ почв был проведен ФНЦ Агроэкологии РАН (г. Волгоград) в испытательной лаборатории по горизонтам 0...20 см и 20...40 см. Основные показатели представлены в таблице 1, 2.

Таблица 1 – Результаты по горизонту 0..20 см  
Table 1 – Results for horizon 0...20 cm

| Показатели / Indicators                                                          | Единица измерения / Unit of measure | Фактическое значение / Actual value   |                                         | ГОСТ / GOST |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|-------------|
|                                                                                  |                                     | горизонт 0..20 см / horizon 0...20 cm | горизонт 20..40 см / horizon 20...40 cm |             |
| рН водной вытяжки / pH of aqueous extract                                        | Ед./ Univ.                          | 7,8                                   | 8,1                                     | 26423-85    |
| Содержание подвижных соединений фосфора / Content of mobile phosphorus compounds | мг/кг mg/kg                         | 24,3                                  | 24,9                                    | 26205-91    |
| Содержание подвижных соединений калия / Content of mobile potassium compounds    | мг/кг mg/kg                         | 441,5                                 | 171,5                                   | 26205-91    |
| Содержание органического вещества / Organic matter content                       | %                                   | 0,9                                   | 0,8                                     | 26213-91    |
| Содержание азота аммония / Ammonium nitrogen content                             | мг/кг mg/kg                         | 3,6                                   | 2,8                                     | 26486-85    |
| Содержание азота нитратов / Nitrate nitrogen content                             | мг/кг mg/kg                         | 4,4                                   | 5,5                                     | 26951-86    |

**Водопотребление картофеля.** Увеличение уровня урожайности любой овощной культуры является приоритетной задачей, а в нашем случае – раннего картофеля. За счёт правильного полива в период всей вегетации можно значительно увеличить его потенциальную урожайность.

Необходимо отметить, что данная задача достигается лишь при правильном поддержании предполивного порога влажности почвы на уровне 80% НВ. Так, для раннего картофеля промачивание слоя почвы от 0,3 м (до цветения) до 0,6 м (от цветения до уборки) является весьма важным агротехническим мероприятием.

В межфазный период посадка-цветение и цветение-уборка происходит весьма незначительное снижение влажности почвы из-за проведения ряда агротехнических мероприятий (рыхление и окучивание). В таблице 2 приведены данные по структуре водного баланса в разрезе трех лет изучения.

При анализе таблицы 3 было установлено, что проведенные защитные мероприятия в борьбе с проволочником перед посадкой существенно повлияли как на показатели урожайности, так и на коэффициент водопотребления сортов раннего картофеля.

Максимальный эффект от использования изучаемых препаратов был получен на варианте при оросительной норме 5200 м<sup>3</sup>/га при протравливании клубней в препарате Клубнещит, КС. При этом коэффициент водопотребления был самый низкий, в среднем за три года исследований, всего 104,5 м<sup>3</sup>/т. Важно отметить, что при оросительной норме 5200 м<sup>3</sup>/га при замачивании клубней раннего картофеля сорта Винета до посадки в различных инсектицидах нового поколения коэффициент водопотребления находился в диапазоне от 104,5 до 121,1 м<sup>3</sup>/т (таблица 3).



Таблица 2 – Структура водного баланса раннего картофеля, среднее за 2021...2023 гг.  
Table 2 – Structure of water balance of early potatoes, average for 2021...2023.

| Вариант / Variant                                                                             | Использование<br>запасов<br>почвенной<br>влаги, м <sup>3</sup> /га<br>Utilization<br>soil<br>moisture, m <sup>3</sup> /ha | Осадки,<br>м <sup>3</sup> /га<br>Precipitation,<br>m <sup>3</sup> /ha | Поливная норма,<br>м <sup>3</sup> /га<br>Irrigation rate,<br>m <sup>3</sup> /ha | Суммарное<br>водопотребление,<br>м <sup>3</sup> /га<br>Total water<br>consumption,<br>m <sup>3</sup> /ha |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| оросительная норма – 4600 м <sup>3</sup> /га<br>1 – irrigation rate – 4600 м <sup>3</sup> /ha | 58,0                                                                                                                      | 921,0                                                                 | 150,0                                                                           | 5729,0                                                                                                   |
| оросительная норма – 5200 м <sup>3</sup> /га<br>2 – irrigation rate – 5200 м <sup>3</sup> /ha | 56,0                                                                                                                      | 921,0                                                                 | 180,0                                                                           | 6177,0                                                                                                   |

1 вариант – поливная норма 150 м<sup>3</sup>/га; 2 вариант – поливная норма 180 м<sup>3</sup>/га  
Option 1 – irrigation rate of 150 m<sup>3</sup>/ha; Option 2 – irrigation rate of 180 m<sup>3</sup>/ha

Таблица 3 – Коэффициент водопотребления картофеля в среднем за 2021...2023 гг.  
Table 3 – Potato water consumption coefficient in average for 2021...2023

| Фактор А / Factor A                                                                                                                                                                               | Фактор В / Factor B                                                                                 | Коэффициент водопотребле-<br>ния, м <sup>3</sup> /т / Water consumption<br>coefficient, m <sup>3</sup> /t |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 – капельное орошение<br>(стандартная технология)<br>оросительная норма –<br>4600 м <sup>3</sup> /га/1 – drip irrigation<br>(standard technology) irriga-<br>tion rate – 4600 m <sup>3</sup> /ha | Контроль – без обработок (опрыс-<br>кивание водой)/ Control – without<br>treatment (water spraying) | 187,2                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                   | Метаризин / Metarizine                                                                              | 132,0                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                   | Престиж, КС/ Prestige, KS                                                                           | 165,1                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                   | Клубнещит, КС/<br>Strawberry Shield, KS                                                             | 184,8                                                                                                     |
| 2 – капельное орошение<br>(стандартная технология)<br>оросительная норма –<br>5200 м <sup>3</sup> /га/2 – drip irrigation<br>(standard technology) irriga-<br>tion rate – 5200 m <sup>3</sup> /ha | Контроль – без обработок (опрыс-<br>кивание водой)/ Control – without<br>treatment (water spraying) | 141,4                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                   | Метаризин/ Metarizine                                                                               | 110,1                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                   | Престиж, КС/ Prestige, KS                                                                           | 121,1                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                   | Клубнещит, КС/<br>Strawberry Shield, KS                                                             | 104,5                                                                                                     |

Анализ таблицы 4, выявил определенную закономерность, при которой преимуще-  
ство было отмечено у варианта с оросительной нормой 5200 м<sup>3</sup>/га при совместной допоса-  
дочной обработке клубней раннего картофеля препаратом Клубнещит, КС в фазе техниче-  
ской спелости. В ходе проведенных исследований было установлено, что по данному ва-  
рианту количество клубней свыше 100 г на 1 растение составляло 8 шт. с массой 843,9 г.  
Товарная урожайность была на уровне 59,1 т/га.

Результаты экономической эффективности двухфакторного полевого опыта по воз-  
делыванию картофеля сорта Винета позволили выделить высокорентабельный вариант с  
допосадочной обработкой препаратом Клубнещит, который показал весьма высокие пока-  
затели урожайности с оросительной нормой 5200 м<sup>3</sup>/га. Товарная урожайность составила  
59,1 т/га, при общих затратах 444,37 тыс. р. себестоимость была равна 7,5 тыс. р./т. Чи-  
стый доход на 1 га составил 1033,1 тыс. р./га. Показатель рентабельности при таких значе-  
ниях был на уровне 232,5%.

На варианте с оросительной нормой 4600,0 м<sup>3</sup>/га максимальные значения товарной  
урожайности были получены на варианте с применением биоинсектицида Метаризин –  
43,4 т/га. Чистый доход на 1 га составил 611,1 тыс. р./га. Показатель рентабельности при  
таких значениях был на уровне 129,0%.

Низкие показатели урожайности были получены на контрольных вариантах, уро-  
жайность находилась в диапазоне 30,6 т/га с оросительной нормой 4600,0 м<sup>3</sup>/га и 43,7 т/га  
с оросительной нормой 5200 м<sup>3</sup>/га. Экономическая эффективность была на уровне  
1,7...2,5 р./р. вложенных затрат (таблица 5).

Таблица 4 – Элементы структуры урожая, среднее за 2021...2023 гг.  
Table 4 – Elements of yield structure, average for 2021...2023

| Вариант – Фактор В /<br>Option – Factor B                                                                                                                                                               | Фаза технической спелости / Technical ripeness phase |                                                                              |                             |                                                                                 |                             |                                                                                        |      | Товарная<br>урожайность, т/га / Com-<br>modity yield, t/ha |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                         | Высота, см /<br>Height, cm                           | Количество<br>клубней, шт. с 1 раст. /<br>Number<br>tubers, pcs. per 1 plant |                             | Масса<br>клубней, г. с 1 раст. /<br>Weight<br>tubers weight, g. per 1<br>plant. |                             | Средн.<br>масса клубня, г. с 1<br>раст. / Average.<br>tuber weight, g. per 1<br>plant. |      |                                                            |
|                                                                                                                                                                                                         |                                                      | всего /<br>total                                                             | свыше 100 г /<br>over 100 g | всего /<br>total                                                                | свыше 100 г /<br>over 100 g |                                                                                        |      |                                                            |
|                                                                                                                                                                                                         |                                                      |                                                                              |                             |                                                                                 |                             |                                                                                        |      |                                                            |
| 1 – капельное орошение (стандартная технология) оросительная норма 4600 м <sup>3</sup> /га – фактор А /<br>1 – drip irrigation (standard technology) irrigation rate 4600 m <sup>3</sup> /ha – factor A |                                                      |                                                                              |                             |                                                                                 |                             |                                                                                        |      |                                                            |
| Контроль – без обработок<br>(опрыскивание водой) / Control – with-<br>out treatment (water spraying)                                                                                                    | 65,4                                                 | 7                                                                            | 3                           | 547,2                                                                           | 466,4                       | 78,2                                                                                   | 30,6 |                                                            |
| Метаризин / Metarizine                                                                                                                                                                                  | 93,1                                                 | 10                                                                           | 6                           | 774,9                                                                           | 688,1                       | 77,5                                                                                   | 43,4 |                                                            |
| Престиж, КС / Prestige, KS                                                                                                                                                                              | 85,6                                                 | 8                                                                            | 6                           | 619,8                                                                           | 540,3                       | 77,5                                                                                   | 34,7 |                                                            |
| Клубнещит, КС                                                                                                                                                                                           | 79,0                                                 | 7                                                                            | 5                           | 552,7                                                                           | 520,5                       | 79,0                                                                                   | 31,0 |                                                            |
| 2 – капельное орошение (стандартная технология) оросительная норма 5200 м <sup>3</sup> /га – фактор А /<br>2 – drip irrigation (standard technology) irrigation rate 5200 m <sup>3</sup> /ha – factor A |                                                      |                                                                              |                             |                                                                                 |                             |                                                                                        |      |                                                            |
| Контроль – без обработок<br>(опрыскивание водой) / Control – with-<br>out treatment (water spraying)                                                                                                    | 70,4                                                 | 8                                                                            | 5                           | 781,4                                                                           | 702,6                       | 97,7                                                                                   | 43,7 |                                                            |
| Метаризин / Metarizine                                                                                                                                                                                  | 98,6                                                 | 10                                                                           | 8                           | 1001,8                                                                          | 952,4                       | 101,8                                                                                  | 56,1 |                                                            |
| Престиж, КС / Prestige, KS                                                                                                                                                                              | 93,1                                                 | 8                                                                            | 7                           | 909,9                                                                           | 857,4                       | 113,7                                                                                  | 51,0 |                                                            |
| Клубнещит, КС / Strawberry Shield, KS                                                                                                                                                                   | 85,2                                                 | 8                                                                            | 8                           | 843,9                                                                           | 844,9                       | 105,5                                                                                  | 59,1 |                                                            |
| НСП <sub>05</sub> А                                                                                                                                                                                     |                                                      |                                                                              |                             |                                                                                 |                             |                                                                                        | 5,9  |                                                            |
| НСП <sub>05</sub> В                                                                                                                                                                                     |                                                      |                                                                              |                             |                                                                                 |                             |                                                                                        | 6,0  |                                                            |
| НСП <sub>05</sub> АВ                                                                                                                                                                                    |                                                      |                                                                              |                             |                                                                                 |                             |                                                                                        | 5,6  |                                                            |

Таблица 5 – Экономическая эффективность возделывания картофеля, среднее за 2021...2023 гг.  
Table 5 – Economic efficiency of potato cultivation, average for 2021...2023

| Вариант / Variant                                                                                  | Товарная урожайность, т/га /<br>Commodity yield, t/ha | Общие затраты,<br>тыс.р./га<br>Total costs, /<br>thousand rubles/ha | Себестоимость, тыс. р./т /<br>Cost price, thousand rubles/ton | Стоимость<br>реализованной<br>продукции, тыс. р. /<br>Cost of sold products,<br>thousand p. p. | Чистый доход, тыс. р./га /<br>Net income, thousand rubles/ha | Рентабельность, % /<br>Profitability, % | Экономическая<br>эффективность, р./р.<br>вложенных затрат/ Economic<br>efficiency, p./p.<br>of invested costs |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| орошительная норма – 4600 м <sup>3</sup> /га / irrigation norm – 4600 m <sup>3</sup> /ha           |                                                       |                                                                     |                                                               |                                                                                                |                                                              |                                         |                                                                                                               |
| Контроль – без обработки<br>(опрыскивание водой) / Control –<br>without treatment (water spraying) | 30,6                                                  | 441,37                                                              | 14,4                                                          | 765,0                                                                                          | 323,6                                                        | 73,3                                    | 1,7                                                                                                           |
| Метаризин / Metarizine                                                                             | 43,4                                                  | 473,87                                                              | 10,9                                                          | 1085,0                                                                                         | 611,1                                                        | 129,0                                   | 2,3                                                                                                           |
| Престиж, КС / Prestige, KS                                                                         | 34,7                                                  | 461,67                                                              | 13,3                                                          | 867,5                                                                                          | 405,8                                                        | 87,9                                    | 1,9                                                                                                           |
| Клубнещит, КС / Strawberry<br>Shield, KS                                                           | 31,0                                                  | 441,57                                                              | 14,2                                                          | 775,0                                                                                          | 333,4                                                        | 75,5                                    | 1,8                                                                                                           |
| орошительная норма – 5200 м <sup>3</sup> /га / irrigation norm – 5200 m <sup>3</sup> /ha           |                                                       |                                                                     |                                                               |                                                                                                |                                                              |                                         |                                                                                                               |
| Контроль – без обработки<br>(опрыскивание водой) / Control –<br>without treatment (water spraying) | 43,7                                                  | 441,87                                                              | 10,1                                                          | 1092,5                                                                                         | 650,6                                                        | 147,2                                   | 2,5                                                                                                           |
| Метаризин / Metarizine                                                                             | 56,1                                                  | 486,87                                                              | 8,7                                                           | 1402,5                                                                                         | 915,6                                                        | 188,1                                   | 2,9                                                                                                           |
| Престиж, КС / Prestige, KS                                                                         | 51,0                                                  | 475,87                                                              | 9,3                                                           | 1275,0                                                                                         | 799,1                                                        | 167,9                                   | 2,7                                                                                                           |
| Клубнещит, КС / Strawberry<br>Shield, KS                                                           | 59,1                                                  | 444,37                                                              | 7,5                                                           | 1477,5                                                                                         | 1033,1                                                       | 232,5                                   | 3,3                                                                                                           |

### Результаты по применению инсектицидов на снижение численности проволочника.

В ходе исследований также оценивалось действие препаратов на численность проволочника. На клубнях картофеля учёты проволочников проводили перед уборкой. Для этого в каждой повторности брали по 10 учётных кустов. Учитывали количество отверстий (ходов) на каждом клубне по следующей шкале: 0 – здоровые клубни; слабое повреждение – 1 отверстие; среднее – 2...5; сильное – более 5 отверстий.

В среднем при анализе клубней раннего картофеля сорта Винета было установлено, что представленные образцы в основном были со слабым и средним повреждением 1...2 отверстия на варианте с использованием препарата Престиж, КС (рисунок 1). На остальных вариантах данный вредитель отсутствовал.



Рисунок 1 – Повреждения клубня картофеля проволочником на варианте с использованием препарата Престиж, КС

Figure 1 – Damage of potato tuber by wireworm on the variant with Prestige, KS preparation use

Также после учёта урожая был проведен биохимический анализ клубней раннего картофеля, из которого следует, что применение препаратов Метаризин, Престиж, КС и Клубнещит при допосадочной обработки клубней не привело к превышению ПДК в выращенной продукции (таблица 6).



Таблица 6 – Биохимический анализ клубней на варианте с оросительной нормой 5200 м<sup>3</sup>/га  
Table 6 – Biochemical analysis of tubers in the variant with irrigation rate of 5200 m<sup>3</sup>/ha

| Наименование определяемого показателя / Name of the indicator to be determined | Единица измерения / Unit of measurement | Фактическое значение / Actual value |                            |                                       | Норма / Содержание / Norm / content | Метод испытания / Test method (ГОСТ/GOST) |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                |                                         | Метаризин / Metarizine              | Престиж, КС / Prestige, KS | Клубнещит, КС / Strawberry Shield, KS |                                     |                                           |
| крахмал / starch                                                               | %                                       | 9,1                                 | 9,2                        | 9,2                                   | 15,0                                | 8756.13-87                                |
| аскорбиновая кислота / ascorbic acid                                           | Мг, % / mg %                            | 6,1                                 | 6,1                        | 6,1                                   | 7,1                                 | 24556-89                                  |
| нитратный азот / nitrate nitrogen                                              | Мг/кг / mg/kg                           | 16,0                                | 19,0                       | 17,2                                  | 19,0                                | 5048-89                                   |

**Выводы.** 1. По результатам использования предлагаемых приемов было установлено, что решающим фактором в повышении урожайности товарных корнеплодов раннего картофеля была правильно разработанная система защиты посадок картофеля для аридных условий Северо-Западного Прикаспия.

2. Допосадочная обработка клубней препаратами Клубнещит, КС и Метаризин привела к полному отсутствию изучаемого вредителя (проволочник). Только на варианте с применением инсектицида Престиж, КС после уборки на клубнях наблюдались слабые повреждения.

**Conclusions.** According to the results of scientific research, a significant effect of pre-planting treatment with new generation insecticides on damage of potato tubers by wireworm was established. High indicators of marketable yield of 59.1 t/ha were obtained in the variant with the use of Kubneshchit, KS and irrigation rate of 5200 m<sup>3</sup>/ha.

#### Библиографический список

1. Агаев Ф. Ф. Анализ роли сортоустойчивости при интегрированной защите картофеля от фитофтороза, альтернариоза и черной ножки в условиях Гянджа-Казахской зоны Азербайджана. Аграрная Россия. 2015. № 6. С. 40-42.
2. Бондаренко А. Н. Усовершенствованные способы возделывания сортов среднеспелого картофеля в условиях Северо-Западного Прикаспия. Известия НВ АУК. 2023. № 1 (69). С. 53-65.
3. Васильев А. А. Влияние сбалансированного питания, протравливания и сроков посадки картофеля на урожайность и качество клубней. Земледелие. 2021. № 2. С. 22-26.
4. Гиченкова О. Г., Лаптина Ю. А. Влияние биопрепаратов на основе *Trichoderma* и *Bacillus subtilis* на продуктивность картофеля в условиях орошаемого земледелия Волгоградской области. Аграрная Россия. 2023. № 7. С. 17-23.
5. Кузнецова Л. В. Экономически обоснованные технологические карты возделывания картофеля продовольственного на основе адаптивных технологий, используемых в Калужском регионе. Аграрная Россия. 2021. № 5. С. 41-48.
6. Мальцев С. В. Об эффективности обработки семенных клубней картофеля этиленом. Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 1. С. 44-53.
7. Спиридонов А. М., Бронштейн П. М., Рачеева А. И. Влияние новых удобрений на урожайность и качество картофеля. Аграрная Россия. 2020. № 2. С. 3-6.
8. Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А., Шабанов Н. Э., Чайка В. А. Применение микроэлементов при выращивании картофеля – предпосылки использования дронов. Техника и технологии АПК. 2021. № 4 (104). С. 14-20.
9. Тиранова Л. В., Тиранов А. Б., Григорьев А. В. Ресурсосберегающая технология возделывания картофеля на дерново-подзолистой почве в условиях Новгородской области. Аграрная Россия. 2019. № 3. С. 3-6.
10. Gaj R., Murawska B., Fabisiak-Spychaj E., et al. The impact of cover crops and foliar application of micro-nutrients on accumulation of macronutrients in potato tubers at technological maturity stage. European journal of horticultural science. 2018. No 83 (6). Pp. 345-355.
11. Gvozdenac S., Milovac Ž., Vidal St., Crvenković Z., Papuga I., Franeta F., Ovuka J., Cvejić S. Comparison of Chemical and Biological Wireworm Control Options in Serbian Sunflower Fields and a Proposition for a Refined Wireworm Damage Assessment. Agronomy. 2022. No 12 (4). V. 758. Pp. 2-21.
12. Hochmuth R., Seal D., Leppla N., Fenneman D., Broughton Rh., Baniya A. Managing Wireworms in Florida Sweet Potatoes 1. EDIS. 2021. No 6. Pp. 32-47.
13. Nikoukar At., Ensafi P., Lewis Ed., Crowder D., Rashed A. Efficacy of Naturally Occurring and Commercial Entomopathogenic Nematodes Against Sugar Beet Wireworm (Coleoptera: Elateridae). Journal of Economic Entomology. 2021. V. 114. I. 5. Pp. 2241-2244.

14. Pellegrino A., Woodley A., Huseth A. Understanding the Relationship Between Wireworm (Coleoptera: Elateridae) Damage, Varietal Resistance, and Cover Crop Use in Organic Sweetpotato. *Journal of Economic Entomology*. 2021. V. 114. I. 5. Pp. 2127–2134.
15. Poggi S., Le Cointe R., Lehmus Jörn, Plantegenest M., Furlan L. Alternative Strategies for Controlling Wireworms in Field Crops. A Review. *Agriculture*. 2021. V. 11. No 436. Pp. 2-30.
16. Reinbacher L., Bacher S., Knecht F., Schweizer Ch., Sostizzo T., Grabenweger G. Preventive field application of *Metarhizium brunneum* in cover crops for wireworm control. *International Association for the Plant Protection Sciences*. 2021. No 150. Pp. 40-58.
17. Rittl T., Grønmyr Fr., Bakken I., Løes A.-K. (2023). Effects of organic amendments and cover crops on soil characteristics and potato yields. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*. 2023. V. 73. Pp. 13-26.
18. Van Herk W., Vernon R., Labun T., Sevcik M., Schwinghamer T. Distribution of Pest Wireworm (Coleoptera: Elateridae) Species in Alberta, Saskatchewan, and Manitoba (Canada). *Environmental entomology*. 2021. No 50. Pp. 663-672.

#### References

1. Agayev F. F. Analysis of the Role of Variety Resistance in the Integrated Protection of Potatoes from Late Blight, *Alternaria* and Blackleg in the Ganja-Kazakh Zone of Azerbaijan. *Agrarian Russia*. 2015. № 6. Pp. 40-42.
2. Bondarenko A. N. Improved Methods of Cultivation of Varieties of Mid-Season Potatoes in the Conditions of the North-Western Caspian Region. *Izvestiya NV AUK*. 2023. № 1 (69). Pp. 53-65.
3. Vasiliev A. A. Influence of Balanced Nutrition, Dressing and Timing of Potato Planting on Tuber Yield and Quality. *Agriculture*. 2021. № 2. Pp. 22-26.
4. Gichenkova O. G., Laptina Y. A. Effect of Biological Preparations Based on *Trichoderma* and *Bacillus subtilis* on Potato Productivity in Irrigated Agriculture in the Volgograd Region. *Agrarian Russia*. 2023. № 7. Pp. 17-23.
5. Kuznetsova L. V. Economically Justified Technological Maps of Food Potato Cultivation Based on Adaptive Technologies Used in the Kaluga Region. *Agrarian Russia*. 2021. № 5. Pp. 41-48.
6. Maltsev S. V. On the Efficiency of Treatment of Potato Seed Tubers with Ethylene. *Agricultural Biology*. 2021. V. 56. № 1. Pp. 44-53.
7. Spiridonov A. M., Bronshtein P. M., Racheeva A. I. Influence of New Fertilizers on Potato Yield and Quality. *Agrarian Russia*. 2020. № 2. Pp. 3-6.
8. Starovoitov V. I., Starovoitova O. A., Manokhina A. A., Shabanov N. E., Chaika V. A. Application of Trace Elements in Potato Cultivation – Prerequisites for the Use of Drones. *Machinery and technologies of the agro-industrial complex*. 2021. № 4 (104). Pp. 14-20.
9. Tiranova L. V., Tiranov A. B., Grigoriev A. V. Resource-saving technology of potato cultivation on sod-podzolic soil in the Novgorod region. *Agrarian Russia*. 2019. № 3. Pp. 3-6.
10. Gaj R., Murawska B., Fabisiak-Spychaj E., et al. The impact of cover crops and foliar application of micro-nutrients on accumulation of macronutrients in potato tubers at technological maturity stage. *European journal of horticultural science*. 2018. No 83 (6). Pp. 345-355.
11. Gvozdenac S., Milovac Ž., Vidal St., Crvenković Z., Papuga I., Franeta F., Ovuka J., Cvejić S. Comparison of Chemical and Biological Wireworm Control Options in Serbian Sunflower Fields and a Proposition for a Refined Wireworm Damage Assessment. *Agronomy*. 2022. No 12 (4). V. 758. Pp. 2-21.
12. Hochmuth R., Seal D., Leppla N., Fenneman D., Broughton Rh., Baniya A. Managing Wireworms in Florida Sweet Potatoes 1. *EDIS*. 2021. No 6. Pp. 32-47.
13. Nikoukar At., Ensafi P., Lewis Ed., Crowder D., Rashed A. Efficacy of Naturally Occurring and Commercial Entomopathogenic Nematodes Against Sugar Beet Wireworm (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Economic Entomology*. 2021. V. 114. I. 5. Pp. 2241-2244.
14. Pellegrino A., Woodley A., Huseth A. Understanding the Relationship Between Wireworm (Coleoptera: Elateridae) Damage, Varietal Resistance, and Cover Crop Use in Organic Sweetpotato. *Journal of Economic Entomology*. 2021. V. 114. I. 5. Pp. 2127–2134.
15. Poggi S., Le Cointe R., Lehmus Jörn, Plantegenest M., Furlan L. Alternative Strategies for Controlling Wireworms in Field Crops. A Review. *Agriculture*. 2021. V. 11. No 436. Pp. 2-30.
16. Reinbacher L., Bacher S., Knecht F., Schweizer Ch., Sostizzo T., Grabenweger G. Preventive field application of *Metarhizium brunneum* in cover crops for wireworm control. *International Association for the Plant Protection Sciences*. 2021. No 150. Pp. 40-58.
17. Rittl T., Grønmyr Fr., Bakken I., Løes A.-K. (2023). Effects of organic amendments and cover crops on soil characteristics and potato yields. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*. 2023. V. 73. Pp. 13-26.
18. Van Herk W., Vernon R., Labun T., Sevcik M., Schwinghamer T. Distribution of Pest Wireworm (Coleoptera: Elateridae) Species in Alberta, Saskatchewan, and Manitoba (Canada). *Environmental entomology*. 2021. No 50. Pp. 663-672.

#### Информация об авторе

**Бондаренко Анастасия Николаевна**, доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией агротехнологий овощных культур, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черныярский район, с. Солёное Займище, Северный, д. 8), ORCID ID № 0000-0003-4816-5667, e-mail: pniiiaz@mail.ru

#### Author's Information

**Bondarenko Anastasia Nikolaevna**, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Agricultural Technologies of Vegetable Crops, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsky district, Solyonoye Zaymische, sq. Severnei, 8), ORCID ID № 0000-0003-4816-5667, e-mail: pniiiaz@mail.ru

## THE YIELD OF STEMS AND YIELD OF HEMP FIBER DEPENDING ON FOLIAR FERTILIZATION

<sup>1</sup>Gushchina V. A., <sup>2</sup>Smirnov A. D., <sup>3</sup>Egorova G. S.

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Penza State Agrarian University"  
Penza, Russian Federation

<sup>2</sup>«Konoplex Penza» Limited Liability Company  
Nizhny Lomov, Penza Region, Russian Federation

<sup>3</sup>Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: egorova.g.s.2022@gmail.com

Received 06.10.2024

Submitted 13.02.2024

### Summary

The purpose of the research was to develop elements of the technology of cultivation of seed hemp to obtain a stable and high-quality fiber harvest.

### Abstract

**Introduction.** Seed hemp, with its multipurpose use, is one of the main sources of fiber or hemp, since the proportion of stems in a hemp plant is 60%, and the amount of fiber in them reaches 28-32%, which is 10 times stronger than cotton. A wide range of manufactured products from technical hemp fiber makes this crop very promising for representatives of the agricultural business. But in order to fully realize its biological potential, it is necessary to introduce modern elements of cultivation technology. One of these methods is the low-cost foliar top dressing in various phases of plant development with environmentally friendly preparations in low concentrations. Therefore, the purpose of the research was to develop elements of the technology of cultivation of seed hemp to obtain a stable and high-quality fiber harvest. **Object** of research is the seed variety Surskaya. **Materials and methods.** Studies to determine the effectiveness of foliar processing of seed hemp were carried out at Konoplex Penza LLC in 2019-2021 on leached chernozem according to generally accepted methods. The quality of the fiber, having previously separated it from the bonfire, was determined according to GOST 9993-2014 (GOST 9993-74) "Short hemp. Technical specifications" with changes 1 and 2. **Results and conclusions.** Due to the effect of interaction of factors, the highest yield of stems of 8.50 t/ha was obtained from foliar treatments of hemp in the phase of three pairs of real leaves, followed by budding with preparations of K-Humate-Na with trace elements and Agree's "Magnesium", affecting the accumulation of fiber in the stems up to 27.8%, providing at the same time, its maximum yield is 2.37 t/ha. A noticeable effect on the breaking load of the fiber, which amounted to 30.0 kgf, was exerted by double foliar treatment of plants with Agree's "Calcium (CaO)" preparation with a total fiber content of 27.8% in the stems.

**Keywords:** hemp, foliar feeding of hemp, yield of hemp stalks.

**Citation.** Gushchina V. A., Smirnov A. D., Egorova G. S. The yield of stems and yield of hemp fiber depending on foliar fertilization. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 36-45 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-04.

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

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

УДК 633.522+631.559.2

## УРОЖАЙНОСТЬ СТЕБЛЕЙ И ВЫХОД ВОЛОКНА КОНОПЛИ ПОСЕВНОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЛИСТОВЫХ ПОДКОРМОК

<sup>1</sup>Гушина В. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>2</sup>Смирнов А. Д., кандидат сельскохозяйственных наук

<sup>3</sup>Егорова Г. С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»

г. Пенза, Российская Федерация

<sup>2</sup>ООО «Коноплекс Пенза»

г. Нижний Ломов, Пензенская область, Российская Федерация

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

**Актуальность.** Конопля посевная, при многоцелевом ее использовании, является одним из основных источников получения волокна или пеньки, так как доля стеблей в конопляном растении составляет 60 %, причем количество волокна в них достигает 28-32%, которое по прочности в 10 раз превосходит хлопковое. Богатый ассортимент изготавливаемой продукции из волокна конопли тех-

нической делает эту культуру для представителей аграрного бизнеса очень перспективной. Но для полной реализации ее биологического потенциала необходимо внедрение современных элементов технологии возделывания. Одним из таких приемов является малозатратная листовая подкормка в различные фазы развития растений экологически чистыми препаратами в низких концентрациях. Поэтому цель исследований заключалась в разработке элементов технологии возделывания конопли посевной для получения стабильного и качественного урожая волокна. **Объект** исследований конопля посевная сорт Сурская. **Материалы и методы.** Исследования по определению эффективности foliarной обработки конопли посевной проводили в ООО «Коноплекс Пенза» в 2019-2021 гг. на черноземе выщелоченном по общепринятым методикам. Качество волокна, предварительно отделив его от коры, определяли по ГОСТ 9993-2014 (ГОСТ 9993-74) «Пенька короткая. Технические условия» с изменениями 1 и 2. **Результаты и выводы.** За счет эффекта взаимодействия факторов наибольшая урожайность стеблей 8,50 т/га получена от foliarных обработок конопли посевной в фазу трех пар настоящих листьев с последующей в бутонизацию препаратами К-Гумат-На с микроэлементами и Agree's «Магний», влияющими на накопление волокна в стеблях до 27,8%, обеспечивая при этом максимальный его выход – 2,37 т/га. Заметное влияние на разрывную нагрузку волокна, которая составила 30,0 кгс, оказала двукратная foliarная обработка растений препаратом Agree's «Кальций (CaO)» при содержании общего волокна в стеблях 27,8%.

**Ключевые слова:** конопляная пенька, конопля посевная, волокно, листовые подкормки, комплексные удобрения, разрывная нагрузка.

**Цитирование.** Гущина В. А., Смирнов А. Д., Егорова Г. С. Урожайность стеблей и выход волокна конопли посевной в зависимости от листовых подкормок. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 36-45. DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-04.

**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.** При множестве проблем современного сельского хозяйства очень важным является совершенствование элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур [1] в том числе и конопли технической [2, 3, 4].

Современные технологии должны не только обеспечивать возможность получения высоких и устойчивых урожаев с хорошим качеством, но и снижать отрицательное воздействие на окружающую среду [5], поскольку антропогенное воздействие на нее усиливается [6-8]. Поэтому повышаются требования по экологической безопасности и к продукции текстильной промышленности [9].

Перспективным способом решения данной задачи является применение в технологии выращивания конопли посевной современных препаратов [10], сочетающих в комплексе макромикроэлементы и физиологически активные вещества, которые могут влиять на качество продукции пенькопроизводства.

Конопля посевная, при многоцелевом ее использовании, является одним из основных источников получения волокна или пеньки, так как доля стеблей в конопляном растении составляет 60% [11], причем количество волокна в них достигает 28-32% [12], которое по прочности в 10 раз превосходит хлопковое. Отличаясь особой стойкостью к соленой воде и низким температурам, оно проявляет высокую устойчивость к гниению. Это свойство позволяет использовать конопляное волокно для изготовления предметов, постоянно находящихся в условиях повышенной влажности. К ним относятся: паруса, рыболовные сети, хозяйственные веревки, морские и речные канаты, палатки, пожарные рукава. Волокно идет для изготовления различных видов тарной ткани, в том числе брезента, парусины, мешковины, обивочной и драпировочной ткани, технического текстиля: строп парашюта, упряжи, тетивы для луков, а также шпагата и приводных ремней, широко используемых в машиностроении [13, 14]. На основе конопляного волокна изготавливают водонепроницаемую ткань, повседневную и спортивную одежду, прочную и удобную обувь, рюкзаки и сумки [15], автомобильные панели. При строительстве малоэтажных домов пеньковолокно идет для изготовления утеплителя и наполнителя, а в химической промышленности – для производства биокomпозитных материалов и углепластиков [16].

Богатый ассортимент изготавливаемой продукции из волокна конопли технической делает эту культуру для представителей аграрного бизнеса очень перспективной. Но для полной реализации ее биологического потенциала необходимо внедрение современных элементов технологии возделывания. Одним из таких приемов является малозатратная



листовая подкормка конопли посевной в различные фазы развития растений экологически чистыми препаратами в низких концентрациях. Поэтому цель исследований заключалась в разработке элементов технологии возделывания конопли посевной для получения стабильного и качественного урожая волокна.

**Материалы и методы.** Исследования по определению эффективности foliarной обработки конопли посевной проводили в ООО «Коноплекс Пенза» в 2019-2021 гг. на черноземе выщелоченном по общепринятым методикам. Пахотный горизонт почвы характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса по И.В. Тюнину – 4,8...5,1% (ГОСТ 26213-91), легкогидролизуемого азота по Корнфилду – 72...105 мг/кг почвы, подвижного фосфора 32,1...55,0 и обменного калия 78...90 мг/кг почвы (ГОСТ 26204-91), обменного кальция и магния 15,6 и 4,1 мг-экв./кг почвы соответственно (метод ЦИНАО, ГОСТ 26487-85). Обеспеченность почвы микроэлементами различная: бором – высокая, цинком и марганцем – средняя, медью – низкая.

Двухфакторный полевой опыт закладывали в четырехкратной повторности методом расщепленных делянок по Б. А. Доспехову (1985) [17] с площадью делянок первого порядка 70 м<sup>2</sup>, второго – 10 м<sup>2</sup>.

Фактор А – некорневая подкормка: 1. Фаза трех пар настоящих листьев; 2. Фаза бутонизации; 3. Фаза трех пар настоящих листьев + фаза бутонизации.

Фактор В – препараты: 1. Контроль (обработка растений водой); 2. Поли-Фид (5 кг/га), препарат содержащий макро- и микроэлементы в хелатной форме; 3. К-Гумат-На с микроэлементами (1л/га) – удобрение на основе гуминовых кислот; 4. Agree's «Магний» (3 л/га) – жидкое комплексное удобрение с высокой концентрацией магния и аминокислотами; 5. Agree's «Аминовит» (1,4 л/га) – жидкое органо-минеральное удобрение с комплексом макро- и микроэлементов в хелатной форме; 6. Agree's «Кальций» (CaO)» (3 л/га) – жидкое органо-минеральное удобрение с содержанием кальция и азота; 7. Полишанс (0,4 л/га) – сбалансированная смесь микроэлементов на основе экстракта морских водорослей.

Подкормку проводили с помощью ручного опрыскивателя, расход рабочей жидкости 250 л/га.

Коноплю посевную сорт Сурская высевали рядовым способом сеялкой Amazone Д9 на глубину 3-4 см с нормой посева 2 млн. шт./га всхожих семян. Самый ранний посев, 6 мая, проведен в 2019 г., во второй год исследований он задержался на 25 дней, а в 2021 г. опыт заложили 12 мая. Ежегодно под предпосевную культивацию вносили N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>R<sub>60</sub>, а для уничтожения сорной растительности на ранних этапах развития конопли проводили боронование легкими боронами.

Урожайность стеблей учитывали сплошным поделяночным методом.

Качество волокна, предварительно отделив его от костры, определяли по ГОСТ 9993-2014 (ГОСТ 9993-74) «Пенька короткая. Технические условия» с изменениями 1 и 2.

В годы исследований условия увлажнения и температурный режим по фазам развития растений различались. Наиболее оптимальным для формирования стеблевой массы был 2020 г., хотя, судя по гидротермическому коэффициенту (0,68), в период всходы-созревание складывались засушливые условия. Однако формирование стеблей и волокна в них проходило при достаточном (ГТК – 1,12) и избыточном (ГТК – 1,62) увлажнении. В первый и третий годы проведения эксперимента ГТК составил 0,74 и 0,90 соответственно, то есть наблюдали неустойчивое увлажнение.

**Результаты и обсуждение.** Востребованность конопляной пеньки, как натурального волокна, возрастает, поэтому необходима предельно высокая урожайность стеблей.

Наибольшей высотой отличалась конопля в 2020 г., поэтому в среднем по опыту получили максимальную урожайность стеблей – 8,87 т/га (табл. 1). В первый год исследований она меньше на 1,67 т/га, в третий – на 0,4 т/га. На формирование стеблевой массы значительное влияние оказывают листовые подкормки конопли, проведенные в различные фазы развития. Причем, чем раньше она проведена, тем лучше эффект. От foliarной обработки в фазу трех пар настоящих листьев в 2020 г. стеблевая продуктивность достигла 9,10 т/га и превышала контроль на 0,73 т/га. При подкормке в фазу бутонизации она снизилась до 8,54 т/га, а от сочетания двух некорневых подкормок возросла до 9,22 т/га против 8,36 т/га в контроле.

Таблица 1 – Урожайность стеблей конопли посевной, т/га  
Table 1 – Yield of hemp stems, t/ha

| Фактор А –<br>некорневая<br>подкормка /<br>Factor A – foliar<br>feeding                     | Фактор В – препарат / Factor B – drug                             | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. | Среднее /<br>Average |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|----------------------|
| Три пары настоящих<br>листьев / Three Pairs<br>of True Leaves                               | Контроль (вода) / Control (Water)                                 | 6,91    | 8,37    | 7,83    | 7,70                 |
|                                                                                             | Поли-Фид / Poly-Feed                                              | 7,29    | 9,13    | 8,66    | 8,36                 |
|                                                                                             | К-Гумат-На с микроэлементами /<br>K-Humate-Na with trace elements | 7,36    | 9,15    | 8,74    | 8,42                 |
|                                                                                             | Agree`s «Магний» / Magnesium                                      | 7,34    | 9,16    | 8,72    | 8,41                 |
|                                                                                             | Agree`s «Аминовит» / Aminovit                                     | 7,26    | 9,06    | 8,60    | 8,31                 |
|                                                                                             | Agree`s «Кальций (CaO)» /<br>Calcium (CaO)                        | 7,24    | 9,05    | 8,57    | 8,29                 |
|                                                                                             | Полишанс / Polyshans                                              | 7,25    | 9,04    | 8,59    | 8,29                 |
| Среднее по некорневой подкормке /<br>Average for foliar feeding                             |                                                                   | 7,29    | 9,10    | 8,65    | 8,35                 |
| Бутонизация /<br>Budding                                                                    | Контроль (вода) / Control (Water)                                 | 6,90    | 8,34    | 7,81    | 7,68                 |
|                                                                                             | Поли-Фид / Poly-Feed                                              | 7,02    | 8,54    | 8,30    | 7,95                 |
|                                                                                             | К-Гумат-На с микроэлементами /<br>K-Humate-Na with trace elements | 7,06    | 8,57    | 8,37    | 8,00                 |
|                                                                                             | Agree`s «Магний» / Magnesium                                      | 7,04    | 8,57    | 8,37    | 7,99                 |
|                                                                                             | Agree`s «Аминовит» / Aminovit                                     | 7,03    | 8,53    | 8,29    | 7,95                 |
|                                                                                             | Agree`s «Кальций (CaO)» /<br>Calcium (CaO)                        | 7,02    | 8,52    | 8,28    | 7,94                 |
|                                                                                             | Полишанс / Polyshans                                              | 7,03    | 8,53    | 8,29    | 7,95                 |
| Среднее по некорневой подкормке /<br>Average for foliar feeding                             |                                                                   | 7,03    | 8,54    | 8,32    | 7,96                 |
| Три пары настоящих<br>листьев +<br>бутонизация / Three<br>pairs of real leaves +<br>budding | Контроль (вода) / Control (Water)                                 | 6,89    | 8,36    | 7,80    | 7,68                 |
|                                                                                             | Поли-Фид / Poly-Feed                                              | 7,34    | 9,25    | 8,74    | 8,44                 |
|                                                                                             | К-Гумат-На с микроэлементами /<br>K-Humate-Na with trace elements | 7,40    | 9,28    | 8,82    | 8,50                 |
|                                                                                             | Agree`s «Магний» / Magnesium                                      | 7,39    | 9,29    | 8,83    | 8,50                 |
|                                                                                             | Agree`s «Аминовит» / Aminovit                                     | 7,30    | 9,18    | 8,69    | 8,39                 |
|                                                                                             | Agree`s «Кальций (CaO)» /<br>Calcium (CaO)                        | 7,29    | 9,17    | 8,66    | 8,37                 |
|                                                                                             | Полишанс / Polyshans                                              | 7,31    | 9,16    | 8,68    | 8,38                 |
| Среднее по некорневой подкормке /<br>Average for foliar feeding                             |                                                                   | 7,33    | 9,22    | 8,74    | 8,43                 |
| Среднее по<br>препаратам / Average<br>for drugs                                             | Контроль (вода) / Control (Water)                                 | 6,90    | 8,36    | 7,80    | 7,68                 |
|                                                                                             | Поли-Фид / Poly-Feed                                              | 7,22    | 8,97    | 8,57    | 8,25                 |
|                                                                                             | К-Гумат-На с микроэлементами /<br>K-Humate-Na with trace elements | 7,27    | 9,00    | 8,64    | 8,30                 |
|                                                                                             | Agree`s «Магний» / Magnesium                                      | 7,27    | 9,01    | 8,64    | 8,30                 |
|                                                                                             | Agree`s «Аминовит» / Aminovit                                     | 7,20    | 8,92    | 8,53    | 8,22                 |
|                                                                                             | Agree`s «Кальций (CaO)» /<br>Calcium (CaO)                        | 7,18    | 8,91    | 8,50    | 8,20                 |
|                                                                                             | Полишанс / Polyshans                                              | 7,20    | 8,91    | 8,52    | 8,21                 |
| НСР <sub>05</sub> , А                                                                       |                                                                   | 0,08    | 0,04    | 0,01    |                      |
| НСР <sub>05</sub> , В                                                                       |                                                                   | 0,10    | 0,07    | 0,02    |                      |
| НСР <sub>05</sub> , для частных различий / for partial differences                          |                                                                   | 0,20    | 0,11    | 0,04    |                      |

Из применяемых удобрений на урожайность стеблей в большей степени повлиял Agree`s «Магний» и она составила 9,01 т/га, превышая контроль на 0,65 т/га. От подкормки К-Гумат-На с микроэлементами урожайность составила 9,00 т/га, препаратом Поли-Фид – 8,97 т/га.

В целом по опыту все остальные изучаемые препараты тоже были эффективными, урожайность стеблей составила 8,91...8,97 т/га. Лучшие условия для формирования стеблевой массы конопли отмечены при подкормке растений в фазу трех пар настоящих листьев с последующей в бутонизацию препаратами Agree's «Магний», К-Гумат-На с микроэлементами и Поли-Фид с урожайностью соответственно 9,29 т/га, 9,28 и 9,25 т/га.

Тенденция по действию удобрений сохранилась и в другие годы исследований, однако урожайность стеблей в 2019 г. была наименьшей, 6,89...7,40 т/га.

Менее эффективной оказалась подкормка в фазу бутонизации с продуктивностью стеблей 7,02...7,06 т/га, в контроле 6,90 т/га. Лучше реагировали растения конопли на раннюю подкормку, урожайность стеблей при этом составила 7,24...7,36 т/га. От двукратной подкормки урожайность возросла незначительно – на 0,03...0,06 т/га, но выше, чем в контроле. В этом году в период интенсивного нарастания стеблей наблюдался недостаток влаги при высоких температурах.

Июньские осадки 2021 г. повлияли на рост стеблей и от первой foliarной обработки их урожайность возросла до 8,65 т/га, превышая контроль на 0,82 т/га. При подкормке конопли в фазу бутонизации урожайность снизилась на 0,33 т/га, но на 0,09 т/га возросла при двукратной листовой обработке по отношению к первой.

Таким образом, в этом году оказались эффективными подкормки в любую фазу развития и всеми препаратами (8,50...8,66 т/га, в контроле – 7,80 т/га).

В среднем за три года за счет эффекта взаимодействия факторов наибольшая урожайность стеблей 8,50 т/га получена от двух foliarных обработок конопли в фазу трех пар настоящих листьев с последующей в бутонизацию препаратами К-Гумат-На и Agree's «Магний». От подкормки Поли-Фидом урожайность снизилась только на 0,06 т/га, от других препаратов – на 0,12...0,13 т/га. То есть все изучаемые в опыте препараты оказали заметное влияние на увеличение урожайности стеблей конопли на 0,69...0,82 т/га особенно при двукратной ее подкормке.

Лубоволокнистый слой стебля конопли представляет собой проводящую систему сосудисто-волоконистых пучков, которая входит в состав механических тканей, придает прочность и устойчивость растению. Он является – источником получения волокна.

Волокно в стебле конопли образуется с самого начала развития растения и продолжается до созревания матерки. Наиболее интенсивно этот процесс проходит от появления трех пар листьев, когда проведена первая подкормка конопли и до массового ее цветения. В данный период в первый и третий годы исследований ГТК составил – 0,4, во второй – 1,01, то есть образование волокна протекало при сухих условиях и достаточном увлажнении соответственно. Поэтому самое высокое содержание волокна 27,2...28,7% обнаружено в стеблях конопли урожая 2020 г.

На его образование влияют применяемые для подкормки удобрения и фаза развития растений, в которую проводится их обработка. Для конопли очень важной является ранняя подкормка, поэтому при foliarной обработке в фазе трех пар настоящих листьев содержание волокна в стеблях составило 28,0...28,6%, в контроле – 27,4%. Вторая подкормка макро- и микроэлементными удобрениями практически не повлияла на накопление волокна. По фазе обработки его содержание находилось в пределах ошибки опыта.

И только от двукратной foliarной обработки его количество в стеблях возросло до 28,1...28,7%, против 27,3% в контроле. Причем от применения Agree's «Магний», К-Гумат-На с микроэлементами и Agree's «Кальций (CaO)» его содержание было наибольшее. В этих же вариантах образовалось одинаковое количество волокна в стеблях конопли в другие годы исследований, однако по отношению к этому году его содержание в 2021 г. снизилось на 0,4...0,6%, в 2019 г. – на 1,8...2,3% и составило 26,8... 28,1%, 25,3...26,5% соответственно.

В среднем за три года в контрольном варианте общее содержание волокна не превышало 26,5%. Обработка посевов препаратами в фазу бутонизации приводила к незначительному увеличению волокна в стеблях конопли по отношению к контролю, всего на 0,3%. Свой потенциал продуктивности растения реализуют с начала роста и развития, поэтому от подкормки в фазу трех пар настоящих листьев содержание волокна возросло в среднем до 27,4%. Только на 0,2% к этой фазе его количество увеличилось от двукратной обработки.

В среднем по препаратам наиболее эффективными были К-Гумат-На с микроэлементами, Agree's «Магний» и Agree's «Кальций (СаО)», где содержание волокна составило 27,4%. Двукратная фолиарная обработка конопли этими препаратами увеличила содержание волокна до 27,8% (рисунок).

При возделывании конопли важнейшим показателем является сбор волокна, величина которого зависит от урожайности стеблей и содержания в них волокна. Поэтому в 2020 г. наибольшей урожайности стеблей соответствовал наибольший сбор волокна, который в среднем по опыту составил 2,48 т/га. Следует отметить, что в этот же году были оптимальные условия для его образования (таблица 2). Установлена сильная прямая зависимость сбора волокна от урожайности стеблей конопли посевной. Коэффициент корреляции, указывающий на высокую взаимосвязь между изучаемыми показателями, составил 0,99. Линейная зависимость сбора волокна от урожайности стеблей описывается уравнением регрессии  $y = 0,3812x - 0,8916$ . Коэффициент линейной регрессии показывает, что повышение урожайности стеблей конопли посевной на единицу (т/га) приведет к увеличению сбора конопляного волокна в среднем на 0,381 т/га.

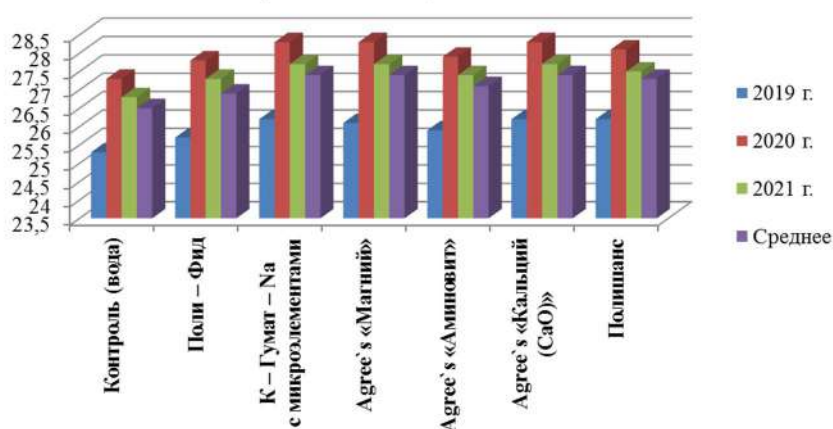


Рисунок – Содержание волокна в стеблях конопли (среднее по препаратам), %  
Figure – Fiber content in hemp stems (average for preparations), %

Выход волокна в 2019 г. был на 0,62 т/га ниже, чем в следующем и на 0,46 т/га – чем в 2021 г. Во все годы исследований отмечена высокая эффективность обработки микроэлементами удобрениями в фазу трех пар настоящих листьев, когда выход волокна составил 1,90 т/га, 2,58 и 2,39 т/га соответственно годам исследований. От подкормки в фазу бутонизации его выход был меньше на 0,09 т/га, 0,23 и 0,14 т/га. Наибольших значений, 1,94 т/га, 2,62 и 2,44 т/га, сбор волокна достиг в варианте с двукратной некорневой подкормкой.

В среднем за три года закономерность сохранилась, но по препаратам сбор волокна изменялся слабо и находился в пределах 2,23...2,28 т/га, превышая контроль на 0,19...0,24 т/га. Наиболее эффективными оказались К-Гумат-На с микроэлементами и Agree's «Магний». Максимальное количество волокна, 2,37 т/га получили при двукратной фолиарной обработке растений этими препаратами. То есть, совершенствуя энергосберегающие элементы технологии возделывания технической конопли, увеличивается выход натурального волокна для удовлетворения потребностей текстильной промышленности.

Условия произрастания конопли влияют не только на урожайность стеблей, но и на прочность волокна, которая измеряется в кгс (киллограмм-сила) и называется разрывной нагрузкой. В первый год исследований в среднем по опыту она составила 28,2 кгс и была ниже, чем в последующие годы на 1,1 и 0,7 кгс соответственно (табл. 3). Недостаток влаги и высокая температура в 2019 г. ухудшили качество волокна, хотя согласно ГОСТ 9993 – 2014 разрывная нагрузка соответствовала второму классу (25 кгс). Прочность волокна от ранней подкормки препаратами превышала контроль на 1,3 кгс и составила 28,5 кгс. Подкормка в бутонизацию не повысила ее (28,2 кгс).

От двукратной фолиарной обработки она возросла до 28,7 кгс. Наиболее заметное влияние на этот показатель оказала листовая подкормка препаратом Agree's «Кальций (СаО)», причем прочность волокна была практически одинаковой, где присутствует обработка растений в фазу трех пар настоящих листьев (29,6 и 29,7 кгс).



Крепость волокна урожая 2020 г. в среднем по опыту была самой высокой 29,3 кгс. Но и этот показатель не соответствовал первому классу (31 кгс).

Однократная фолиарная обработка конопли в фазу трех пар настоящих листьев и двукратная их подкормка кальцийсодержащим жидким комплексным удобрением повысили разрывную нагрузку волокна до 30,1 и 30,2 кгс соответственно. Таким образом, препарат Agree's «Кальций (CaO)», в большей степени, оказывает влияние на формирование тканей и качество продукции в ранние фазы развития растений.

Таблица 2 – Сбор конопляного волокна, т/га  
Table 2 – Hemp fiber harvest, t/ha

| Фактор А –<br>некорневая<br>подкормка /<br>Factor A –<br>foliar feeding                     | Фактор В – препарат / Faktor B – drug                             | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. | Среднее /<br>Average |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|----------------------|
| Три пары настоящих<br>листьев / Three Pairs<br>of True Leaves                               | Контроль (вода) / Control (Water)                                 | 1,75    | 2,29    | 2,10    | 2,05                 |
|                                                                                             | Поли-Фид / Poly-Feed                                              | 1,88    | 2,56    | 2,37    | 2,27                 |
|                                                                                             | К-Гумат-На с микроэлементами /<br>K-Humate-Na with trace elements | 1,94    | 2,61    | 2,45    | 2,33                 |
|                                                                                             | Agree's «Магний» / Magnesium                                      | 1,92    | 2,61    | 2,43    | 2,33                 |
|                                                                                             | Agree's «Аминовит» / Aminovit                                     | 1,88    | 2,54    | 2,36    | 2,26                 |
|                                                                                             | Agree's «Кальций (CaO)» /<br>Calcium (CaO)                        | 1,90    | 2,58    | 2,38    | 2,29                 |
|                                                                                             | Полишанс / Polyshans                                              | 1,90    | 2,56    | 2,37    | 2,28                 |
| Среднее по некорневой подкормке /<br>Average for foliar feeding                             |                                                                   | 1,90    | 2,58    | 2,39    | 2,29                 |
| Бутонизация /<br>Budding                                                                    | Контроль (вода) / Control (Water)                                 | 1,76    | 2,26    | 2,09    | 2,04                 |
|                                                                                             | Поли-Фид / Poly-Feed                                              | 1,79    | 2,34    | 2,24    | 2,12                 |
|                                                                                             | К-Гумат-На с микроэлементами /<br>K-Humate-Na with trace elements | 1,81    | 2,36    | 2,27    | 2,15                 |
|                                                                                             | Agree's «Магний» / Magnesium                                      | 1,80    | 2,37    | 2,28    | 2,15                 |
|                                                                                             | Agree's «Аминовит» / Aminovit                                     | 1,80    | 2,33    | 2,24    | 2,12                 |
|                                                                                             | Agree's «Кальций (CaO)» /<br>Calcium (CaO)                        | 1,81    | 2,36    | 2,25    | 2,14                 |
|                                                                                             | Полишанс / Polyshans                                              | 1,82    | 2,33    | 2,24    | 2,13                 |
| Среднее по некорневой подкормке /<br>Average for foliar feeding                             |                                                                   | 1,81    | 2,35    | 2,25    | 2,14                 |
| Три пары настоящих<br>листьев +<br>бутонизация / Three<br>pairs of real leaves +<br>budding | Контроль (вода) / Control (Water)                                 | 1,75    | 2,28    | 2,10    | 2,04                 |
|                                                                                             | Поли-Фид / Poly-Feed                                              | 1,90    | 2,59    | 2,40    | 2,30                 |
|                                                                                             | К-Гумат-На с микроэлементами /<br>K-Humate-Na with trace elements | 1,97    | 2,66    | 2,48    | 2,37                 |
|                                                                                             | Agree's «Магний» / Magnesium                                      | 1,96    | 2,67    | 2,48    | 2,37                 |
|                                                                                             | Agree's «Аминовит» / Aminovit                                     | 1,91    | 2,58    | 2,41    | 2,30                 |
|                                                                                             | Agree's «Кальций (CaO)» /<br>Calcium (CaO)                        | 1,93    | 2,63    | 2,43    | 2,33                 |
|                                                                                             | Полишанс / Polyshans                                              | 1,94    | 2,61    | 2,41    | 2,32                 |
| Среднее по некорневой подкормке /<br>Average for foliar feeding                             |                                                                   | 1,94    | 2,62    | 2,44    | 2,33                 |
| Среднее по<br>препаратам /<br>Average for drugs                                             | Контроль (вода) / Control (Water)                                 | 1,75    | 2,27    | 2,10    | 2,04                 |
|                                                                                             | Поли-Фид / Poly-Feed                                              | 1,86    | 2,50    | 2,34    | 2,23                 |
|                                                                                             | К-Гумат-На с микроэлементами /<br>K-Humate-Na with trace elements | 1,90    | 2,54    | 2,40    | 2,28                 |
|                                                                                             | Agree's «Магний» / Magnesium                                      | 1,89    | 2,55    | 2,40    | 2,28                 |
|                                                                                             | Agree's «Аминовит» / Aminovit                                     | 1,86    | 2,48    | 2,34    | 2,23                 |
|                                                                                             | Agree's «Кальций (CaO)» /<br>Calcium (CaO)                        | 1,88    | 2,52    | 2,35    | 2,25                 |
|                                                                                             | Полишанс / Polyshans                                              | 1,89    | 2,50    | 2,34    | 2,24                 |
| НСР <sub>05</sub> , А                                                                       |                                                                   | 0,02    | 0,01    | 0,01    |                      |
| НСР <sub>05</sub> , В                                                                       |                                                                   | 0,03    | 0,02    | 0,01    |                      |
| НСР <sub>05</sub> , для частных различий /<br>for partial differences                       |                                                                   | 0,05    | 0,03    | 0,03    |                      |

Таблица 3 – Разрывная нагрузка конопляного волокна, кгс

Table 3 – Breaking load of hemp fiber, kg

| Фактор А –<br>некорневая<br>подкормка /<br>Factor A –<br>foliar feeding                    | Фактор В – препарат /<br>Faktor B – drug                          | 2019 г. | 2020 г. | 2021 г. | Среднее /<br>Average |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|----------------------|
| Три пары настоящих<br>листьев / Three Pairs<br>of True Leaves                              | Контроль (вода) / Control (Water)                                 | 27,3    | 28,7    | 28,2    | 28,1                 |
|                                                                                            | Поли-Фид / Poly-Feed                                              | 27,9    | 29,3    | 28,8    | 28,7                 |
|                                                                                            | К-Гумат-На с микроэлементами /<br>K-Humate-Na with trace elements | 28,2    | 29,6    | 29,0    | 28,9                 |
|                                                                                            | Agree`s «Магний» / Magnesium                                      | 28,4    | 29,5    | 29,1    | 29,0                 |
|                                                                                            | Agree`s «Аминовит» / Aminovit                                     | 28,3    | 29,5    | 28,9    | 28,9                 |
|                                                                                            | Agree`s «Кальций (CaO)» /<br>Calcium (CaO)                        | 29,6    | 30,1    | 29,8    | 29,8                 |
|                                                                                            | Полишанс / Polyshans                                              | 28,4    | 29,7    | 28,9    | 29,0                 |
| Среднее по некорневой подкормке /<br>Average for foliar feeding                            |                                                                   | 28,5    | 29,6    | 29,1    | 29,0                 |
| Бутонизация /<br>Budding                                                                   | Контроль (вода) / Control (Water)                                 | 27,5    | 28,6    | 28,2    | 28,1                 |
|                                                                                            | Поли-Фид / Poly-Feed                                              | 27,9    | 29,0    | 28,6    | 28,5                 |
|                                                                                            | К-Гумат-На с микроэлементами /<br>K-Humate-Na with trace elements | 28,0    | 29,1    | 28,9    | 28,7                 |
|                                                                                            | Agree`s «Магний» / Magnesium                                      | 28,1    | 29,1    | 28,8    | 28,7                 |
|                                                                                            | Agree`s «Аминовит» / Aminovit                                     | 28,0    | 29,0    | 28,7    | 28,6                 |
|                                                                                            | Agree`s «Кальций (CaO)» /<br>Calcium (CaO)                        | 28,9    | 29,3    | 29,0    | 29,1                 |
|                                                                                            | Полишанс / Polyshans                                              | 28,1    | 29,0    | 28,6    | 28,6                 |
| Среднее по некорневой подкормке /<br>Average for foliar feeding                            |                                                                   | 28,2    | 29,1    | 28,8    | 28,7                 |
| Три пары настоящих<br>листьев + бутониза-<br>ция / Three pairs of<br>real leaves + budding | Контроль (вода) / Control (Water)                                 | 27,4    | 28,7    | 28,1    | 28,1                 |
|                                                                                            | Поли-Фид / Poly-Feed                                              | 28,2    | 29,5    | 28,9    | 28,9                 |
|                                                                                            | К-Гумат-На с микроэлементами /<br>K-Humate-Na with trace elements | 28,3    | 29,6    | 29,2    | 29,1                 |
|                                                                                            | Agree`s «Магний» / Magnesium                                      | 28,5    | 29,7    | 29,3    | 29,2                 |
|                                                                                            | Agree`s «Аминовит» / Aminovit                                     | 28,7    | 29,6    | 29,0    | 29,1                 |
|                                                                                            | Agree`s «Кальций (CaO)» /<br>Calcium (CaO)                        | 29,7    | 30,2    | 30,0    | 30,0                 |
|                                                                                            | Полишанс / Polyshans                                              | 28,6    | 29,7    | 29,0    | 29,1                 |
| Среднее по некорневой подкормке /<br>Average for foliar feeding                            |                                                                   | 28,5    | 29,6    | 29,1    | 29,2                 |
| Среднее по<br>препаратам / Average<br>for drugs                                            | Контроль (вода) / Control (Water)                                 | 27,4    | 28,7    | 28,2    | 28,1                 |
|                                                                                            | Поли-Фид / Poly-Feed                                              | 28,0    | 29,3    | 28,8    | 28,7                 |
|                                                                                            | К-Гумат-На с микроэлементами /<br>K-Humate-Na with trace elements | 28,1    | 29,4    | 29,0    | 28,9                 |
|                                                                                            | Agree`s «Магний» / Magnesium                                      | 28,3    | 29,4    | 29,0    | 28,9                 |
|                                                                                            | Agree`s «Аминовит» / Aminovit                                     | 28,3    | 29,3    | 28,9    | 28,8                 |
|                                                                                            | Agree`s «Кальций (CaO)» /<br>Calcium (CaO)                        | 29,4    | 29,9    | 29,6    | 29,6                 |
|                                                                                            | Полишанс / Polyshans                                              | 28,4    | 29,5    | 28,8    | 28,9                 |
| НСР <sub>05</sub> , А                                                                      |                                                                   | 0,3     | 0,3     | 0,4     |                      |
| НСР <sub>05</sub> , В                                                                      |                                                                   | 0,4     | 0,5     | 0,6     |                      |
| НСР <sub>05</sub> для частных различий /<br>for partial differences                        |                                                                   | 0,7     | 0,8     | 1,1     |                      |

Высокая эффективность комплексных препаратов в период трех пар настоящих листьев отмечена и в 2021 г. Прочность волокна составила 29,1 кгс, что выше от подкормки конопли в бутонизацию на 0,3 кгс.

Но самое крепкое волокно с разрывной нагрузкой 30,0 кгс получено при подкормке конопли дважды препаратом Agree`s «Кальций (CaO)», в контроле она была ниже на 1,9 кгс.

В среднем за три года, при сложившихся условиях, эффективным приемом является некорневая подкормка комплексными удобрениями при достижении растениями фазы трех пар настоящих листьев с последующей в бутонизацию. Наиболее заметное влияние на прочность волокна оказала фолиарная обработка препаратом Agree's «Кальций (CaO)», которая составила 30,0 кгс, что превышает контроль на 1,9 кгс или на 6,8%.

**Заключение.** За счет эффекта взаимодействия факторов наибольшая урожайность стеблей 8,50 т/га получена от фолиарных обработок конопли посевной в фазу трех пар настоящих листьев с последующей в бутонизацию препаратами К-Гумат-На с микроэлементами и Agree's «Магний», влияющими на накопление волокна в стеблях до 27,8%, обеспечивая при этом максимальный его выход – 2,37 т/га. Заметное влияние на разрывную нагрузку волокна, которая составила 30,0 кгс, оказала двукратная фолиарная обработка растений препаратом Agree's «Кальций (CaO)» при содержании общего волокна в стеблях 27,8%.

**Conclusions.** Due to the effect of the interaction of factors, the highest yield of stems of 8.50 t/ha was obtained from foliary treatments of hemp in the phase of three pairs of true leaves, followed by budding with preparations K-Humate-Na with trace elements and Agree's Magnesium, which affect the accumulation of fiber in stems up to 27.8%, while providing its maximum yield of 2.37 t/ha which amounted to 30.0 kgf, was provided by double foliary treatment of plants with Agree's Calcium (CaO) with a total fiber content of 27.8% in the stems.

#### Библиографический список

1. Медведев Г. А., Михальков Д. Е., Екатериничева Н. Г. Эффективность рапса ярового и горчицы си-зой в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 3 (35). С. 58-62.
2. Плужникова И. И., Кriuшин Н. В., Бакулова И. В. Совершенствование приема обработки семян конопли посевной с помощью современных препаратов. Аграрная Россия. 2020. № 10. С. 20-25.
3. Плужникова И. И., Долженко Д. О., Кriuшин Н. В., Бакулова И. В. Влияние протравителя и минеральных удобрений на развитие и урожайность растений конопли посевной. Аграрная Россия. 2019. № 9. С. 13-20.
4. Воронов С. И., Жевнеров А. В., Белопухов С. Л. и др. Определение сульфит-ионов в объектах агро-сферы с применением модифицированного сорбента для реагентов аналитической реакции. Аграрная Россия. 2023. № 3. С. 36-40.
5. Ханиева И. М., Чапаев Т. М., Канукова К. Р. Симбиотическая деятельность посевов чечевицы на выщелоченных черноземах предгорной зоны КБР. Фундаментальные исследования. 2013. № 11-6. С. 1197-1202.
6. Бакулова И. В., Плужникова И. И., Кriuшин Н. В. Приемы возделывания конопли посевной в лесостепи Среднего Поволжья. Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 9-13.
7. Бакулова И. В., Плужникова И. И., Кriuшин Н. В. Эффективность применения гуминового препарата при возделывании конопли посевной. Аграрный научный журнал. 2021. № 10. С. 8-12.
8. Егорова Г. С., Тивелев А. В. Качественные показатели маслосемян и урожайность гибрида подсолнечника гарант в зависимости от способов основной обработки почвы и регуляторов роста растений на черноземах Волгоградской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 1 (29). С. 41-45.
9. Serkov V. A., Danilov M. V., Koshelyaev V. V., Volodkin A. A. Effect of growth regulators on the content of basic cannabinoids in the plants of monoecious cannabis sativa. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. V. 9. N 5. Pp. 567-572.
10. Серков В. А., Белопухов С. Л., Дмитриевская И. И. Применение защитно-стимулирующих комплексов на технической конопле. Агрохимия. 2020. № 2. С. 51-60.
11. Смирнов А. А., Серков В. А., Зеленина О. Н. К вопросу общей концепции инновационного развития отечественного коноплеводства. Достижения науки и техники АПК. 2011. № 12. С. 34-35.
12. Серков В. А., Сальников С. В., Климова Л. В. Специфика применения приёма чеканки в производственном процессе производства волокна и масла однодочной конопли. Нива Поволжья. 2012. № 1 (22). С. 45-51.
13. Басова Н. В., Новиков Э. В., Безбаченко А. В., Хомилов А. С., Поселенов Д. Д. Схема переработки технической конопли в однотипную пеньку. Вестник Казанского ГАУ. 2020. № 1 (57). С. 63-67.
14. Исламгулов Д. Р., Бикбаева Г. Г. Состояние и перспективы развития коноплеводства. Вестник БГАУ. 2020. № 4. С. 36-40.
15. Морыганов А. П. Отечественное целлюлозное волокно-перспективное сырье для российской текстильной промышленности. Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2018. № 4 (376). С. 44-49.
16. Adamovics A., Ivanovs S., Bulgakov V. Investigations about the impact of the sowing time and rate of the biomass yield and quality of industrial hemp. Agronomy Research. 2017. V. 15. № 4.
17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

#### References

1. Medvedev G. A., Mikhalkov D. E., Yekaterinicheva N. G. The effectiveness of spring rapeseed and blue mustard in the subzone of light chestnut soils of the Volgograd region. Proceedings of the Nizhnevolyzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2014. No 3 (35). Pp. 58-62.
2. Pluzhnikova I. I., Kriuшин N. V., Bakulova I. V. Improving the reception of seed seed treatment with the help of modern preparations. Agrarian Russia. 2020. No 10. Pp. 20-25.
3. Pluzhnikova I. I., Dolzhenko D. O., Kriuшин N. V., Bakulova I. V. The influence of a mordant and mineral fertilizers on the development and yield of cannabis plants. Agrarian Russia. 2019. No 9. Pp. 13-20.

4. Voronov S. I., Zhevnerov A. V., Belopukhov S. L., et al. Determination of sulfite ions in agrosphere objects using a modified sorbent for analytical reaction reagents. *Agrarian Russia*. 2023. No 3. Pp. 36-40.
5. Khanieva I. M., Chapaev T. M., Kanukova K. R. Symbiotic activity of lentil crops on leached chernozems of the foothill zone of the CBD. *Fundamental research*. 2013. No 11-6. Pp. 1197-1202.
6. Bakulova I. V., Pluzhnikova I. I., Kriushin N. V. Methods of cultivation of hemp in the forest-steppe of the Middle Volga region. *Agrarian Scientific Journal*. 2020. No 10. Pp. 9-13.
7. Bakulova I. V., Pluzhnikova I. I., Kriushin N. V. The effectiveness of using a humic drug in the cultivation of seed hemp. *Agrarian Scientific Journal*. 2021. No 10. Pp. 8-12.
8. Egorova G. S., Tivelev A. V. Qualitative indicators of oilseeds and yield of sunflower hybrid garant depending on the methods of basic tillage and plant growth regulators in the chernozems of the Volgograd region. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education*. 2013. No 1 (29). Pp. 41-45.
9. Serkov V. A., Danilov M. V., Koshelyaev V. V., Volodkin A. A. Effect of growth regulators on the content of basic cannabinoids in the plants of monoecious cannabis sativa. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. V. 9. N 5. Pp. 567-572.
10. Serkov V. A., Belopukhov S. L., Dmitrevskaya I. I. Application of protective and stimulating complexes on technical hemp. *Agrochemistry*. 2020. No 2. Pp. 51-60.
11. Smirnov A. A., Serkov V. A., Zelenina O. N. On the issue of the general concept of innovative development of domestic hemp farming. *Achievements of science and technology of the agroindustrial complex*. 2011. No 12. Pp. 34-35.
12. Serkov V. A., Salnikov S. V., Klimova L. V. Specificity of the application of the coinage technique in the production process of the production of fiber and oil of single-domed hemp. *Niva of the Volga region*. 2012. No 1 (22). Pp. 45-51.
13. Basova N. V., Novikov E. V., Bezbabchenko A. V., Khomitov A. S., Poselenov D. D. Scheme of processing technical hemp into the same type of hemp. *Bulletin of the Kazan State University*. 2020. № 1 (57). Pp. 63-67.
14. Islamgulov D. R., Bikbaeva G. G. The state and prospects of the development of hemp farming. *Bulletin of the BGAU*. 2020. No 4. Pp. 36-40.
15. Moryganov A. P. Domestic cellulose fiber is a promising raw material for the Russian textile industry. *News of universities. The technology of the textile industry*. 2018. No 4 (376). Pp. 44-49.
16. Adamovics A., Ivanovs S., Bulgakov V. Investigations about the impact of the sowing time and rate of the biomass yield and quality of industrial hemp. *Agronomy Research*. 2017. V. 15. № 4.
17. Dospekhov B. A. *Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)*. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

## Информация об авторах

**Гушина Вера Александровна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, кафедра «Растениеводство и лесное хозяйство», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ (Российская Федерация, 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, д. 30), ORCID: 0000-0002-4546-0380, e-mail: guschina.v.a@pgau.ru

**Смирнов Антон Дмитриевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, главный агроном ООО «Коноплекс Пенза» (Российская Федерация, 442150, Пензенская обл., г. Нижний Ломов, ул. Московская, д. 85).

**Егорова Галина Сергеевна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Почвоведение и общая биология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26).

## Author's Information

**Guschina Vera Aleksandrovna**, Doctor of Agricultural sciences, Professor, faculty of Agronomy, Department of Plant Production and Forestry, Penza State Agrarian University (Russian Federation, 440014, Penza, Botanicheskaya st., 30), ORCID 0000-0002-4546-0380, e-mail: guschina.v.a@pgau.ru

**Smirnov Anton Dmitrievich**, Candidate of Agricultural Sciences, Chief Agronomist of Konoplex Penza LLC (Russian Federation, 442150, Penza Region, Nizhny Lomov, Moskovskaya st., 85).

**Egorova Galina Sergeevna**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Soil Science and General Biology, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Prospekt, 26).

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

## ASSESSMENT OF THE IMPACT OF DROUGHT AND HIGH TEMPERATURES ON THE PASSAGE OF THE MAIN VEGETATION PHASES AND PRODUCTIVITY INDICATORS OF OATS WHEN APPLYING ORGANIC FERTILIZER BASED ON ANIMAL WASTE

<sup>1</sup>Zakharova O. A., <sup>2</sup>Kucher D. E., <sup>1</sup>Sadovaya I. I., <sup>1</sup>Cherkasov O. V., <sup>2</sup>Kucher O. D.

<sup>1</sup>*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev"*  
Ryazan, Russian Federation

<sup>2</sup>*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba"*  
Moscow, Russian Federation

Corresponding author E-mail: kucher-de@rudn.ru

Received 13.10.2023

Submitted 13.02.2024

### Abstract

**Introduction.** In contemporary agricultural conditions, achieving consistently high yields of grain crops poses challenges attributable not only to the organizational and economic circumstances of specific farms but also, primarily, to shifts in weather patterns toward increased aridity. The Ryazan region, situated within a zone characterized by sufficient yet unstable moisture, has witnessed a decade marked by annual occur-



rences of atmospheric and soil droughts, coupled with hot winds. These climatic conditions have resulted in the impediment of plant growth and development. This article, founded on a two-year research endeavor, evaluates the impact of drought and elevated temperatures on the progression of key phases throughout the growing season and the productivity metrics of oats – an overarching objective of this research. **Object.** The object of research are oats. **Materials and methods.** Triennially, in the autumn season, organic fertilizer derived from animal waste (patent No. 2784389 C1 from 2022) was applied to enhance the fertility of leached chernozem at LAG AGRO-Service LLC in the Zakharovsky district of the Ryazan region. The research employed widely accepted methods and technologies for cultivating oats. A newly developed oat variety, Bulany, tailored for the region's climate zone, was utilized. Hydrothermal coefficients, as per Selyaninov, did not exceed one in both years, indicating drought conditions. **Results and conclusions.** The research elucidates the impact of dry periods during the year on the growth and development of oats. The year 2022, characterized by a delay in the phenological phases of oat plant development by 3 days, proved to be more unfavorable. In comparison to 2021, the weight of 1000 grains decreased by 11%, and the number of grains in a panicle decreased by 3.6%. Consequently, the crop yield experienced a reduction of 9.7% in 2022. The quality of grains, as indicated by the protein content, was also lower in 2022 by 0.3%.

**Keywords:** oats, yield of oats, vegetation of oats, productivity indicators of oats.

**Citation.** Zakharova O. A., Kucher D. E., Sadovaya I. I., Cherkasov O. V., Kucher O. D. Assessment of the impact of drought and high temperatures on the passage of the main vegetation phases and productivity indicators of oats when applying organic fertilizer based on animal waste. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 46-51 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-05.

**Author's contribution.** All authors of this research were directly involved in the design, execution, or analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version submitted.

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

УДК 631.4:633.13

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАСУХИ И ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ПРОХОЖДЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФАЗ ВЕГЕТАЦИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ПРОДУКТИВНОСТИ ОВСА ПОСЕВНОГО ПРИ ВНЕСЕНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

<sup>1</sup>Захарова О. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>2</sup>Кучер Д. Е., кандидат технических наук, доцент

<sup>1</sup>Садовая И. И., аспирант

<sup>1</sup>Черкасов О. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>2</sup>Кучер О. Д., младший научный сотрудник

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева»  
г. Рязань, Российская Федерация

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»  
г. Москва, Российская Федерация

**Актуальность.** В современных условиях получение стабильно высоких урожаев зерновых культур проблематично не только из-за организационно-экономических условий конкретных хозяйств, но и, в первую очередь, из-за изменения погодных условий в сторону засушливости. Территория Рязанской области входит в зону достаточного, но неустойчивого увлажнения. Ежегодно в последнее десятилетие наблюдаются атмосферные и почвенные засухи, суховеи, что вызывает угнетение роста и развития растений. В статье за два года исследований дана оценка влияния засухи и высоких температур на прохождение основных фаз вегетации и показатели продуктивности овса посевного, что являлось целью данной работы. **Объект.** Объектом исследований являлся овес посевной. **Материалы и методы.** Один раз в три года осенью вносилось органическое удобрение на основе отходов животноводства (патент № 2784389 C1 от 2022 г.) для повышения плодородия чернозема выщелоченного в ООО «ЛАГ АГРО-Сервис» Захаровского района Рязанской области. Методика исследований и технология возделывания овса общепринятые. Использовался новый для хозяйства районированный для зоны сорт овса Буланы. Гидротермические коэффициенты по Селянинова в оба года не превышали единицу, то есть годы были засушливые. **Результаты и выводы.** Влияние засушливых периодов года на рост и развитие овса. Более неблагоприятным годом явился 2022, когда была отмечена затягивание фенологических фаз развития растений овса на 3 дня. Масса 1000 г зерен в этот год по сравнению с 2021 снизилась на 11%, количество зерен в метелке – на 3,6%. Это явилось причиной недобора урожая в этом году на 9,7%. Показатель качества зерна – содержание белка также было в 2022 г. ниже на 0,3%.

**Ключевые слова:** овес посевной, урожайность овса посевного, вегетация овса посевного, показатели продуктивности овса.

**Цитирование.** Захарова О. А., Кучер Д. Е., Садовая И. И., Черкасов О. В., Кучер О. Д. Оценка влияния засухи и высоких температур на прохождение основных фаз вегетации и показатели продуктивности овса посевного при внесении органического удобрения на основе отходов животноводства. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 46-51. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-05.

**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.** Климат для возделывания основных видов сельскохозяйственных культур на территории Рязанской области достаточно благоприятный, но заметно проявление засухи и эрозии почв. Если около двадцати лет назад писали в научной литературе о проявлении на территории Рязанской области почвенной и атмосферной засухи, суховея до 39% вегетационного периода, то сейчас отмечают ежегодные проявления этих неблагоприятных для растений факторов. Проведенный анализ литературного обзора за более чем столетний период и обработка метеоданных с использованием компьютерной программы Statistika 10 как раз и дал результаты о тенденции к засушливости климата в регионе. Это подтверждено и расчетами гидротермического коэффициента по Селянинову, который в последние годы не превышал среднемноголетнее значение и был ниже 1.

Изменение погодных факторов, усиление засушливости в вегетационные периоды сказываются на росте и развитии сельскохозяйственных культур [2, 3, 5]. Так, к примеру, запасы продуктивной влаги в верхнем 20-сантиметровом слое почвы были 10 мм и менее. Так, запасы влаги в пахотном слое составили в июне от 5 до 8 мм. Низкое содержание влаги в верхнем пахотном слое почвы в течение длительного времени в период вегетации сельскохозяйственных культур считается почвенной засухой, которая относится к опасным агрометеорологическим явлениям особенно в репродуктивный период [6]. Но и резкая смена погоды с жаркой и сухой на холодную и влажную с характерными ливневыми осадками негативно сказывается на развитии растений [7, 8].

Цель исследований – оценка влияния засухи и высоких температур на прохождение основных фаз вегетации и показатели продуктивности овса посевного.

**Материалы и методы.** Объектом исследований являлся овес посевной. В качестве объекта исследований выбран овес среднеспелого сорта Буланный селекции Московского НИИСХ «Немчиновка» с участием Ульяновского НИИСХ путём индивидуального отбора из гибридной популяции, полученной от сложного ступенчатого скрещивания сортов: WZ 437, Астор, Пантер (Нидерланды), Патнем 61 (США) и Сёрбо (Швеция). Овес возделывался в ООО «ЛАГ АГРО-Сервис» Захаровского района Рязанской области при внесении органического удобрения на основе перепревшего конского навоза с добавлением других ингредиентов (патент № 2784389 С1 Российская Федерация, МПК А01С 21/00, А01В 79/02, А01G 22/20. Способ обогащения почвы при возделывании овса на черноземах: № 2021136608: заявл. 10.12.2021 : опубл. 24.11.2022 / И. И. Садовая, О. А. Захарова, О. В. Черкасов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева»). Овес являлся зерновым звеном 6-ти полевого зернопропашного севооборота. Почва – чернозем выщелоченный. Мелкоделяночный полевой опыт был заложен в 2021 году рендомизированным методом в 4-х кратном повторении. Фоном служило внесение минеральных удобрений  $N_{35}P_{45}K_{24}$ . Органическое удобрение на основе отходов животноводства (ОУ) вносилось на делянки разными дозами; нами анализировались изменения темпов роста и развития растений на оптимальном варианте 5 при осеннем внесении (разбрасывание по поверхности с помощью трактора John Deere + разбрасывателя Бергмана) ОУ=10 т/га раз в три года.

Массу 1000 зерен определяли по ГОСТу 10842-89, количество зерен – расчетным методом, содержание белка по Кьельдалю – по ГОСТу 10846-91. Влажность почвы определялась тензиометром.

Данные по метеорологическим условиям представлены Рязанским центром гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды. Гидротермические коэффициенты увлажнения определяли по формуле Г.Т. Селянинова:

$$\text{ГТК} = \frac{\sum_{0,1} \text{Ос}}{\sum \text{T}} \quad (1)$$

где  $\sum \text{Ос}$  – сумма осадков за исследуемый период, мм;  $\sum \text{T}$  – сумма температур за тот же период, °С. ГТК в исследуемые годы характеризовались величинами, близкими к среднемноголетним.

Статистическая обработка данных включала использование программы SigmaPlot одно- и двухфакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Данные урожая овса представлены в виде среднего значения  $\pm$  стандартная ошибка. Значимость отличий устанавливалась критерием Тьюки для множественных сравнений при уровне  $P \leq 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** В исследуемом 2021 году дневные температуры в мае-июне были выше среднемноголетних, но дефицита влаги в почве не наблюдалось из-за выпавших осадков, а вот конец 3-ей декады июня отличался жаркой сухой погодой. В июле температура воздуха мало отличалась от среднемноголетней, а сумма выпавших осадков в этом месяце была чуть выше средних значений за многолетний период. Осадки за вегетационный период выпадали характерными для региона ливнями и влажные дни менялись засушливыми. Значение  $\text{ГТК}_{2021}$  составило 0,98, что свидетельствует о небольшом дефиците увлажнения.

В 2022 году значения дневных температур были выше среднемноголетних весь вегетационный период за исключением 3-ей декады мая, а сумма осадков составила 87 мм. Значение  $\text{ГТК}_{2022}$  равнялось 0,96, что соответствовало засушливому периоду. В конце 2-ой декады и начале 3-ей декады июня осадки были небольшими, а температура воздуха – выше среднемноголетних значений, что явилось причиной почвенной засухи. Август характеризовался сухой и жаркой погодой.

Сравнивая данные температур и осадков за два года, установили чередование засушливых периодов с высокой температурой днем с достаточно влажными периодами при умеренных значениях температуры днем.

Темпы развития растений овса из-за различных погодных условий отличались длиной фенологических фаз и продолжительностью вегетационного периода. Такие факторы, как температура воздуха и осадки изменяют физиологические процессы в тканях растений, таких, как фотосинтез, транспорт веществ, развитие корневой системы и других.

Агрометеорологические факторы имеют решающее значение в эффективности применения удобрений и могут вызвать варьирования прибавок урожая от удобрения до 40% в Нечерноземной зоне [1]. Вегетационный период овса начался в конце апреля и закончился в июле [2, 5, 6, 12]. Продолжительность вегетационного периода растений овса по годам исследования составила в 2021 году 82 дня и в 2022 году – 85 дней. Репродуктивный период (от фазы колошения до восковой спелости) длился в 2022 году на 4 дня дольше. Овес – влаголюбивая культура по сравнению с яровой пшеницей и ячменем, поэтому засушливые периоды 2022 года оказали неблагоприятное влияние на развитие растений овса. На фазы выхода в трубку – колошение пришлось максимальные дневные температуры и засушливые дни с суховеями. Незначительные осадки (8,5 мм) выпали на стадии налива зерна.

На урожайность овса, конечно, оказало положительное влияние внесенных ОУ, но, в первую очередь, неуправляемые человеком погодные факторы. Так, в более благоприятном 2021 году урожайность зерна составила 25,8 ц/га, а в 2022 году – на 9,8% меньше. Снижение урожайности в 2022 г. явилось следствием увеличения репродуктивного периода растений овса из-за дефицита влаги в почве. Зерно в годы исследований не было щуплым, а было хорошо выполненным. Kіno et al. [11] объясняют действие высоких температур, способствующих ранней экспрессии генов, участвующих в биосинтезе кутикулы зерна, и подавлению генов, способных растягивать клеточные стенки перикарпия, что, в свою очередь, вызывает раннюю потерю пластичности наружных слоев перикарпия и ограниченный рост эндосперма [3, 4, 12]. Это и явилось причиной снижения массы 1000 зерен [9, 10, 11]. Kumar R с соавт. [12], установили негативное влияние даже однократного повышения температуры от стадии колошения до стадии цветения.

По нашему мнению, основанному на полученных результатах, жаркая сухая погода подавляла процессы фотосинтеза и транспорта ассимилятов, скорость созревания зерна и накопления крахмала и белка (таблица 1).

Таблица 1 – Агрометеорологические условия вегетации овса сорта Буланы в севообороте  
Table 1 – Agrometeorological conditions of vegetation of oats of the Bulanyi variety in crop rotation

| Вариант / Variant                  | Показатели / Indicators                  | ВВВ – выход в трубку / Growth | Выход в трубку – колошение / Growth and earing | Колошение – цветение / Earing – flowering | Цветение – молочная спелость / Flowering – milky ripeness | Молочная спелость – восковая спелость / Milky ripeness – waxy ripeness | Восковая спелость – полная спелость / Waxy ripeness – full ripeness |
|------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Овес на зерно / Oats for grain     |                                          |                               |                                                |                                           |                                                           |                                                                        |                                                                     |
| Контроль / Control                 | t средняя, °C / Average                  | 11,2                          | 20,9                                           | 21,5                                      | 20,8                                                      | 21,0                                                                   | 21,8                                                                |
|                                    | Σt, °C                                   | 303,9                         | 409,0                                          | 330,2                                     | 260,3                                                     | 336,8                                                                  | 339,2                                                               |
|                                    | Осадки, мм / Precipitation, mm           | 28,5                          | 12,0                                           | 12,7                                      | 3,1                                                       | 42,5                                                                   | 17,9                                                                |
|                                    | ГТК                                      | 0,9                           | 0,3                                            | 0,7                                       | 0,1                                                       | 1,3                                                                    | 0,5                                                                 |
|                                    | Срок наступления фазы / Phase Onset Date | 24.04-21.05                   | 22.05-30.05                                    | 31.05-07.06                               | 08.06-19.06                                               | 20.06-05.07                                                            | 06.07-20.07                                                         |
| Вариант 5 / Variant 5              | t средняя, °C / Average                  | 11,2                          | 20,9                                           | 21,5                                      | 20,8                                                      | 21,0                                                                   | 21,8                                                                |
|                                    | Σt, °C                                   | 303,9                         | 409,0                                          | 330,2                                     | 260,3                                                     | 336,8                                                                  | 339,2                                                               |
|                                    | Осадки, мм / Precipitation, mm           | 28,5                          | 12,0                                           | 12,7                                      | 3,1                                                       | 42,5                                                                   | 17,9                                                                |
|                                    | ГТК                                      | 0,9                           | 0,3                                            | 0,7                                       | 0,1                                                       | 1,3                                                                    | 0,5                                                                 |
|                                    | Срок наступления фазы / Phase Onset Date | 24.04.-19.05                  | 20.05-27.05                                    | 28.05-04.06                               | 05.06-16.06                                               | 17.06-01.07                                                            | 01.07-15.07                                                         |
| Отклонение, дн. / Deflection, days |                                          | -2                            | -3                                             | -3                                        | -3                                                        | -4                                                                     | -5                                                                  |

Таблица 2 – Влияние погодных условий на физиологические процессы в растениях овса при внесении ОУ дозой 10 т/га на общем фоне N<sub>35</sub>P<sub>45</sub>K<sub>24</sub>  
Table 2 – Influence of weather conditions on physiological processes in oat plants at the application of OU at a dose of 10 t/ha against the general background of N35P45K24

| Год / Year | Урожайность, ц/га / Yield, hwt/ha | Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g | Содержание белка, % / Protein content, % | Количество зерен в метелке, шт. / Number of grains in a panicle, pcs. |
|------------|-----------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 2021       | 25,8±0,003                        | 38,8±0,003                                     | 12,1±0,002                               | 48,2±0,002                                                            |
| 2022       | 23,3±0,002                        | 34,6±0,003                                     | 11,8±0,001                               | 46,5±0,002                                                            |
| 2023       | 25,0±0,002                        | 37,8±0,002                                     | 12,2±0,001                               | 47,8±0,001                                                            |

НСП<sub>05</sub> 2021=2,31 ц/га,  
НСП<sub>05</sub> 2022=2,04 ц/га  
НСП<sub>05</sub> 2023=2,28 ц/га

С целью определения определяющих факторов нами выполнен корреляционный анализ тесноты связи урожайности (У) с тепловлагообеспеченностью вегетационного периода (MN) и обнаружена связь R=79 (рисунок 1). Этот показатель взят за основу при получении эмпирических зависимостей. Исходным материалом для расчета послужили опытные данные урожайности. Полученная нами модель имела вид:

$$У=65,8-0,006x-2,8 y$$

(2)

Для подтверждения достоверности прибавок урожайности данные были статистически обработаны, НСП<sub>0,5</sub> составил 2,1 ц/га. По достижении максимального уровня урожайности благоприятная погода не приводит к нарастанию биомассы и урожайность овса стабилизируется.



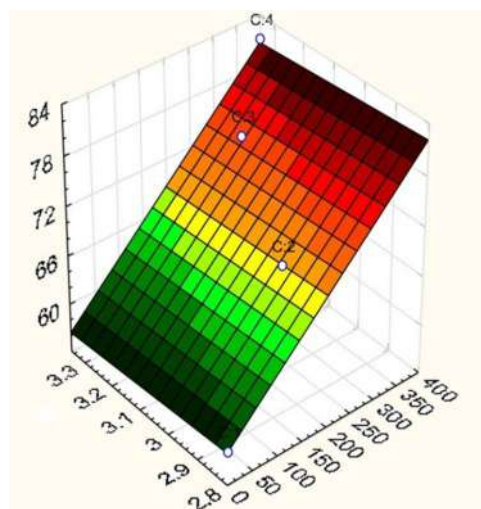


Рисунок 1 – Связь урожайности овса с тепловлагообеспеченностью, 2022  
Figure 1 – Relationship between oat yield and heat and moisture availability, 2022

**Закключение.** Итак, неблагоприятным годом явился 2022, когда была отмечено затягивание фенологических фаз развития растений овса на 3 дня. Масса 1000 г зерен снизилась на 11%, количество зерен в метелке – на 3,6%. Это явилось причиной недобора урожая на 9,7%. Содержание белка в зерне также было в 2022 г. ниже на 0,3%. В более благоприятные годы урожайность овса посевного находилась на уровне 25 ц/га. Таким образом, проблема засухи в земледелии сохраняется. Средняя урожайность овса на территории Рязанской области 28 ц/га. Учитывая прогрессивное развитие эрозийных процессов на территории ООО «ЛАГ-АГРОСервис», средняя урожайность в хозяйстве составляла 23 ц/га. Однократное внесение в почву органического удобрения на основе отходов животноводства способствовало росту урожайности культуры на 9%.

**Conclusions.** So, 2022 was an unfavorable year, when the phenological phases of the development of oat plants were delayed by 3 days. The weight of 1000 g of grains decreased by 11%, the number of grains in a panicle – by 3.6%. This was the reason for the shortfall in harvest by 9.7%. The protein content of grains was also lower by 0.3% in 2022. In more favorable years, the yield of oats was at the level of 25 centners per hectare. The average yield of oats on the territory of the Ryazan region is 28 c/ha. Taking into account the progressive development of erosion processes on the territory of LAG-AGROServis LLC, the average yield on the farm was 23 c/ha. A single application of organic fertilizer based on animal waste to the soil contributed to an increase in crop yields by 9%.

#### Библиографический список

1. Василова Н. З., Асхадуллин Д. Ф., Асхадуллин Д. Ф., Багавиева Э. З., Тазутдинова М. Р., Хусаинова И. И. Достижения селекции яровой мягкой пшеницы в Татарстане. Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. Т. 30 (2). С. 124-131.
2. Пакуль В. Н., Козыренко М. А., Андросов Д. Е. Оценка засухоустойчивости сортов ярового овса в условиях лесостепи Западной Сибири. Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 9 (51). <https://research-journal.org/archive/9-51-2016-september/ocenka-zasuxoustojchivosti-sortov-yarovogo-ovsa-v-usloviyax-lesostepi-zapadnoj-sibiri>.
3. Balla K., Rakszegi M., Li Z., Békés F., Bencze S., Veisz O. Quality of winter wheat in relation to heat and drought shock after anthesis. Czech J. Food Sci. 2011. V. 29 (2). Pp. 117-128.
4. Beta T., Qiu Y., Liu Q., Borgen A. Extracts from purple wheat (*Triticum* spp.) and their antioxidant effects //Nuts and seeds in health and disease prevention. London, Burlington, San Diego: Elsevier, 2011. Pp. 959-966.
5. Brand-Williams W., Cuvelier M.-E., Berset C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT Food Sci Technol. 1995. V. 28 (1). Pp. 25-30.
6. Fardet A. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? Nutr. Res. Rev. 2010. V. 23 (1). Pp. 65-134.
7. Fernandez-Orozco R., Li L., Harflett C., Shewry P. R., Ward J. L. Effects of environment and genotype on phenolic acids in wheat in the HEALTHGRAIN diversity screen. J. Agric. Food Chem. 2010. V. 58 (17). Pp. 9341-9352.
8. Folín O., Ciocalteu V. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. Journal of Biological Chemistry. 1927. V. 73 (2). Pp. 627-650.
9. Gu A., Hao P., Lv D., Zhen S., Bian Y., Ma C., Xu Y., Zhang W., Yan Y. Integrated proteome analysis of the wheat embryo and endosperm reveals central metabolic changes involved in the water deficit response during grain development. Agric. Food Chem. 2015. V. 63 (38). Pp. 8478-8487.
10. Kaur V., Behl R. Grain yield in wheat as affected by short periods of high temperature, drought and their interaction during pre- and post-anthesis stages. Cereal Research Communications. 2010. V. 38 (4). Pp. 514-520.

11. Kino R. I., Pellny T. K., Mitchell R. A. C., GonzalezUriarte A., Tosi P. High post-anthesis temperature effects on bread wheat (*Triticum aestivum* L.) grain transcriptome during early grain-filling. *BMC Plant Biol.* 2020. V. 20 (1). Pp. 170-186.

12. Kumar R., Singh V., Pawar S. K., Singh P. K., Kaur A., Sharma D. Abiotic stress and wheat grain quality: A comprehensive review. *Wheat production in changing environments*. Singapore: Springer Singapore, 2019. Pp. 63-87.

#### References

1. Vasilova N. Z., Askhadullin D. F., Askhadullin D. F., Bagavieva E. Z., Tazutdinova M. R., Khusainova I. I. Achievements of Spring Soft Wheat Breeding in Tatarstan. 2019. V. 30 (2). Pp. 124-131.

2. Pakul V. N., Kozynenko M. A., Androsova D. E. Assessment of Drought Resistance of Spring Oat Varieties in the Forest-Steppe of Western Siberia. *International Research Journal*. 2016. № 9 (51). <https://research-journal.org/archive/9-51-2016-september/ocenka-zasuxoustojchivosti-sortov-yarovogo-ovsa-v-usloviyax-lesostepi-zapadnoj-sibiri>.

3. Balla K., Rakszegi M., Li Z., Békés F., Bencze S., Veisz O. Quality of winter wheat in relation to heat and drought shock after anthesis. *Czech J. Food Sci.* 2011. V. 29 (2). Pp. 117-128.

4. Beta T., Qiu Y., Liu Q., Borgen A. Extracts from purple wheat (*Triticum* spp.) and their antioxidant effects. *Nuts and seeds in health and disease prevention*. London, Burlington, San Diego: Elsevier, 2011. Pp. 959-966.

5. Brand-Williams W., Cuvelier M.-E., Berset C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT Food Sci Technol.* 1995. V. 28 (1). Pp. 25-30.

6. Fardet A. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? *Nutr. Res.* 2010. V. 23 (1). Pp. 65-134.

7. Fernandez-Orozco R., Li L., Harflett C., Shewry P. R., Ward J. L. Effects of environment and genotype on phenolic acids in wheat in the HEALTHGRAIN diversity screen. *J. Agric. Food Chem.* 2010. V. 58 (17). Pp. 9341-9352.

8. Folin O., Ciocalteu V. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *Journal of Biological Chemistry*. 1927. V. 73 (2). Pp. 627-650.

9. Gu A., Hao P., Lv D., Zhen S., Bian Y., Ma C., Xu Y., Zhang W., Yan Y. Integrated proteome analysis of the wheat embryo and endosperm reveals central metabolic changes involved in the water deficit response during grain development. *Agric. Food Chem.* 2015. V. 63 (38). Pp. 8478-8487.

10. Kaur V., Behl R. Grain yield in wheat as affected by short periods of high temperature, drought and their interaction during pre- and post-anthesis stages. *Cereal Research Communications*. 2010. V. 38 (4). Pp. 514-520.

11. Kino R. I., Pellny T. K., Mitchell R. A. C., GonzalezUriarte A., Tosi P. High post-anthesis temperature effects on bread wheat (*Triticum aestivum* L.) grain transcriptome during early grain-filling. *BMC Plant Biol.* 2020. V. 20 (1). Pp. 170-186.

12. Kumar R., Singh V., Pawar S. K., Singh P. K., Kaur A., Sharma D. Abiotic stress and wheat grain quality: A comprehensive review. *Wheat production in changing environments*. Singapore: Springer Singapore, 2019. Pp. 63-87.

#### Информация об авторах

**Захарова Ольга Алексеевна**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры «Технологии общественного питания и переработки сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: ol-zahar.ru@yandex.ru

**Кучер Дмитрий Евгеньевич**, кандидат технических наук, доцент, директор Департамента рационального природопользования Института экологии, член-корреспондент Российской экологической академии и Академии проблем качества, директор научного центра исследований, комплексного проектирования и развития городского и сельского хозяйства, ФГБОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6), e-mail: kucher-de@rudn.ru

**Садовая Ирина Игоревна**, аспирант, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: sadovayaii@mail.ru

**Черкасов Олег Викторович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, декан технологического факультета, зав. кафедрой «Технологии общественного питания и переработки сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: ru89206345411@yandex.ru

**Кучер Ольга Дмитриевна**, младший научный сотрудник Научного центра исследований, комплексного проектирования и развития городского и сельского хозяйства, ФГБОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6), e-mail: kucher-od@rudn.ru

#### Author's Information

**Zakharova Olga Alekseevna**, Doctor of Agricultural Sciences, associate professor, professor of the Department of Public Catering Technology and Processing of Agricultural Products, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva st., 1), e-mail: ol-zahar.ru@yandex.ru

**Kucher Dmitry Evgenievich**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Director of the Department of Environmental Management of the Institute of Ecology, Corresponding Member of the Russian Ecological Academy and the Academy of Quality Problems, Director of the Scientific Center for Research, Integrated Design and Development of Urban and Agricultural Sectors, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (Russian Federation, 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya St., 6), e-mail: kucher-de@rudn.ru

**Sadovaya Irina Igorevna**, graduate student of the Department of Technology of Public Catering and Processing of Agricultural Products, Federal State Budgetary Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev" (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva st., 1), e-mail: sadovayaii@mail.ru

**Cherkasov Oleg Viktorovich**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Public Catering Technology and Agricultural Products Processing, Dean of the Faculty of Technology, Federal State Budgetary Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev" (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva st., 1), e-mail: ru89206345411@yandex.ru

**Kucher Olga Dmitrievna**, Junior Researcher, Scientific Center for Research, Integrated Design and Development of Urban and Agricultural Sectors, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (Russian Federation, 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya St., 6), e-mail: kucher-od@rudn.ru

**LEVEL OF RESEARCH OF POTENTIAL VARIETIES OF MILLET IN THE  
VOLGOGRAD REGION**<sup>1</sup>Zelenev A. V., <sup>2</sup>Smutnev P. A., <sup>2</sup>Neymysheva A. N., <sup>2</sup>Karyakin V. V.<sup>1</sup>Federal Research Center «Nemchinovka»  
Moscow, Russian Federation<sup>2</sup>Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation  
of the Russian Academy of Sciences»  
Volgograd, Russian Federation

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

Received 25.01.2024

Submitted 16.03.2024

**Summary**

The scientific publication reports the results of a comparative analysis of promising millet varieties based on biometric traits and yield in competitive variety testing, demonstration sowing and the collection of the VIR of the Volgograd region.

**Abstract**

**Introduction.** The selection of modern varieties is considered the most important component of agricultural technology for increasing the production of millet grain. **Object.** Samples and varieties of millet that were evaluated in the VIR collection, competitive variety testing and demonstration nursery. **Materials and methods.** The experiment was carried out on chestnut heavy loamy soils, in which the arable layer contained 2.0-2.2 % humus. In the VIR collection, 5 samples of millet were studied: K9880 (Kharkovskoe 87, Ukraine), K10421 (Yubilein, Ukraine), K2049 (Turkey), K1643 (Iran) and K1565 (Azerbaijan). There are 5 varieties in the demonstration sowing: Diana and Kamyshinskoe Yubileinoe (FSC of Agroecology RAS), Kozatske (Ukraine), Kazachye (FSC of Legumes and Cereals), Zolotistoe (FANC of the South-East). In the competitive test – 3 samples: Diana [Saratovskoe yellow x (Saratovskoe 10 x Volgogradskoe 4)], M-81-67-09 (K9980 x Kamyshinskoe 98) and [K8982 x (Sangvineum 7 x Saratovskoe 8)] x Saratovskoe 10. Saratov yellow (FANC South-East) was the standard. **Results and conclusions.** In the competitive variety testing, the tallest millet plants were formed in the sample Kamyshinskoe 98 x K9980 (M-81-67-09) – 79.2 cm, the longest panicle and the largest number of internodes were observed in the sample (Volgogradskoe 4 x Saratovskoe 10) x Saratovskoe yellow (Diana), respectively 20.9 cm and 5.8 pieces. The same sample provided the highest yield – 1.31 t/ha. In the demonstration sowing, the tallest plants and the longest panicle were observed in the Zolotistoe variety, 89.0 and 27.9 cm, respectively. The largest number of internodes and yield were provided by the Diana variety, 5.8 pieces and 1.25 t/ha, respectively. In the VIR collection nursery, the maximum yield of millet was achieved in sample K9880 – 1.91 t/ha. The data collected as a result of scientific research presents the predicted success in growing Diana millet in the Volgograd region.

**Keywords:** millet yield, biometric indicators of millet, sowing millet, millet varieties.**Citation.** Zelenev A. V., Smutnev P. A., Neymysheva A. N., Karyakin V. V. Level of research of potential varieties of millet in the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 52-60 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-06.**Author's contribution.** All authors were directly involved in the planning, execution or analysis of the study and also reviewed and approved the final version of the article.**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.526.32:633.17(470.45)

**УРОВЕНЬ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ СОРТОВ ПОСЕВНОГО ПРОСА  
В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**<sup>1</sup>Зеленев А. В., доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник<sup>2</sup>Смутнев П. А., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий агроном-селекционер<sup>2</sup>Неймышева А. Н., старший агроном-селекционер<sup>2</sup>Карякин В. В., агроном-селекционер<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Актуальность.** Селекция современных сортов считается важнейшим компонентом агротехнологии для увеличения производства зерна посевного проса. **Объект.** Образцы и сорта проса, которые оценивались в коллекции ВИР, конкурсном сортоиспытании и демонстрационном питомнике. **Материалы и методы.** Эксперимент проводили на каштановых тяжелосуглинистых почвах, в кото-

рых в пахотном слое содержалось 2,0-2,2 % гумуса. В коллекции ВИР изучали 5 образцов проса: K9880 (Харьковское 87, Украина), K10421 (Юбилейное, Украина), K2049 (Турция), K1643 (Иран) и K1565 (Азербайджан). В демонстрационном посеве – 5 сортов: Диана и Камышинское Юбилейное (ФНЦ агроэкологии РАН), Козацьке (Украина), Казачье (ФНЦ зернобобовых и крупяных культур), Золотистое (ФАНЦ Юго – Востока). В конкурсном испытании – 3 образца: Диана [Саратовское жёлтое х (Саратовское 10 х Волгоградское 4)], М-81-67-09 (K9980 х Камышинское 98) и [K8982 х (Сангвинеум 7 х Саратовское 8)] х Саратовское 10. Саратовское жёлтое (ФАНЦ Юго-Востока) было стандартом. **Результаты и выводы.** В конкурсном сортоиспытании наиболее высокие растения проса формировались у образца Камышинское 98 х K9980 (М-81-67-09) – 79,2 см, самая длинная метёлка и наибольшее количество междоузлий наблюдались у образца (Волгоградское 4 х Саратовское 10) х Саратовское жёлтое (Диана), соответственно 20,9 см и 5,8 штук. У этого же образца обеспечивалась самая высокая урожайность – 1,31 т/га. В демонстрационном посеве наиболее высокие растения и длинная метёлка отмечались у сорта Золотистое, соответственно 89,0 и 27,9 см. Самое большое количество междоузлий и урожайность обеспечивались у сорта Диана, соответственно 5,8 штук и 1,25 т/га. В коллекционном питомнике ВИР максимальная урожайность проса обеспечивалась у образца K9880 – 1,91 т/га. Собранные в результате научных исследований данные представляют прогнозируемый успех при выращивании проса Диана в Волгоградском регионе.

**Ключевые слова:** урожайность проса, биометрические показатели проса, посевное просо, сорта проса.

**Цитирование.** Зеленев А. В., Смутнев П. А., Неймышева А. Н., Карякин В. В. Уровень исследований потенциальных сортов посевного проса в Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 52-60. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-06.

**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.** Вследствие собственных унифицированных физиологических отличительных признаков посевное просо обладает лидирующим положением в кругу культур, возделываемых в России на крупу. Это один из самых стратегически важных видов злаков, к которому население планеты обращает взор во время нехватки производства зерна. Эта сельхозкультура характеризуется сравнительно стабильной и повышенной урожайностью. Из-за раннего срока созревания оно лучше иных злаковых подходит для регионов, имеющих засушливый климат. Кроме засухоустойчивости и раннеспелости, просо обладает несколькими нужными экономическими и генетическими признаками, которые отличают данную культуру от иных хлебных злаков: защищённость от возбудителей заболеваний, максимальный показатель воспроизводства и, самое значительное, оно представляет основу пищи для человека и животных [1-5].

Произведённое в результате зернопереработки пшено характеризуется отменной палитрой вкуса и пищевой ценностью. Просяная крупа содержит до 3,5% жира, что уступает только крупам из кукурузы и овса, до 12% белка, что почти равно манке, и более 30 % крахмала, что не уступает другим злаковым крупам.

Посевное просо представляет собой не только уникальную продовольственную, но и кормовую сельхозкультуру. Солома данной культуры с удовольствием употребляется домашним скотом, ощутимо превышает солому овса и пшеницы по обеспечению питательными веществами. Во время уборки урожая она сохраняется отчасти зелёной и содержит больше витамина А, чем солома иных хлебных злаков. 1 кг этого кормового продукта содержит 0,51 кормовой единицы и по своим свойствам напоминает сено, выращенное на пастбище [6].

Посевные площади проса в России за 20-летний период с 2010 по 2022 годы сократились в 2,2 раза или на 54,5%. Они в 2021 году равнялись 294,8 тыс. га, в 2022 году – 237,2 тыс. га, что привело к снижению посевных площадей на 57,6 тыс. га или 19,5%. Однако валовые сборы данной культуры за период с 2010 по 2022 годы выросли в 2,3 раза или на 1753,5 тыс. га. В 2021 году валовый сбор зерна проса составлял 4009,2 тыс. га, в 2022 году – 3652,8 тыс. га, что снизило его на 356,4 тыс. га или 8,9%. Урожайность проса в России с 2010 по 2022 годы выросла в 2,0 раза или на 97,4%. В 2021 году данный показатель составлял 13,6 ц/га, в 2022 году – 15,4 ц/га, что повысило урожайность на 1,8 ц/га или 13,2% [7].



В Волгоградской области посевные площади проса посевного за 2021 год составили 39,6 тыс. га, за 2022 год – 14,3 тыс. га, что снизило этот показатель в 2,8 раза или на 25,3 тыс. га. Валовые сборы данной культуры также снизились в 2022 году до 168,7 тыс. ц по сравнению с 483,1 тыс. ц в 2021 году или на 314,4 тыс. га и 65,1%. Урожайность в регионе этой крупяной культуры в 2021 году составляла 12,2 ц/га, в 2022 году – 11,8 ц/га, что снизило её на 0,4 ц/га или 3,3% [8, 9].

Сорт представляет собой сугубо экономически выгодное средство ради наращивания урожайности посевного проса. В сортоизучении всех видов сельхозкультур единственной задачей представляется выведение ранее неизвестных линий, приспособленных к различным требованиям агроландшафта в комплексе с остальными продуктивными качествами. Селекционирование современных сортов считается решающим компонентом в агротехнологии увеличения производства зерновой продукции данной сельхозкультуры [10, 11].

Цель исследовательской работы – обследование, а также подбор образцов и сортов проса с различным ассортиментом свойств, обладающих рекордной продуктивностью и в полном объёме приспособленных к климату и почвам Волгоградского региона.

**Материалы и методы.** В 2020-2022 годах в ФНЦ агроэкологии РАН проводили эксперимент. Объект изучения – образцы и сорта проса посевного, которые оценивались в коллекции ВИР, конкурсном сортоиспытании и демонстрационном питомнике.

Для сухостепной зоны характерны каштановые среднесиловые тяжелосуглинистые почвы, каковые и были на опытном участке. Они характеризовались в пахотном слое содержанием гумуса 2,0-2,2%, гидролизующего азота по Корнфилду – 9,16-9,48 мг/100 г, подвижного калия и фосфора по Мачигину, соответственно 32,96-33,42 и 2,29-2,65 мг/100 г абсолютно-сухой почвы. Реакция почвенного раствора pH равнялась 7,4. В 2019-2020 сельскохозяйственном году выпало 284,0 мм осадков, в 2020-2021 году – 429,3 мм и в 2021-2022 году – 405,0 мм. Среднегодовых осадков в сумме выпадало 342,2 мм.

В коллекции ВИР материалом с целью реализации научных изысканий предназначались 5 образцов посевного проса: K9880 (Харьковское 87, Украина), K10421 (Юбилейное, Украина), K2049 (Турция), K1643 (Иран) и K1565 (Азербайджан). Располагался эксперимент на делянках площадью 2 м<sup>2</sup>. Стандарт – сорт Саратовское жёлтое, каковой сеялся после 9 номеров. Способ посева – широкояровой.

В демонстрационном посеве материалом с целью реализации научных изысканий предназначались 5 сортов посевного проса: ранее неизвестный сорт Диана, предоставленный в Госкомиссию по испытанию сортов в 2022 году (ФНЦ агроэкологии РАН), Камышинское Юбилейное (ФНЦ агроэкологии РАН), Козацьке (Украина), Казачье (ФНЦ зернобобовых и крупяных культур), Золотистое (ФАНЦ Юго – Востока) и стандарт Саратовское жёлтое (ФАНЦ Юго-Востока). Располагался эксперимент на участке с делянками 9 м<sup>2</sup>. Способ посева – обычный рядовой.

В конкурсном испытании познавались 3 подающих надежды образца посевного проса: Диана [Саратовское жёлтое х (Саратовское 10 х Волгоградское 4)], M-81-67-09 (K9980 х Камышинское 98) и [K8982 х (Сангвинеум 7 х Саратовское 8)] х Саратовское 10, каковые отличались большой производительностью, современными технологическими характеристиками крупы и зерна, неустойчивостью к засухе. Сорт Саратовское жёлтое (ФАНЦ Юго – Востока) был стандартом. Располагался эксперимент на делянках площадью 24 м<sup>2</sup>. Способ посева – обычный рядовой. Повторность – четырёхкратная.

Посевное просо выращивали по традиционной для сухостепной зоны каштановых почв технологии. Контроль за ростом растений, фиксация, сбор снопов и уборка с делянок выполнялись согласно методическим положениям Государственного сортоиспытания сельхозкультур. Статистическая обработка данных – с применением дисперсионного анализа Statistica 10.

**Результаты и обсуждение.** В период вегетации посевного проса за 2020-2022 годы отмечались характерные особенности метеорологических явлений (рисунок 1).

Анализ рисунка 1 показывает, что годы исследований в период вегетации посевного проса были неодинаковыми по погодным явлениям. Максимальное фактическое выпадение осадков обеспечивалось при выращивании культуры в 2021 году – 89,5 мм, минимальное в 2020 году – 31,4 мм, что было, соответственно, меньше среднемноголетнего количе-

ства осадков на 53,6 и 111,7 мм или 37,5 и 78,1%. Выпадение фактических осадков в 2022 году было на 67,2 мм меньше среднемноголетнего значения и равнялось 75,9 мм. Среднемноголетние атмосферные осадки за сезон роста проса составляли 143,1 мм. Минимальная фактическая среднемесячная атмосферная температура за сезон роста проса обеспечивалась в 2020 году –  $+23,6^{\circ}\text{C}$ , максимальная в 2021 году –  $+25,1^{\circ}\text{C}$ , что было, соответственно, больше среднемноголетней температуры на  $+3,7$  и  $+5,2^{\circ}\text{C}$  или 18,6 и 26,1%. В 2022 году среднемесячная фактическая температура воздуха составляла  $+24,0^{\circ}\text{C}$ , что также было больше среднемноголетней температуры на  $+4,1^{\circ}\text{C}$  или 20,6%. Среднемноголетняя температура воздуха за период вегетации проса составляла  $19,9^{\circ}\text{C}$ . Максимальная фактическая сумма активных температур за вегетационный период посевного проса обеспечивалась в 2021 году –  $2311,1^{\circ}\text{C}$ , минимальная в 2020 году –  $2171,5^{\circ}\text{C}$ . В 2022 году сумма активных температур составляла  $2214,0^{\circ}\text{C}$ . Гидротермические коэффициенты в период вегетации проса характеризовали климат как сухой, меньше 0,4. Максимальный фактический ГТК обеспечивался в 2021 году – 0,39, минимальный в 2020 году – 0,26. В 2022 году показатель ГТК соответствовал 0,34.

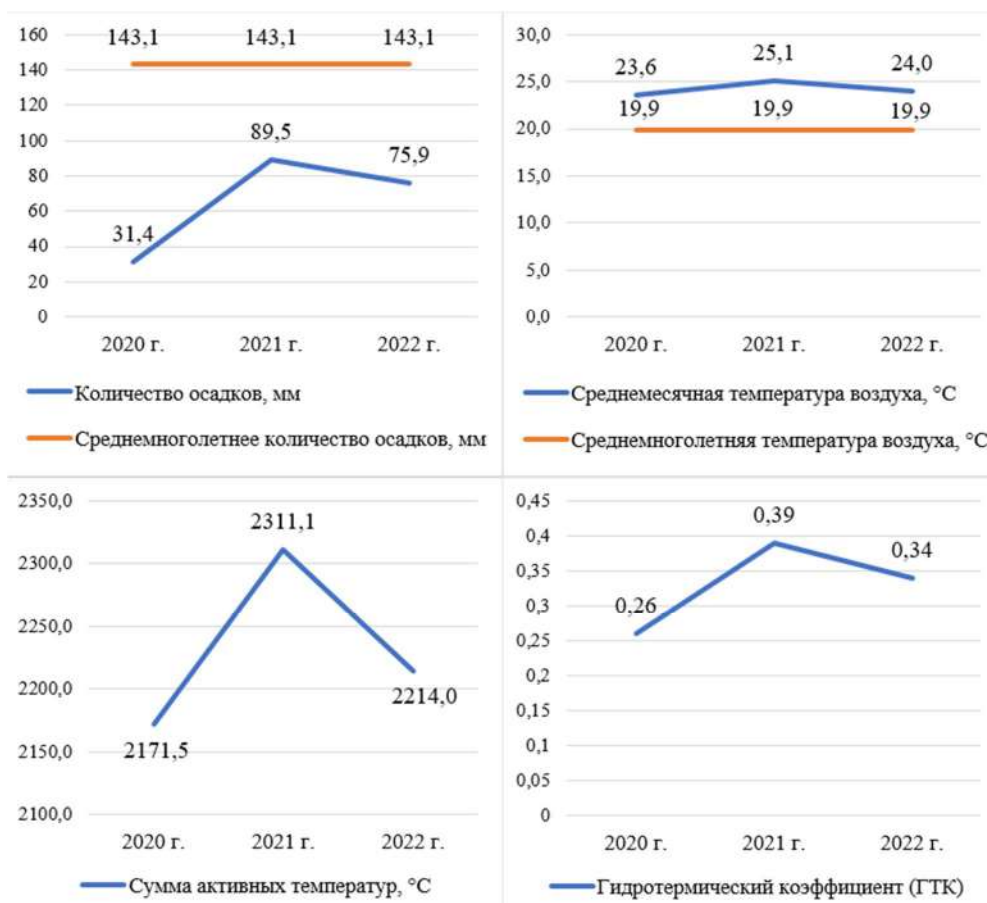


Рисунок 1 – Особенности метеорологических явлений в течение вегетации посевного проса  
Figure 1 – Features of meteorological phenomena during the growing season of millet

Согласно предыдущим экспериментам, наследственный материал подавляющей части образцов посевного проса, диаметрально противоположных по метрическим показателям – высоте растений, длине метёлки и количеству междоузлий, варьирует по ограниченному количеству ключевых наследственных факторов в генетической структуре, следящих за любым из перечисленных показателей. Оттого таковые особенности могут распространяться от одного генетически идентичного образца к иным посредством скрещивания [12]. В нашем опыте региональные сорта посевного проса по-разному воздействовали на параметры биометрии растений (рисунок 2).

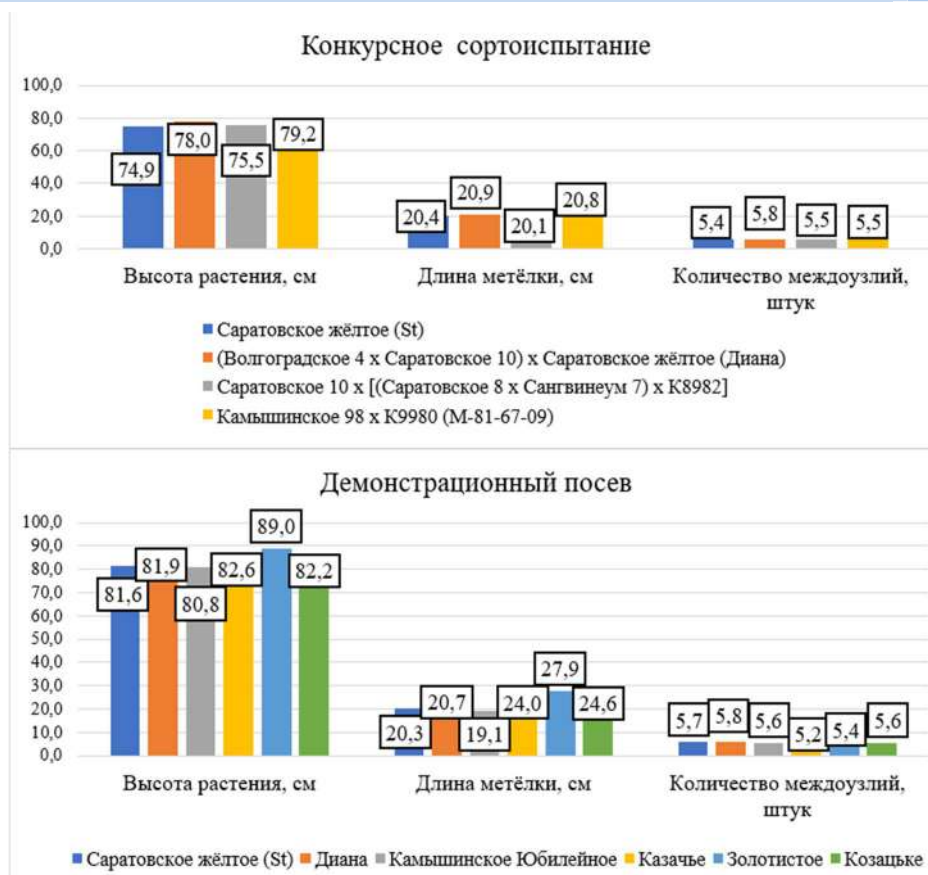


Рисунок 2 – Биометрические данные сортов посевного проса в демонстрационном посеве и конкурсном сортоиспытании (среднее за 2020-2022 годы)

Figure 2 – Biometric data of millet varieties in demonstration sowing and competitive variety testing (average for 2020-2022)

Анализ рисунка 2 позволяет сделать вывод, что в конкурсном сортоиспытании самые низкие растения проса формировались у сорта-стандарта Саратовское жёлтое – 74,9 см, наиболее высокие – 79,2 см у образца М-81-67-09 (K9980 x Камышинское 98), что было на 4,3 см выше, чем у самого плохого варианта. У сортообразцов [K8982 x (Сангвинеум 7 x Саратовское 8)] x Саратовское 10 и (Волгоградское 4 x Саратовское 10) x Саратовское жёлтое (Диана) высота растений соответствовала, соответственно 75,5 и 78,0 см, что было выше стандарта на 0,6 и 3,1 см или 0,8 и 4,1%. Самая короткая метёлка – 20,1 см, обеспечивалась у образца [K8982 x (Сангвинеум 7 x Саратовское 8)] x Саратовское 10, что сократилось на 1,5% по сравнению с Саратовским жёлтым (St). Остальные образцы показали превышение этого показателя по сравнению со стандартом: М-81-67-09 (K9980 x Камышинское 98) на 2,0% и Диана [Саратовское жёлтое x (Саратовское 10 x Волгоградское 4)] на 0,5 см или 2,4%. По количеству междоузлий все образцы проса превалировали Саратовское жёлтое (St): на 1,8% [K8982 x (Сангвинеум 7 x Саратовское 8)] x Саратовское 10 и М-81-67-09 (K9980 x Камышинское 98), а (Волгоградское 4 x Саратовское 10) x Саратовское жёлтое (Диана) на 7,4%.

В демонстрационном посеве сорта проса превысили Саратовское жёлтое (St) по высоте растений, за исключением Камышинского Юбилейного, каковой проигрывал контролю на 1,0%. Наиболее высокорослые культуры – 89,0 см, обеспечивались у Золотистого, что на 9,1% больше контроля. У Казачье, Дианы и Козацьке высота растений составляла, соответственно 81,9; 82,2 и 82,6 см, что было выше стандарта на 0,3; 0,6 и 1,0 см. Высота растений у Саратовского жёлтого (St) обеспечивалась на уровне 81,6 см. По длине метёлки проса также сорта превысили стандарт, за исключением сорта Камышинское Юбилейное, который уступал ему на 5,9%. Наиболее длинная метёлка отмечена у сорта Золотистое – 27,9 см, что выше стандарта на 37,4%. У сортов Диана, Казачье и Козацьке

этот показатель составлял, соответственно 20,7; 24,0 и 24,6 см, что было выше стандарта на 2,0; 18,2 и 21,2%. Длина метёлки у сорта-стандарта обеспечивалась на уровне 20,3 см. Количество междоузлий у всех сортов проса было меньше, чем у сорта-стандарта. И только сорт Диана превосходил по этому показателю Саратовское жёлтое (St) на 1,7%. Количество междоузлий у стандарта равнялось 5,7 шт.

Урожайность представляет собой наиболее первостепенный показатель при анализе экономической значимости образцов и сортов посевного проса. Поэтому работа селекционеров на этот параметр представляется доминирующей в процессе выведения ранее не встречавшихся сортов данной сельхозкультуры [13, 14, 15]. В наших экспериментах показана урожайность образцов и сортов проса на рисунках 3, 4, 5.



Рисунок 3 – Урожайность сортов и образцов проса в конкурсном сортоиспытании, т/га  
Figure 3 – Yield of varieties and samples of millet in competitive variety testing, t/ha

Анализ рисунка 3 показывает, что в конкурсном сортоиспытании наиболее высокая урожайность посевного проса обеспечивалась у образцов и сортов в 2022 году – 0,98-1,30 т/га, самая низкая в 2021 году – 0,63-1,03 т/га. В 2020 году урожайность образцов и сортов колебалась от 0,65 до 1,23 т/га. В среднем показателе образец местного происхождения (Волгоградское 4 x Саратовское 10) x Саратовское жёлтое (Диана) первенствовал по урожайности, которая составляла 1,31 т/га, что было выше на 72,4% стандарта. Сортообразцы [K8982 x (Сангвинеум 7 x Саратовское 8)] x Саратовское 10 и М-81-67-09 (K9980 x Камышинское 98) в свою очередь заметно превалировали по урожайности над сорто-стандартом, соответственно на 25,0 и 28,9%.



Рисунок 4 – Урожайность перспективных сортов проса в демонстрационном посеве, т/га  
Figure 4 – Yield of promising millet varieties in demonstration sowing, t/ha



Анализ рисунка 4 позволяет сделать вывод, что в демонстрационном посеве наибольшая урожайность посевного проса поддерживалась у сортов в 2022 году – 1,24-1,63 т/га, самая низкая в 2021 году – 0,23-0,55 т/га. В 2020 году урожайность сортов колебалась от 0,62 до 1,55 т/га. В среднем значении сорт местного происхождения Диана превентствовал по урожайности, которая составляла 1,25 т/га, что было выше стандартного сорта Саратовское жёлтое на 71,2%. Сорта Козацьке, Казачье и Камышинское Юбилейное в свою очередь явно доминировали по урожайности над стандартным сортом, соответственно на 16,4; 27,4 и 32,9%. И лишь один сорт Золотистое сравнялся со стандартом по урожайности – 0,81 т/га против 0,73 т/га.

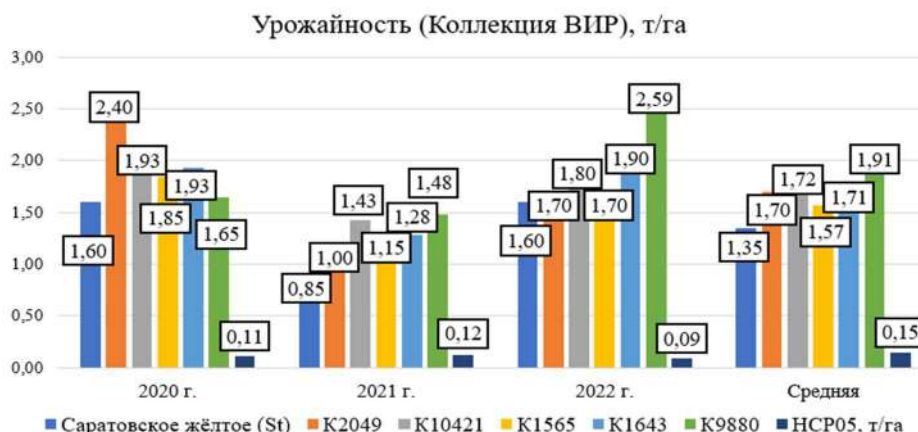


Рисунок 5 – Урожайность перспективных сортов и образцов проса в коллекции ВИР, т/га  
Figure 5 – Yield of promising varieties and samples of millet in the VIR collection, t/ha

Анализ рисунка 5 позволяет сделать вывод, что в коллекционном питомнике ВИР максимальная урожайность проса обеспечивалась у образцов и сортов в 2022 и 2020 годах, соответственно 1,6-2,59 и 1,6-2,4 т/га, минимальная в 2021 году – 0,85-1,48 т/га. В среднем образец K9880 занял первое место по урожайности, которая составила 1,91 т/га, что на 41,5% выше, чем у стандартного сорта Саратовское жёлтое. Урожайность образцов K1565, K2049, K1643 и K10421, соответственно, составляла 1,57; 1,70; 1,71 и 1,72 т/га, что в свою очередь заметно превалировало относительно стандарта на 16,3; 25,9; 26,7 и 27,4%. Урожайность сорта Саратовское жёлтое (St) поддерживалась на уровне 1,35 т/га.

**Выводы.** Выполненные на почвах каштанового типа изыскания подтвердили, что в коллекционном питомнике ВИР максимальную урожайность в среднем поддерживал образец посевного проса K9880, выведенный в Украине. Особенно подающим надежды для выращивания показал себя сорт Диана местной селекции ФНЦ агроэкологии РАН, опережающий стандарт по многочисленным критериям и соответствующий сегодняшним параметрам аграрного производства. Собственно этот сорт возглавил список по урожайности между образцами и сортами в конкурсном испытании и демонстрационном посеве и, в свою очередь, выдался наилучшим образом приспособленным к региональным почвенным и климатическим особенностям.

**Conclusions.** Research carried out on chestnut-type soils confirmed that in the VIR collection nursery the maximum yield on average was maintained by the millet sample K9880, bred in Ukraine. The variety Diana, a local selection of the Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, has shown itself to be especially promising for cultivation; it is ahead of the standard in terms of numerous criteria and corresponds to today's parameters of agricultural production. Actually, this variety topped the list in terms of yield between samples and varieties in competitive testing and demonstration sowing and, in turn, turned out to be best adapted to regional soil and climatic characteristics.

#### Библиографический список

1. Митрофанов Д. В., Ткачёва Т. А. Влияние лимитирующих факторов на продуктивность проса в севооборотах на южных чернозёмах Оренбургского Предуралья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 217-228.
2. Петров Н. Ю., Калмыкова Е. В., Захарова Е. А. и др. Новые элементы в технологии выращивания проса в Волгоградской области. Известия Оренбургского ГАУ. 2019. № 3 (77). С. 71-73.

3. Прилепина Е. Е. Возделывание проса в условиях Волгоградской области. Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XIV Международной науч.-практ. конференции молодых исследователей. Волгоград, 2020. С. 242-243.
4. Хамокова И. М. Просо: состояние изученности некоторых элементов технологии. Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 3 (43). С. 57-65.
5. Baranovsky A. V., Sadovoy A. S., Kapustin S. I., et al. Characteristics of consumptive water use of millet and sorghum depending on the sowing time in dry conditions of steppe zone. International Journal of Ecosystems and Ecology Science. 2022. Vol. 12. № 1. Pp. 1-6.
6. Долинный Ю. Ю., Коберницкий В. И., Коконев С. И. Оценка коллекционных образцов проса по качественным показателям в условиях Северного Казахстана. Аграрная Россия. 2022. № 10. С. 8-12.
7. Лозина Н. А., Зотиков В. И. Изменчивость элементов продуктивности проса в результате применения микроудобрений. Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 4 (40). С. 46-52.
8. Зеленев А. В., Неймышева А. Н., Карякин В. В. и др. Состояние изученности перспективных сортов проса посевного в Нижнем Поволжье. Аграрная Россия. 2023. № 10. С. 19-24.
9. Петров Н. Ю., Захарова Е. А., Федоренко И. С. Эффективность применения биопрепаратов при выращивании проса в Волгоградской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 67-72.
10. Тихонов Н. П., Тихонова Т. В., Милкин А. А. Адаптивность и урожайность сортов проса селекции ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 4 (28). С. 78-82.
11. Шукис Е. Р., Чеботарёв А. П., Жаркова С. В. Создание сортов проса посевного для Алтайского края. Вестник Алтайского ГАУ. 2022. № 10 (216). С. 5-12.
12. Сокурова Л. Х. Морфобиологические особенности и селекционная ценность коллекции проса в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии. Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 3 (27). С. 67-71.
13. Антимонов О. Н., Антимонов А. К., Сыркина Л. Ф. и др. Оценка адаптивного потенциала сортов проса посевного в конкурсном испытании по признаку «Урожайность зерна». Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 2 (4). С. 717-721.
14. Скороходов В. Ю. Формирование урожайности проса в зависимости от предшественников и гидро-термического стресса Южного Урала. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 230-238.
15. Solonkin A. V., Sukhareva E. P., Belikina A. V. Seed production techniques for enhancing millet yields in chestnut soils of the Lower Volga region. Research on Crops. 2023. Vol. 24. № 3. Pp. 500-505.

#### **References**

1. Mitrofanov D. V., Tkacheva T. A. The influence of limiting factors on the productivity of millet in crop rotations on the southern chernozems of the Orenburg Cis-Urals. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 1 (69). Pp. 217-228.
2. Petrov N. Yu., Kalmykova E. V., Zakharova E. A., et al. New elements in the technology of millet cultivation in the Volgograd region. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2019. № 3 (77). Pp. 71-73.
3. Prilepina E. E. Cultivation of millet in the Volgograd region. Science and youth: new ideas and solutions: materials of the XIV International Scientific conference of young researchers. Volgograd, 2020. Pp. 242-243.
4. Khamokova I. M. Millet: state of knowledge of some elements of technology. Leguminous and cereal crops. 2022. № 3 (43). Pp. 57-65.
5. Baranovsky A. V., Sadovoy A. S., Kapustin S. I. et al. Characteristics of consumptive water use of millet and sorghum depending on the sowing time in dry conditions of steppe zone. International Journal of Ecosystems and Ecology Science. 2022. Vol. 12. № 1. Pp. 1-6.
6. Dolinny Yu. Yu., Kobernitsky V. I., Kokonov S. I. Evaluation of collection samples of millet according to quality indicators in the conditions of Northern Kazakhstan. Agrarian Russia. 2022. № 10. Pp. 8-12.
7. Lozina N. A., Zotikov V. I. Variability of millet productivity elements as a result of the use of microfertilizers. Leguminous and cereal crops. 2021. № 4 (40). Pp. 46-52.
8. Zelenov A. V., Neymysheva A. N., Karyakin V. V. et al. State of knowledge of promising varieties of millet in the Lower Volga region. Agrarian Russia. 2023. № 10. Pp. 19-24.
9. Petrov N. Yu., Zakharova E. A., Fedorenko I. S. Efficiency of using biological products when growing millet in the Volgograd region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2019. № 1 (53). Pp. 67-72.
10. Tikhonov N. P., Tikhonova T. V., Milkin A. A. Adaptability and productivity of millet varieties selected by the Federal State Budgetary Institution "Research Institute of Agriculture of the South-East". Leguminous and cereal crops. 2018. № 4 (28). Pp. 78-82.
11. Shukis E. R., Chebotarev A. P., Zharkova S. V. Creation of millet varieties for the Altai Territory. Bulletin of Altai State Agrarian University. 2022. № 10 (216). Pp. 5-12.
12. Sokurova L. Kh. Morphobiological features and breeding value of a millet collection in the conditions of the steppe zone of Kabardino-Balkaria. Leguminous and cereal crops. 2018. № 3 (27). Pp. 67-71.
13. Antimonov O. N., Antimonov A. K., Syrkina L. F. et al. Assessment of the adaptive potential of millet varieties in a competitive test on the basis of "Grain Yield". Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. Vol. 20. № 2 (4). Pp. 717-721.
14. Skorokhodov V. Yu. Formation of millet yield depending on predecessors and hydrothermal stress of the Southern Urals. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 2 (70). Pp. 230-238.
15. Solonkin A. V., Sukhareva E. P., Belikina A. V. Seed production techniques for enhancing millet yields in chestnut soils of the Lower Volga region. Research on Crops. 2023. V. 24. № 3. Pp. 500-505.

## Информация об авторах

**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](mailto:Zelenev.A@bk.ru)

**Смутнев Павел Анатольевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий агроном-селекционер лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4958-4946>, e-mail: [smut-pavel@yandex.ru](mailto:smut-pavel@yandex.ru)

**Неймышева Алла Николаевна**, старший агроном-селекционер лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9261-8016>, e-mail: [alla.neymysheva@bk.ru](mailto:alla.neymysheva@bk.ru)

**Карякин Владимир Владимирович**, агроном-селекционер лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 97), ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5002-9851>, e-mail: [felitsiya@list.ru](mailto:felitsiya@list.ru)

## Authors Information

**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](mailto:Zelenev.A@bk.ru)

**Smutnev Pavel Anatolyevich**, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Agronomist Breeder of the Laboratory of Breeding, Seed and Nursery Production of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Forestry of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4958-4946>, e-mail: [smut-pavel@yandex.ru](mailto:smut-pavel@yandex.ru)

**Neymysheva Alla Nikolaevna**, Senior Agronomist Breeder of the Laboratory of Breeding, Seed and Nursery Production of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Forestry of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9261-8016>, e-mail: [alla.neymysheva@bk.ru](mailto:alla.neymysheva@bk.ru)

**Karyakin Vladimir Vladimirovich**, Agronomist Breeder of the Laboratory of Breeding, Seed and Nursery Production of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Forestry of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97), ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5002-9851>, e-mail: [felitsiya@list.ru](mailto:felitsiya@list.ru)

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-07

**GEOINFORMATION ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF  
IRRIGATED LAND IN THE SARPINSKAYA LOWLAND TERRITORY****Ivantsova E. A., Komarova I. A.***Federal State Educational Institution of Higher Education "Volgograd State University"  
Volgograd, Russian Federation*Corresponding author E-mail: [ivantsova.volgu@mail.ru](mailto:ivantsova.volgu@mail.ru)

Received 11.02.2024

Submitted 20.03.2024

**Summary**

The article presents the results of an assessment based on geographic information technologies of the current state of irrigated lands in the Sarpinskaya Lowland. A local GIS developed on the basis of research makes it possible to identify and determine the degree of degradation processes in order to develop a set of appropriate agro-reclamation measures.

**Abstract**

**Introduction.** The relevance of the research is due to the need to assess the current state of irrigated lands in order to identify the level of degradation processes in the agricultural landscapes of the Sarpinskaya Lowland. An object. **The object** of research in the period 2015-2021. were test sites characterizing the main typological groups of landscapes (the "Perekrestnoe" test site on the territory of the Sostinsky landscape region, the "Nizovy" test site on the territory of the Priergeninsky landscape region, the "Oak Ravine" test site, located on the border of the Sarpinsky landscape region, the "Kuksun" test site on the territory of the Volgo -Sarpinsky landscape district; testing ground "Koryagin" on the territory of the Yuzhno-Sarpinsky landscape region; testing ground "Sarpa", located on the territory of the Sarpinsko-Davansky landscape region; testing ground "Volzhsky" on the territory of the Astrakhan landscape region, testing ground "Black Earth" on the territory of the Chernozemelsky landscape region district i). **Materials and methods.** The condition of the land was assessed using spectral spatial images using geoinformation programs and image analysis tools. To determine the macrostructure of the plots, large-scale space maps were used based on high-resolution spatial images - from 0.4 to 1.0 m. The method of interpreting space images to analyze the spatial distribution of fields is based on visual and semi-automatic identification of field contours according

to the characteristic features of agrocenosis processing, according to relatively homogeneous the color tone of crops and the presence of protective plantings and field roads [1]. **Results and conclusions.** Based on the data obtained and geoinformation analysis, the geostatistical characteristics of the identified 325 irrigation areas were calculated. It has been established that the areas of autonomous irrigation plots in the study area vary from 5.4 to 22108.0 hectares. The developed local GIS of irrigated lands in the Sarpinskaya Lowland makes it possible to conduct a detailed analysis of the structure and condition of fields, organize regular remote monitoring of soils, irrigation regimes, as well as identify the potential productivity and yield of cultivated crops.

**Keywords:** geoinformation technologies, decryption, agricultural landscapes, irrigated lands, Sarpin lowland.

**Citation.** Ivantsova E. A., Komarova I. A. Geoinformation analysis and assessment of the current state of irrigated land in the Sarpinskaya lowland territory. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 60-67 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-07.

**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 910.3:631.587(470+571)

## ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ТЕРРИТОРИИ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Иванцова Е. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
Комарова И. А., аспирант

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

**Актуальность.** Актуальность исследований обусловлена необходимостью оценки современного состояния орошаемых земель с целью выявления уровня деградационных процессов в агроландшафтах Сарпинской низменности. **Объект.** Объектом исследований в период 2015-2021 гг. являлись тестовые полигоны, характеризующие основные типологические группы ландшафтов (полигон «Перекрестное» на территории Состинского ландшафтного района, полигон «Низовый» на территории Приергенинского ландшафтного района, полигон «Дубовый Овраг», расположенный на границе Сарпинского ландшафтного района, полигон «Куксун» на территории Волго-Сарпинского ландшафтного района; полигон «Корягин» на территории Южно-Сарпинского ландшафтного района; полигон «Сарпа», расположенный на территории Сарпинско-Даванского ландшафтного района; полигон «Волжский» на территории Астраханского ландшафтного района, полигон «Черный Земли» на территории Черноземельского ландшафтного района и). **Материалы и методы.** Состояние земель оценивалось по спектральным пространственным снимкам с помощью геоинформационных программ и инструментов анализа изображений. Для определения макроструктуры участков использовались крупномасштабные космокарты на основе пространственных снимков высокого разрешения – от 0,4 до 1,0 м. Метод дешифрирования космических снимков для анализа пространственного распределения полей основан на визуальном и полуавтоматическом выделении контуров полей по характерным признакам обработки агроценозов, по относительно однородному цветовому тону посевных культур и наличию полевых дорог [1]. **Результаты и выводы.** На основе полученных данных и геоинформационного анализа рассчитаны геостатистические характеристики выделенных 325 участков орошения. Установлено, что площади автономных участков орошения на территории исследований варьируют от 5,4 до 22108,0 га. Разработанная локальная ГИС орошаемых земель Сарпинской низменности дает возможность проведения детального анализа структуры и состояния полей, организации регулярного дистанционного мониторинга почв, режима полива, а также выявления потенциальной продуктивности и урожайности выращиваемых сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** геоинформационные технологии, дешифрирование, агроландшафты, орошаемые земли, Сарпинская низменность.

**Цитирование.** Иванцова Е. А., Комарова И. А. Геоинформационный анализ и оценка современного состояния орошаемых земель территории Сарпинской низменности. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 60-67. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-07.

**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.** Сарпинская низменность общей площадью 22 тыс. км<sup>2</sup> расположена на Волго-Сарпинском междуречье северо-западной части Прикаспийской низменности. Большая часть территории Сарпинской низменности расположена над уровнем моря, наиболее крупные понижения в виде озер и лиманов расположены в ее южной части. В пределах Сарпинской низменности расположены территории Республики Калмыкия, Волгоградской и Астраханской областей.

Грунтовые воды на территории Сарпинской низменности залегают неглубоко (от 1 до 5 м). Минерализация воды возрастает по направлению на юго-восток от 1 до 30 г/л. Характер минерализации в основном гидрокарбонатно-натриевый или хлоридно-натриевый. Западная часть Сарпинской низменности представляет собой бессточную область, аккумулирующую сток с Ергенинской возвышенности. Плотность постоянной гидрографической сети не превышает 0,05 км/кв.км. Оросительные системы незначительны по протяженности.

Агроклиматические ресурсы Сарпинской низменности характеризуются достаточной теплообеспеченностью. Продолжительность тёплого периода, в течение которого температура превышает 0<sup>0</sup>C – 240-275 дней. Сумма активных температур ( $\sum t > 10$ ) составляет 3329-3523<sup>0</sup>C, что благоприятно для формирования стабильных урожаев практически всех теплолюбивых культур, включая рис [2-4].

В период 60-80-х годов прошлого века при освоении Сарпинской низменности под рисосеяние было введено в эксплуатацию почти четырнадцать тысяч гектаров инженерных рисовых систем [3, 4]. По данным Э. Б. Дедовой, Р. М. Шабанова, А. А. Дедова [4], в процессе эксплуатации рисовой оросительной системы по причине сложных природных мелиоративно-гидрогеологических условий, связанных с засоленностью почв, их осолонцеванием, недостаточной естественной дренированностью агроландшафтов, а также из-за недостаточной глубины и разреженности коллекторно-дренажной сети в последние годы наблюдается подъем высокоминерализованных грунтовых вод, активно протекают процессы вторичного засоления почв, что привело к резкому ухудшению экологической ситуации в регионе.

Состояние изучаемой территории по структуре земельного фонда характеризуется преобладанием земель сельскохозяйственного назначения (84,8%), в связи с чем основная нагрузка на земельные ресурсы носит антропогенный характер, связанный с сельскохозяйственным производством, развитие которого приводит к деградации естественных экосистем. Дефляцией с различной степенью деградации охвачено 77% сельскохозяйственных угодий, засолено в той или иной мере 42%, в т.ч. пашня 3,4%, сбитые кормовые угодья – 57% [5].

В задачи наших многолетних исследований агроландшафтов Сарпинской низменности в период 2015-2021 гг. входило определение их современного состояния и лесомелиоративного обустройства, в том числе орошаемых земель, выявление уровня наблюдающихся деградационных процессов, разработка тематических электронных карт состояния и лесомелиоративных характеристик исследуемой территории для геоинформационных систем на базе современных компьютерных технологий.

Новизна исследований заключалась в получении и анализе новых данных, касающихся современного состояния орошаемых земель территории Сарпинской низменности.

Практическая значимость работы определена уточненными пространственными данными по состоянию и лесомелиоративному обустройству агроландшафтов для обеспечения проведения опытных и проектных работ по восстановлению нарушенных земель и защите их от деградации методами лесомелиорации.

**Материалы и методы.** Объект исследований – тестовые полигоны, охватывающие основные типологические группы ландшафтов Сарпинской низменности (рисунок 1).

На рисунке 2 представлена карта рельефа Сарпинской низменности, включающая водосбор Сарпинских озер, часть водосбора Волги, водосбор реки Кума и водосборы малых рек. Топографическая карта была составлена на основе цифровой модели рельефа SRTM 1.

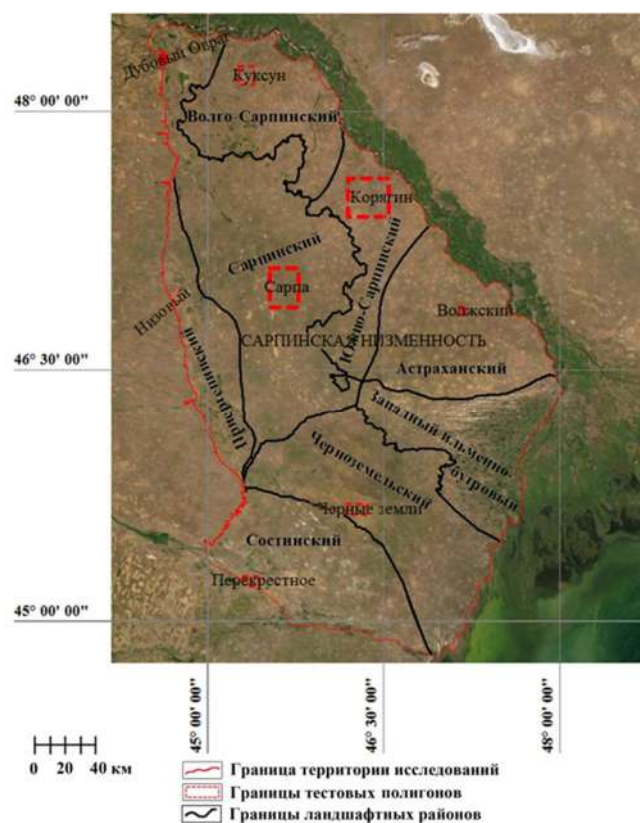


Рисунок 1 – Объект исследований с тестовыми полигонами  
Figure 1 – Object of research with test polygons

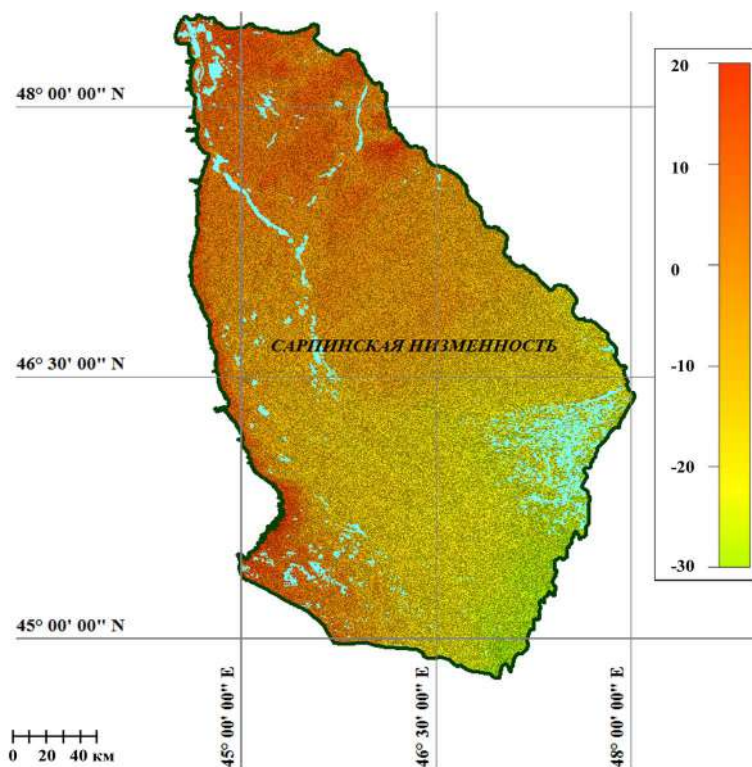


Рисунок 2 – Карта рельефа Сарпинской низменности  
Figure 2 – Relief map of the Sarpinskaya Lowland

Состояние пахотных земель оценивали по спектрально-космическим снимкам с использованием геоинформационных программ и их инструментов анализа изображения. Для выявления макроструктуры полей используются крупномасштабные космические карты, которые создаются на основе космических снимков высокого разрешения – от 0,4 до 1,0 м. Границы полей определяются границами, обозначенными полевыми дорогами, защитными лесными насаждениями или севооборотом [6].

Структура полей, используемых для сельскохозяйственного производства, определялась по данным Росреестра (электронная форма на официальном сайте <https://rosreestr.gov.ru/>).

Методика геоинформационного исследования сельскохозяйственных орошаемых земель в агроландшафтах заключается в проведении космической съемки территории путем получения космических снимков высокого и сверхвысокого разрешения, с использованием космических снимков создается космическая карта агроландшафта при помощи геоинформационного программного пакета (например, QGIS3.104) [6-13]. Методика дешифрирования космических снимков для анализа пространственного распределения полей основана на визуальном и полуавтоматическом выделении контуров полей по характерным признакам их обработки, по относительно однородному тону посевов, наличию защитных лесных насаждений и полевых дорог. Векторизация контуров дает возможность определить геометрические и геоморфологические характеристики участков [1, 14].

В среде ГИС на космической карте векторными контурами выделяется макроструктура полей, определяется общее количество полей, их топология и выявляются защищенные лесными насаждениями и не защищенные поля [6]. При этом устанавливаются площадь, размеры и конфигурация полей, создается картографический слой "цифровая модель рельефа" с использованием глобальных ЦМР (например, SRTM 1), определяются геоморфологические характеристики исследуемых полей. Далее проводится анализ структуры и состояния верхнего почвенного слоя, выделяются контуры участков по уровням суммарной деградации. В итоге создается векторный слой распределения пашни по потенциальной продуктивности [6].

В работах В. Г. Юферева, К. П. Синельниковой, А. Н. Берденгалиевой [1], Е. А. Иванцовой, И. А. Комаровой [6], К. П. Синельниковой [11], В. В. Новочадова, В. Г. Юферева, А. В. Мелиховой, В. В. Балыновой [12], А. С. Рулева, В. Г. Юферева, Е. А. Иванцовой [13], А. С. Рулева, С. С. Шинкаренко, В. Н. Бодровой, Н. В. Сидоровой [14], Аль-Чаабави М. Р. А., Иванцовой Е. А., Солодовниковым Д. А. [15] и др. обоснованы методы и способы разработки тематических карт сельскохозяйственных территорий. Разработка картографического слоя агроландшафтов включает интерпретацию космических снимков; сравнительный анализ сельскохозяйственных угодий; экстраполяцию результатов дешифрирования на аналогичные земли; обработку результатов в пределах региона исследований и создание картографического слоя сельскохозяйственных территорий. В результате исследований получается полная картина особенностей рельефа объекта исследования, которая позволяет определить возможность хозяйственного использования территории [12].

**Результаты и обсуждение.** Для оценки современного состояния орошаемых земель Сарпинской низменности было проведено их геоинформационное картографирование и разработана локальная ГИС. Картографирование проведено с использованием разделения на участки, отдельно локализованных на территории восьми полигонов (Перекрестное, Волжский, Корягин, Дубовый Овраг, Низовый, Куксун, Сарпа, Черный Земли).

В результате проведенных исследований на территории Сарпинской низменности выделено 325 орошаемых участков (рисунок 3).

На основе данных Long-Term Care Facility Resident Assessment Instrument 3.0 User's Manual Version 1.17.1 [10] и геоинформационного анализа были рассчитаны следующие геостатистические характеристики всех выделенных участков орошения.

Установлено, что площади автономных участков орошения под овощные культуры и рис на территории исследований варьируют от 5,4 до 22108,0 га. Участки площадью менее 5 га в исследовании не учитывались.

Геоинформационные технологии обеспечивают возможность подробного анализа орошаемых участков при использовании крупного масштаба картографического слоя (рисунок 4).



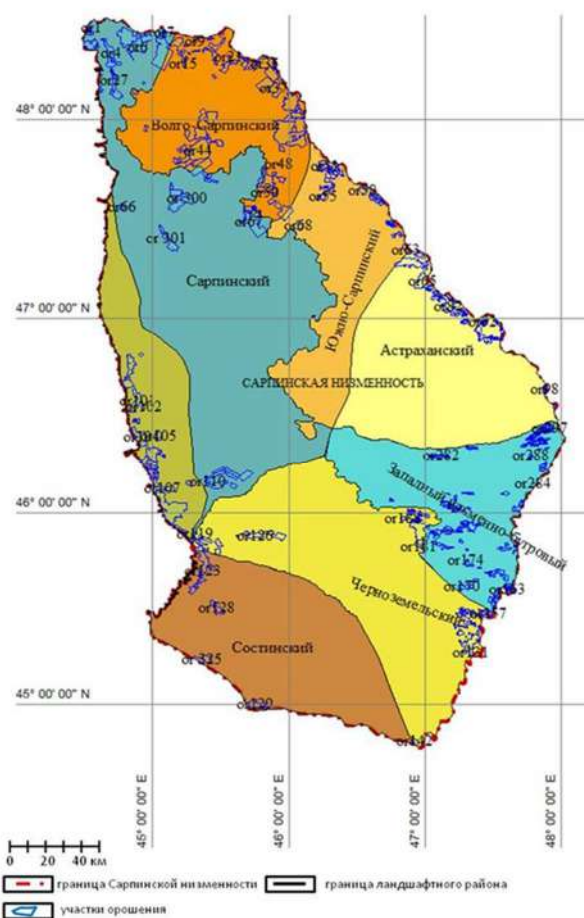


Рисунок 3 – Карта распределения орошаемых земель в Сарпинской низменности  
Figure 3 – Map of distribution of irrigated lands in the Sarpinskaya Lowland

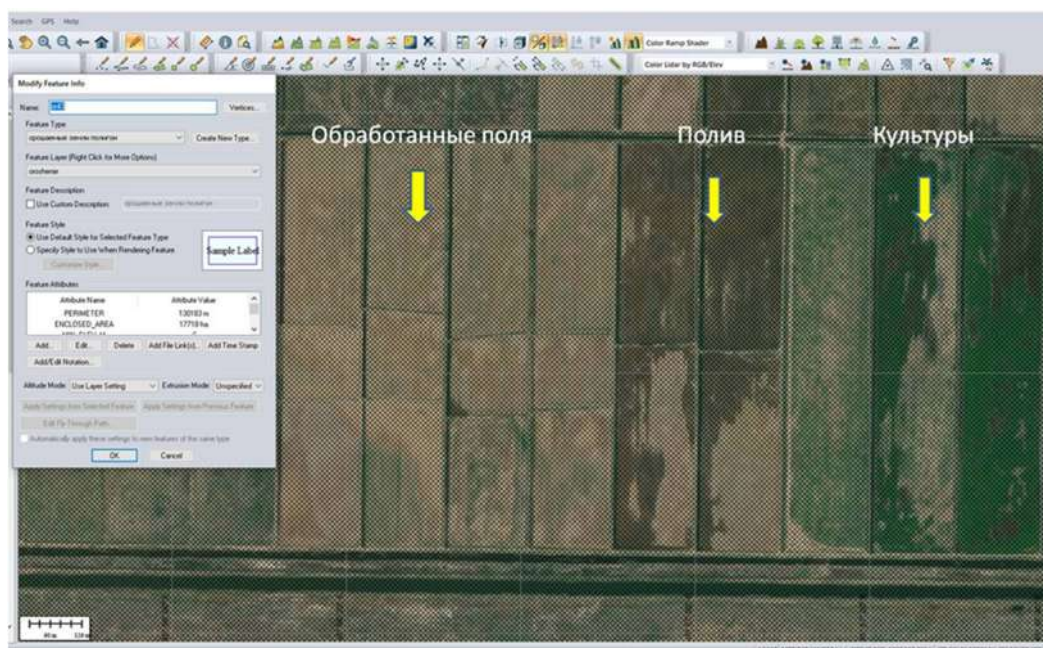


Рисунок 4 – Геоинформационный картографический слой участка "ор 43" М 1:5668  
Figure 4 – Geoinformation cartographic layer of the site "or 43" M 1:5668



**Заключение.** Использование инструментов анализа программных комплексов ГИС дает возможность установить не только пространственную структуру орошаемых полей Сарпинской низменности, но и определить их состояние, наличие и качество выращивания сельскохозяйственных культур, степень использования, регулярность полива, то есть появляется возможность объективного мониторинга их использования. Таким образом, разработанная локальная ГИС орошаемых земель исследуемой территории обеспечивает детальный анализ структуры и состояния полей, дает возможность организации регулярного дистанционного мониторинга почв, сельскохозяйственных культур и режима полива, установить потенциальную продуктивность и урожайность.

В целях экологически безопасного функционирования инженерных систем орошения необходимо осуществление комплекса агромелиоративных мероприятий (реконструкция сетей, использование технологий экосистемного водопользования, применение оптимальных режимов орошения, агромелиорация засоленных и осолонцованных почв, улучшение условий отвода дренажных вод и др.), направленных на предотвращение дальнейшего падения почвенного плодородия и ухудшения экологической ситуации в сельскохозяйственных ландшафтах Сарпинской низменности.

**Conclusions.** The use of GIS software analysis tools makes it possible to establish not only the spatial structure of the irrigated fields of the Sarpinskaya Lowland, but also to determine their condition, the presence and quality of growing crops, the degree of use, the regularity of irrigation, that is, it becomes possible to objectively monitor their use. Thus, the developed local GIS of irrigated lands in the study area provides a detailed analysis of the structure and condition of the fields, makes it possible to organize regular remote monitoring of soils, crops and irrigation regimes, and to establish potential productivity and yield.

In order to ensure the environmentally safe functioning of engineered irrigation systems, it is necessary to implement a set of agro-reclamation measures (reconstruction of networks, use of ecosystem water use technologies, application of optimal irrigation regimes, agro-reclamation of saline and alkaline soils, improvement of conditions for drainage water, etc.) aimed at preventing a further decline in soil fertility and deterioration of the ecological situation in the agricultural landscapes of the Sarpinskaya Lowland.

#### Библиографический список

1. Юферев В. Г., Синельникова К. П., Берденгалиева А. Н. Геоинформационное картографирование дефляционно-опасных участков земель сельскохозяйственного назначения с использованием космоснимков. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 125-134.
2. Бородыхев В. В., Дедов А. А., Дедова Э. Б. Закономерности водопотребления столового арбуза на бурых полупустынных почвах Северо-Западного Прикаспия. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 22-32.
3. Бородыхев В. В., Шуравилин А. А., Дедова Э. Б., Очинова Е. Н. Состояние и перспективы развития рисового комплекса Калмыкии. Агро XXI. 2012. № 4-6. С. 32-35.
4. Дедова Э. Б., Шабанов Р. М., Дедов А. А. Пути повышения эффективности функционирования рисовой оросительной системы на территории Сарпинской низменности. Colloquium Journal. 2019. № 5 (29). С. 37-38.
5. [https://volgastat.gks.ru/municipal\\_statistics](https://volgastat.gks.ru/municipal_statistics).
6. Иванцова Е. А., Комарова И. А. Использование геоинформационных технологий и космических снимков для анализа агроландшафтов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 357-366.
7. Panasyuk M., Safiollin F., Sultanov V., Sabirzyanov A. Geoinformation system for monitoring and assessment of agricultural lands condition. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. No 579. 012147.
8. Kulik K. N., Petrov V. I., Yuferev V. G., et al. Geoinformational Analysis of Desertification of the Northwestern Caspian. Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10. No 2. Pp. 98-105.
9. Cherlet M., Ivits-Wasser E., Sommer S., et al. Land Productivity Dynamics in Europe – Towards Valuation of Land Degradation in the EU. Rome, 2018. 162 p.
10. Long-Term Care Facility Resident Assessment Instrument 3.0 User's Manual Version 1.17.1. [https://downloads.cms.gov/files/mds-3.0-rai-manual-v1.17.1\\_october\\_2019.pdf](https://downloads.cms.gov/files/mds-3.0-rai-manual-v1.17.1_october_2019.pdf).
11. Синельникова К. П. Оценка состояния агроландшафтов Донской гряды с использованием ГИС-технологий и космоснимков. Успехи современного естествознания. 2022. № 6. С. 21-26.
12. Юферев В. Г., Мелихова А. В., Балынова В. В. Геоинформационный анализ рельефа Кумо-Манычской впадины. Природные системы и ресурсы. 2022. Т. 12. № 2. С. 67-76.
13. Новочадов В. В., Рулев А. С., Юферев В. Г., Иванцова Е. А. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно-трансформированных территорий Юга России. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (54). С. 151-158.
14. Рулев А. С., Шинкаренко С. С., Бодрова В. Н., Сидорова Н. В. Геоинформационные технологии в обеспечении точного земледелия. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 115-122.
15. Аль-Чаабави М. Р. А., Иванцова Е. А., Солодовников Д. А. Состояние и структура сельскохозяйственных угодий на полигоне Джулуб в провинции Майсан (Ирак). Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 253-261.

# References

1. Yuferev V. G., Sinelnikova K. P., Berdengalieva A. N. Geoinformation mapping of deflation-hazardous areas of agricultural land using space images. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2023. No 2 (70). Pp. 125-134.
2. Borodychev V. V., Dedov A. A., Dedova E. B. Patterns of water consumption of table watermelon on brown semi-desert soils of the North-Western Caspian region. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2019. No 1 (53). Pp. 22-32.
3. Borodychev V. V., Shuravilin A. A., Dedova E. B., Ochirova E. N. State and prospects for the development of the rice complex of Kalmykia. Agro XXI. 2012. No 4-6. Pp. 32-35.
4. Dedova E. B., Shabanov R. M., Dedov A. A. Ways to increase the efficiency of the rice irrigation system on the territory of the Sarpinskaya Lowland. Colloquium Journal. 2019. No 5 (29). Pp. 37-38.
5. [https://volgastat.gks.ru/municipal\\_statistics](https://volgastat.gks.ru/municipal_statistics)
6. Ivantsova E. A., Komarova I. A. The use of geoinformation technologies and space images for the analysis of agricultural landscapes. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2021. No 2 (62). Pp. 357-366.
7. Panasyuk M., Safiollin F., Sultanov V., Sabirzyanov A. Geoinformation system for monitoring and assessment of agricultural lands condition. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. No 579. 012147.
8. Kulik K. N., Petrov V. I., Yuferev V. G., et al. Geoinformational Analysis of Desertification of the Northwestern Caspian. Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10. No 2. Pp. 98-105.
9. Cherlet M., Ivits-Wasser E., Sommer S., et al. Land Productivity Dynamics in Europe – Towards Valuation of Land Degradation in the EU. Rome, 2018. 162 p.
10. Long-Term Care Facility Resident Assessment Instrument 3.0 User's Manual Version 1.17.1. [https://downloads.cms.gov/files/mds-3.0-rai-manual-v1.17.1\\_october\\_2019.pdf](https://downloads.cms.gov/files/mds-3.0-rai-manual-v1.17.1_october_2019.pdf).
11. Sinelnikova K. P. Assessment of the state of agricultural landscapes of the Don ridge using GIS technologies and satellite images. Advances in modern natural science. 2022. No 6. Pp. 21-26.
12. Yuferev V. G., Melikhova A. V., Balynova V. V. Geoinformation analysis of the relief of the Kuma-Manych depression. Natural systems and resources. 2022. V. 12. No 2. Pp. 67-76.
13. Novochadov V. V., Rulev A. S., Yuferev V. G., Ivantsova E. A. Remote research and mapping the state of anthropogenically transformed territories of the South of Russia. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2019. No 1 (54). Pp. 151-158.
14. Rulev A. S., Shinkarenko S. S., Bodrova V. N., Sidorova N. V. Geoinformation technologies in ensuring precision agriculture. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2018. No 4 (52). Pp. 115-122.
15. Al-Chaabawi M. R. A., Ivantsova E. A., Solodovnikov D. A. Condition and structure of agricultural land at the Julub site in the province of Maysan (Iraq). News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2023. No 2 (70). Pp. 253-261.

# Информация об авторах

**Иванцова Елена Анатольевна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор института естественных наук, профессор кафедры «Экология и природопользование» ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, д. 100), e-mail: [ivantsova.volgu@mail.ru](mailto:ivantsova.volgu@mail.ru)

**Комарова Ирина Анатольевна**, аспирант кафедры «Экология и природопользование» ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, д. 100), e-mail: [irinafgh@rambler.ru](mailto:irinafgh@rambler.ru)

# Author's Information

**Ivantsova Elena Anatolyevna**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of the Institute of Natural Sciences, Professor of the Department of Ecology and Environmental Management of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Volgograd State University" (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Avenue, 100), e-mail: [ivantsova.volgu@mail.ru](mailto:ivantsova.volgu@mail.ru)

**Komarova Irina Anatolyevna**, postgraduate student of the Department of Ecology and Environmental Management, Volgograd State University (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Avenue, 100), e-mail: [irinafgh@rambler.ru](mailto:irinafgh@rambler.ru)

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-08

## SEEDING RATE IS A FACTOR THAT DETERMINES THE AGRO-ECONOMIC EFFICIENCY OF CULTIVATION OF THE F1 HYBRID OF WINTER RYE NEMCHINOVSKY 1 IN TECHNOLOGIES OF DIFFERENT LEVELS OF INTENSITY

Kapranov V. N., Zelenev A. V., Kiselev E. F., Tegesov D. S., Pleskachev N. Yu.

Federal Research Center «Nemchinovka»  
Moscow, Russian Federation

Corresponding author E-mail: [zelenev.a@bk.ru](mailto:zelenev.a@bk.ru)

Received 31.01.2024

Submitted 21.02.2024

# Summary

The data on the response of a new F1 hybrid of winter rye Nemchinovsky 1 to agrotechnologies of different levels of intensification – basic, intensive and high-intensive at seed norms of 1.0, 2.0 and 3.0 million pieces/ha in the conditions of Central Non-Chernozem zone on sod-podzolic medium loamy soil are presented.

## Abstract

**Introduction.** The aim of flexible intensification of agricultural production is considered to be the fulfilment of ideal requirements for the realization of reproductive capacity of cultivated plant organisms by means of agro technical measures for the sake of grain production growth. **Object.** F1 hybrid of winter rye Nemchinovsky 1. **Materials and methods.** The work was carried out in 2020-2023 in FIC "Nemchinovka" (theme No. FGGE-2022-0005). Soil – sod-podzolic medium loamy, slightly acidic pH<sub>sol</sub>. 5,1-5,6. The content of mobile phosphorus corresponds to a high level (161-224 mg/kg), the content of mobile potassium is high (144-166 mg/kg). The crop rotation was chosen: occupied fallow (mustard siderate) – winter rye – spring wheat – sown peas. The following elements of agrotechnics were studied: A – seed rate of 1, 2 and 3 million seeds/ha; B – technologies of different levels of intensification. **Results and conclusions.** In the wettest years 2020 and 2023 the amount of precipitation per month was 73-75 % more than the mean annual value of 85.8 mm, deficit of precipitation was observed in 2021 and 2022 by 36-64% of the norm. With increasing seed rate from 1.0 to 3.0 million seeds/ha, grain yield of F1 hybrid Nemchinovsky 1 increased. The best yield results during four years were provided in case of application of the standard of 3 million pieces/ha. The average yield was 6.96 t/ha for the basic technology, 7.95 t/ha for the intensive technology and 8.85 t/ha for the high-intensive technology. Reducing the seeding rate to 2 million reduced this indicator by 7.7-7.8% for all technologies, to 1 million pieces/ha – 13.8% for basic technology, 14.3-14.5% – for high-intensive and intensive technologies. At the same time, cultivation of F1 hybrid Nemchinovsky 1 in technologies of different levels of intensity turned out to be economically favorable. Reducing the norm of seed material to 1.0 million pieces/ha and obtaining a smaller grain yield of 6.96 t/ha in the end still provided a return on 1 ruble of material costs of 1.12 ruble of yield per hectare.

**Keywords:** winter rye, *Secale cereale* L., winter rye cultivation technologies, winter rye seeding rate, winter rye hybrids.

**Citation.** Kapranov V. N., Zelenev A. V., Kiselev E. F., Tegesov D. S., Pleskachev N. Yu. Seeding rate is a factor that determines the agro-economic efficiency of cultivation of the F1 hybrid of winter rye Nemchinovsky 1 in technologies of different levels of intensity. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 67-75 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-08.

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

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

УДК 633.14:631.81:631.53.048

**НОРМА ВЫСЕВА – ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ АГРОЭКОНОМИЧЕСКУЮ  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГИБРИДА F1 ОЗИМОЙ РЖИ  
НЕМЧИНОВСКИЙ 1 В ТЕХНОЛОГИЯХ РАЗНОГО УРОВНЯ  
ИНТЕНСИВНОСТИ**

**Капранов В. Н.,** доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник  
**Зеленев А. В.,** доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник  
**Киселёв Е. Ф.,** кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник  
**Тегесов Д. С.,** кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник  
**Плескачёв Н. Ю.,** лаборант-исследователь

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

**Актуальность.** Целью гибкой активизации сельскохозяйственного производства считается выполнение идеальных требований по реализации репродуктивной способности культурных растительных организмов с помощью агротехнических мероприятий ради роста производства зерна. **Объект.** Гибрид F1 озимой ржи Немчиновский 1. **Материалы и методы.** Работа выполнена в 2020-2023 гг. в ФИЦ «Немчиновка» (тема № FGGE-2022-0005). Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая, слабокислая pH<sub>сол</sub>. 5,1-5,6. Содержание подвижного фосфора соответствует высокому уровню (161-224 мг/кг), обеспеченность подвижным калием – повышенная (144-166 мг/кг). Выбран севооборот: пар занятый (горчица сидерат) – рожь озимая – пшеница яровая – посевной горох. Изучались следующие элементы агротехники: А – норматив семенного материала 1, 2 и 3 млн. шт./га; В – технологии разных уровней интенсификации. **Результаты и выводы.** В наиболее влажные 2020 и 2023 годы количество осадков за месяц было на 73-75 % больше среднееголетнего значения – 85,8 мм, дефицит осадков наблюдался в 2021 и 2022 годах на 36-64% от нормы. С увеличением норматива семенного материала от 1,0 до 3,0 млн. шт./га, урожайность зерна гибрида F1 Немчиновский 1 возрастала. Лучшие результаты по урожайности в течение четырёх лет обеспечивались в случае применения норматива 3 млн. шт./га. В среднем по базовой технологии урожайность составила 6,96 т/га, по интенсивной – 7,95 т/га, по высокоинтенсивной – 8,85

т/га Уменьшение нормы высева до 2 млн. снижало этот показатель на 7,7-7,8% по всем технологиям, до 1 млн. шт./га – 13,8% по базовой технологии, 14,3-14,5% – по высокоинтенсивной и интенсивной технологиям. При этом, выращивание гибрида F1 Немчиновский 1 в технологиях разного уровня интенсивности оказалось экономически выгодно. Снижение норматива семенного материала до 1,0 млн. шт./га и получение меньшего урожая зерна 6,96 т/га в итоге всё равно обеспечили окупаемость 1 рубля материальных затрат 1,12 руб. урожая с гектара.

**Ключевые слова:** озимая рожь, *Secale cereale* L., технологии возделывания озимой ржи, норма высева озимой ржи, гибриды озимой ржи.

**Цитирование.** Капранов В. Н., Зеленев А. В., Киселёв Е. Ф., Тегесов Д. С., Плескачев Н. Ю. Норма высева – фактор, определяющий агроэкономическую эффективность возделывания гибрида F1 озимой ржи Немчиновский 1 в технологиях разного уровня интенсивности. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 67-75. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-08.

**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.** Озимая рожь (*Secale cereale* L.) – многоцелевая зерновая культура. Хлеб из ржаной муки имеет высокую калорийность, вкус, включает полноценные белки и витамины. Эта культура также используется в качестве раннего зелёного корма. Зерно озимой ржи идёт для технических целей, таких как производство крахмала, патоки и спирта. Солома может применяться для производства уксусной кислоты, лигнина, целлюлозы и бумаги. Происхождение культурной ржи связано с рядом стран на Ближнем Востоке [1, 2].

Эволюционные изменения, происходившие в процессе культивирования, включают приобретение растением целого ряда адаптивных свойств, таких как высокая морозоустойчивость, крупный размер зерна, короткий период покоя и устойчивость к осадкам. Эти адаптивные изменения можно рассматривать в контексте естественного отбора, который формирует генофонд культурного растения, делая его более приспособленным к конкретным условиям выращивания [3-5].

Условия Центрально-Нечернозёмного региона способствуют формированию высококачественного продовольственного зерна озимой ржи. Но последние годы характеризовались дефицитом этой ценной культуры, связанным с предпочтением использования высокоурожайных сортов озимой пшеницы [6, 7]. По данным Росстата, если в начале 2000-х годов посевные площади ржи в хозяйствах всех категорий Российской Федерации составляли 3,6 млн. га, то за 20 лет они сократились до 0,7 млн. га, т. е. в 5 раз [8].

Отдельной частью агротехнологии ржи озимой считается поддержание надлежащей плотности культурного растительного сообщества, которая создаётся благодаря правильной нормы посевного материала. Идеальная плотность посева благоприятствует приобретению требуемого количества продуктивных стеблей и растений, что имеет большое значение с целью получения обильных сборов зерна. Как чрезмерная, так и малая густота высева может иметь неблагоприятные последствия [9].

Целью гибкой активизации сельскохозяйственного производства считается выполнение идеальных требований по реализации репродуктивной способности культурных растительных организмов с помощью агротехнических мероприятий ради роста производства зерна [10-16].

Цель работы – установить оптимальную норму высева гибрида F1 озимой ржи Немчиновский 1 в технологиях разного уровня интенсивности.

**Материалы и методы.** Работа выполнена в 2020-2023 гг. при поддержке Министерства сельского хозяйства РФ (тема № FGGE-2022-0005). Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая. Обследование поля показало, что почва является слабокислой ( $pH_{\text{сол.}}$  5,1 – 5,6). Содержание подвижного фосфора соответствует высокому уровню (161 – 224 мг/кг), обеспеченность подвижным калием – повышенная (144 – 166 мг/кг).

В максимальной степени приемлемый для хозяйственных и производственных факторов установлен агрофитоценоз: пар занятый (горчица сидерат) – рожь озимая – пшеница яровая – посевной горох. Объект исследования – озимая рожь гибрид F1 Немчиновский 1. Площадь делянки – 72 м<sup>2</sup>, учётная площадь – 56 м<sup>2</sup>. Повторность опыта – трёхкратная. Изучались следующие элементы агротехники: А – норматив семенного материала 1, 2 и 3 млн. шт./га; В – технологии разных уровней интенсификации (рисунок 1).





Рисунок 1 – Схема агротехнологий возделывания озимой ржи Немчиновский 1 (фактор В)  
Figure 1 – Scheme of agro-technologies for cultivation of winter rye Nemchinovsky 1 (factor B)

Вслед за скашиванием сидеральной культуры (горчица) почву два раза обрабатывали почвообрабатывающей машиной Katros с дисковыми рабочими органами. Впоследствии в почву добавили минеральные удобрения, затем обработали культиваторами, а уже спустя две недели семена выселили Amazone D9. Обработку посевных делянок методом опрыскивания выполняли «Kverneland iXter B». Делянки обкашивали Sampo-500, а урожай собирали напрямую комбайном Winterschtaiger.

**Результаты и обсуждение.** Погодные условия 2020-2023 гг. для озимой ржи характеризовались как благоприятные. Гидротермический коэффициент в 2020 г. равнялся 2,79, в 2021 и 2022 гг. – 1,50, а в 2023 г. – 1,82, т. е. годы по влагообеспеченности были достаточно увлажненными. Снежный покров устанавливался в основном в первой и второй декадах декабря при колебаниях среднесуточной температуры воздуха от  $-0,3^{\circ}\text{C}$  до  $-10,9^{\circ}\text{C}$ . Вегетация озимой ржи возобновлялась в первой и третьей декаде апреля. Температура воздуха в каждую декаду не отличалась от среднеемноголетних значений. Характерной особенностью весны была явная недостаточность положительных температур в первой декаде мая. Погодные условия первого летнего месяца (июня) в целом благоприятствовали росту и развитию растений, были влажными и теплыми. Развитие растений озимой ржи за счёт различных гидротермических условий осенне-зимнего периода, в основном благодаря накоплению влаги было более интенсивным. Второй летний месяц (июль) характеризовался повышенными температурами на  $0,37-4,1^{\circ}\text{C}$  выше среднеемноголетних значений в первую и третью декады. В наиболее влажные годы (2020 и 2023 гг.) количество осадков за месяц выпало на 73-75% больше от среднеемноголетнего значения (85,8 мм), дефицит осадков наблюдался в 2021 и 2022 гг. на 36-64% от нормы. Первая и вторая декады августа (2020-2023 гг.) характеризовались повышенными положительными температурами воздуха, что способствовало скорому созреванию зерна.

Урожайность ржи озимой Немчиновский 1 в зависимости от различных норм посева и агротехнологий представлена в таблице 1.

Описывая таблицу 1, можно отметить, что с увеличением норматива семенного материала от 1,0 до 3,0 млн. шт./га, урожайность зерна гибрида F1 Немчиновский 1 возрастала. Лучшие результаты по урожайности в течение четырёх лет обеспечивались в случае применения норматива 3 млн. шт./га. В среднем по базовой технологии урожайность составила 6,96

т/га, по интенсивной – 7,95 т/га, по высокоинтенсивной – 8,85 т/га. Уменьшение нормы высева до 2 млн. снижало этот показатель на 7,7-7,8% по всем технологиям, до 1 млн. шт./га – 13,8% по базовой технологии, 14,3-14,5% – по высокоинтенсивной и интенсивной технологиям.

Таблица 1 – Влияние технологий различного уровня интенсивности и нормативов семенного материала на урожайность ржи озимой, т/га (2020-2023 гг.)

Table 1 – Influence of technologies of different intensity levels and standards effect of technologies of different levels of intensity and seed rates on winter rye yield, t/ha (2020-2023)

| Норма высева,<br>шт./га (фактор А) | Технология<br>(фактор В) | Годы исследования |      |      |      | Среднее                                | Прибавка к базовой<br>технологии |      |
|------------------------------------|--------------------------|-------------------|------|------|------|----------------------------------------|----------------------------------|------|
|                                    |                          | 2020              | 2021 | 2022 | 2023 |                                        | т/га                             | %    |
| 1 млн.                             | Базовая                  | 6,13              | 4,88 | 6,61 | 6,39 | 6,00                                   | -                                | -    |
| 2 млн.                             |                          | 6,76              | 5,06 | 6,78 | 7,07 | 6,42                                   | -                                | -    |
| 3 млн.                             |                          | 8,22              | 5,25 | 7,03 | 7,35 | 6,96                                   | -                                | -    |
| Среднее по технологии (В)          |                          | 7,14              | 5,06 | 6,81 | 6,94 | 6,46                                   | -                                | -    |
| 1 млн.                             | Интенсивная              | 7,19              | 6,13 | 6,95 | 6,93 | 6,80                                   | 0,80                             | 13   |
| 2 млн.                             |                          | 7,64              | 6,58 | 7,75 | 7,37 | 7,34                                   | 0,92                             | 14   |
| 3 млн.                             |                          | 8,71              | 6,71 | 8,21 | 8,38 | 7,95                                   | 1,04                             | 15   |
| Среднее по технологии (В)          |                          | 7,93              | 6,43 | 7,64 | 7,56 | 7,36                                   | 0,88                             | 13,7 |
| 1 млн.                             | Высокоинтенсив-<br>ная   | 8,69              | 7,38 | 6,88 | 7,37 | 7,58                                   | 1,58                             | 26   |
| 2 млн.                             |                          | 9,21              | 7,64 | 7,95 | 7,89 | 8,17                                   | 1,85                             | 27   |
| 3 млн.                             |                          | 10,02             | 7,92 | 8,76 | 8,69 | 8,85                                   | 1,89                             | 27   |
| Среднее по технологии (В)          |                          | 9,32              | 7,62 | 7,86 | 7,98 | 8,20                                   | 1,72                             | 26,7 |
| НСР <sub>05</sub> (общая), т/га    |                          | 0,23              | 0,24 | 0,19 | 0,28 | Среднее по нормам высева<br>(фактор А) |                                  |      |
| НСР <sub>05</sub> (фактор А), т/га |                          | 0,13              | 0,14 | 0,11 | 0,16 |                                        |                                  |      |
| НСР <sub>05</sub> (фактор В), т/га |                          | 0,15              | 0,17 | 0,14 | 0,20 |                                        |                                  |      |
|                                    |                          |                   |      |      |      |                                        |                                  |      |
|                                    |                          |                   |      |      |      | 1,0                                    | 2,0                              | 3,0  |
|                                    |                          |                   |      |      |      | 6,79                                   | 7,31                             | 7,92 |

Достоверный прирост урожая относительно базовой технологии при выращивании гибрида ржи по интенсивной технологии по изучаемым нормам высева варьировал от 0,80 до 1,04 т/га (13-15%), по высокоинтенсивной – от 1,58 до 1,89 т/га (26-27%), с меньшей прибавкой урожая с нормативом семенного материала 1 млн. шт./га и максимальной – 3 млн. шт./га. В среднем по технологиям (фактор В) урожайность Немчиновский 1 (гибрид F1) составила 6,46 т/га по базовой технологии, по интенсивной она увеличилась на 14 % или на 0,9 т/га, а по высокоинтенсивной – на 27% или на 1,74 т/га.

Влияние нормы высева и уровня интенсивности агротехнологии на элементы структуры урожая гибрида ржи озимой сведено в таблицу 2.

Таблица 2 – Составляющие урожая гибрида озимой ржи при различных нормах высева и агротехнологиях в 2020-2023 гг.

Table 2 – Components of winter rye hybrid yield under different seeding rates and agrotechnologies in 2020-2023

| Норма<br>высева                  | Годы | Количество продуктивных<br>стеблей, шт./м <sup>2</sup> |     |     | Число зёрен в<br>колосе, шт. |      |      | Масса, г   |      |      |                |      |      |
|----------------------------------|------|--------------------------------------------------------|-----|-----|------------------------------|------|------|------------|------|------|----------------|------|------|
|                                  |      | 1                                                      | 2   | 3   | 1                            | 2    | 3    | 1000 зёрен |      |      | Зёрна с колоса |      |      |
| 1 млн.<br>всхожих<br>зёрен на га | 2020 | 377                                                    | 418 | 451 | 57,3                         | 57,3 | 58,3 | 29,5       | 30,8 | 33,6 | 1,69           | 1,77 | 1,96 |
|                                  | 2021 | 436                                                    | 342 | 346 | 50,3                         | 50,1 | 50,6 | 30,0       | 30,4 | 31,1 | 1,51           | 1,52 | 1,57 |
|                                  | 2022 | 447                                                    | 457 | 465 | 50,7                         | 51,2 | 51,9 | 30,3       | 30,9 | 31,2 | 1,54           | 1,58 | 1,62 |
|                                  | 2023 | 384                                                    | 391 | 435 | 57,6                         | 57,1 | 58,1 | 30,1       | 30,9 | 31,7 | 1,73           | 1,76 | 1,84 |
| 2 млн.<br>всхожих<br>зёрен на га | 2020 | 441                                                    | 469 | 483 | 57,8                         | 58,1 | 59,0 | 29,3       | 30,1 | 31,8 | 1,69           | 1,75 | 1,88 |
|                                  | 2021 | 397                                                    | 396 | 407 | 51,2                         | 54,8 | 51,9 | 31,4       | 32,6 | 33,1 | 1,61           | 1,69 | 1,72 |
|                                  | 2022 | 465                                                    | 487 | 502 | 50,8                         | 51,4 | 51,8 | 30,5       | 31,6 | 32,1 | 1,55           | 1,63 | 1,66 |
|                                  | 2023 | 405                                                    | 418 | 470 | 57,4                         | 58,0 | 58,3 | 30,9       | 31,4 | 31,7 | 1,77           | 1,82 | 1,85 |
| 3 млн.<br>всхожих<br>зёрен на га | 2020 | 511                                                    | 522 | 530 | 58,1                         | 58,4 | 58,9 | 30,1       | 31,3 | 33,2 | 1,86           | 1,91 | 2,03 |
|                                  | 2021 | 461                                                    | 457 | 461 | 52,0                         | 53,5 | 53,8 | 31,9       | 32,1 | 33,2 | 1,66           | 1,72 | 1,78 |
|                                  | 2022 | 477                                                    | 489 | 535 | 50,8                         | 51,1 | 51,6 | 30,4       | 31,8 | 32,1 | 1,55           | 1,62 | 1,66 |
|                                  | 2023 | 429                                                    | 441 | 476 | 57,0                         | 57,6 | 57,8 | 31,4       | 32,1 | 32,6 | 1,79           | 1,85 | 1,88 |

Примечание: 1 – базовая; 2 – интенсивная; 3 – высокоинтенсивная технология.

Анализ данных таблицы 2 показал, что на урожайность и элементы её структуры главным образом влияли изучаемые факторы и погодные условия в годы исследований, так разница в числе продуктивных стеблей между нормативами семенного материала 1,0; 2,0 и 3,0

млн. шт./га менялась от 342 шт./м<sup>2</sup> до 535 шт./м<sup>2</sup>. Аналогичная тенденция была получена при анализе структуры урожайности по другим важным признакам. Озернённость колоса варьировала от 50,1 шт. до 59,0 шт., а масса 1000 зёрен от 29,3 г до 33,6 г. Масса зерна с колоса колебалась при нормативе семенного материала 1,0 млн. шт./га от 1,51 г до 1,96 г, при 2 млн. – от 1,55 г до 1,88 г и при 3 млн. шт./га – от 1,55 г до 2,03 г в зависимости от технологии.

В соответствии с операционной инструкцией были оценены издержки на выращивание единицы продукции ржи озимой. Анализ финансовой выгоды применения технологий различного уровня интенсивности в случае выращивания гибрида ржи озимой в 2020-2023 гг. показывает (рисунок 2), что при применении интенсивных технологий возрастают дополнительные затраты, связанные со стоимостью на дробное внесение азотных удобрений при подкормке и проведению кратности химической защиты от сорной растительности, болезней и вредителей.

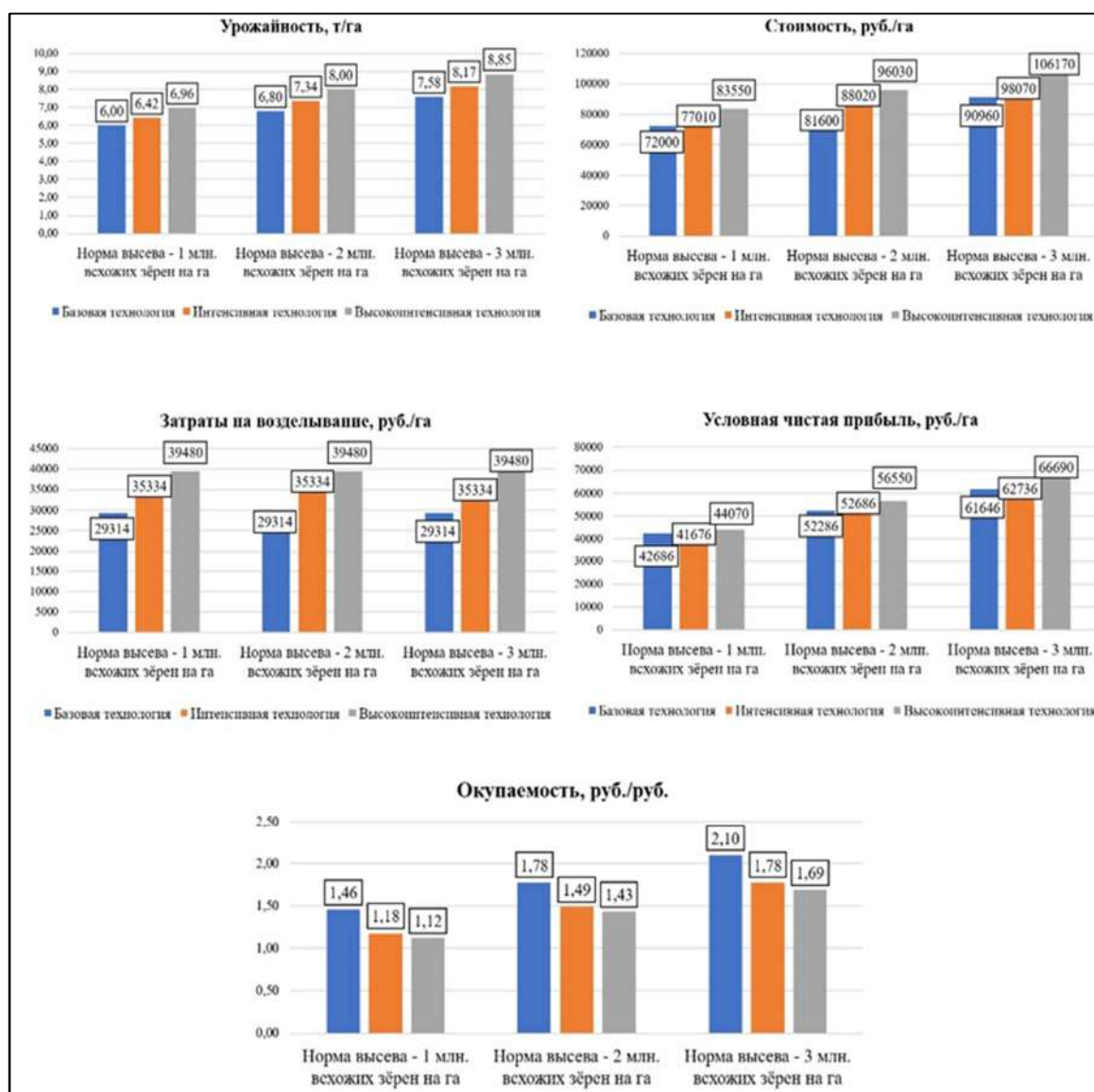


Рисунок 2 – Влияние разных норм высева и уровней агротехнологии на прибыльность выращивания гибрида ржи озимой в 2020-2023 гг.

Figure 2 – Effect of different seeding rates and agrotechnology levels on profitability of winter rye hybrid cultivation in 2020-2023

Условная чистая прибыль по мере наращивания урожайности увеличивалась, а окупаемость затрат имела обратную зависимость. Наибольшая условная чистая прибыль обеспечивалась и с повышением уровня интенсивности агротехнологии, от 44070 руб./га по

базовой и до 66690 руб./га по высокоинтенсивной, с окупаемостью затрат по базовой технологии 2,10 рублей на 1 руб. затрат, по интенсивной – 1,78 рублей, по высокоинтенсивной – 1,69 рублей на 1 руб. затрат. В целом по всем нормам высева и технологиям возделывание было экономически выгодным. Даже снижение норматива семенного материала до 1,0 млн. шт./га и получение меньшего урожая зерна 6,96 т/га в итоге всё равно обеспечили окупаемость 1 рубля материальных затрат 1,12 руб. урожая с гектара. Необходимо заметить, что при ежегодном росте материальных затрат на производство зерна огромную роль должны играть закупочные цены на зерно. С их ростом экономическая эффективность повышается, и возделывание сортов становится более рентабельным.

**Выводы.** По результатам четырёхлетних исследований (2020-2023 гг.) наибольшая отзывчивость на применяемые технологии у гибрида Немчиновский 1 при применении агротехнологии с высоким уровнем интенсификации и нормативе семенного материала 3,0 млн. шт./га – 7,92-10,02 т/га, при сокращении этого показателя до 1,0 и 2,0 млн. шт./га урожайность по годам составляла, соответственно 6,88-8,69 т/га и 7,64-9,21 т/га. Условно чистый доход при высокоинтенсивной технологии по сортам варьировал в пределах 44,1-66,7 тыс. руб./га при окупаемости затрат 1,12-1,69 руб./руб. затрат. В целом выращивание гибрида Немчиновский 1 по данной технологии было экономически выгодным. В условиях Центральной Нечернозёмной зоны на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве установлено, что для гибрида F1 озимой ржи Немчиновский 1 оптимальная норма высева составляет 3,0 млн. шт./га.

**Conclusions.** According to the results of four-year studies (2020-2023), the greatest responsiveness to the applied technologies in hybrid Nemchinovsky 1 at the application of agrotechnology with a high level of intensification and the norm of seed material 3.0 million pieces/ha – 7.92-10.02 t/ha, when reducing this indicator to 1.0 and 2.0 million pieces/ha yield by years was, respectively, 6.88-8.69 t/ha and 7.64-9.21 t/ha. Conditional net income at high-intensive technology by varieties varied in the range of 44.1-66.7 thousand rub./ha with cost recovery of 1.12-1.69 rub./rub. costs. In general, the cultivation of the Nemchinovsky hybrid 1 according to this technology was economically profitable. In the conditions of the central non-chernozem zone on the sod-podzolic average ugly soil, it was established that for hybrid F1 winter rye Nemchinovsky 1 optimal sowing rate is 3.0 million pieces/ha.

#### Библиографический список

1. Волошина Т. А. Озимая рожь как покровная культура для многолетних трав. Аграрная Россия. 2018. № 9. С. 22-25.
2. Потапова Г. Н., Зобнина Н. Л. Перспективы использования озимой ржи и тритикале на ранний зелёный корм в Свердловской области. Достижения науки и техники АПК. 2018. Том 32. № 8. С. 46-50.
3. Гончаренко А. А., Макаров А. В., Семёнова Т. В. и др. Проявление гипотетического гетерозиса у простых межлинейных гибридов озимой ржи по признакам качества зерна. Аграрная Россия. 2023. № 5. С. 3-9.
4. Кобылянский В. Д., Солодухина О. В., Тимина М. А. и др. Новый сорт озимой ржи Красноярская универсальная. Достижения науки и техники АПК. 2019. Том 33. № 7. С. 13-16.
5. Шакирзянов А. Х., Лещенко Н. И., Никонорова И. М. и др. Перспективные образцы озимой ржи для селекции кормовой ржи в условиях юго-западного Предуралья. Достижения науки и техники АПК. 2019. Том 33. № 8. С. 38-42.
6. Нуждина Н. Н., Ермолаева Т. Я., Кайргалиев Д. В. и др. Урожайность и качество зерна современных сортов озимой ржи. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 165-172.
7. Noland R. L. Rye grain response to nitrogen fertilizer and seeding rate. Agrosyst Geosci Environ. 2022. № 5 (1). Рр. 1-8.
8. Воронов С. И., Киричкова И. В., Новиков С. Ю. Возделывание озимой ржи при различных уровнях интенсификации в Центральном Нечернозёмье. Аграрная Россия. 2023. № 11. С. 3-6.
9. Тимина М. А. Реакция нового сорта озимой ржи Красноярская универсальная на изменение нормы высева. Достижения науки и техники АПК. 2018. Том 32. № 5. С. 29-31.
10. Борин А. А., Лощинина А. Э. Агротехнологии разной интенсивности и урожайность зерновых культур на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья. Аграрная Россия. 2020. № 12. С. 3-8.
11. Борин А. А., Лощинина А. Э. Урожайность культур севооборота при применении агротехнологий различной интенсивности. Аграрная Россия. 2018. № 5. С. 3-8.
12. Ивенин А. В., Саков А. П., Богомолова Ю. А. Влияние систем обработок светло-серой лесной почвы и удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур в Волго-Вятском регионе. Аграрная Россия. 2019. № 1. С. 9-14.
13. Кирдин В. Ф., Ахметгараев Х. Х. Совершенствование интенсивной технологии. Аграрная Россия. 2021. № 9. С. 21-23.
14. Кирдин В. Ф., Штырхунов В. Д., Конончук В. В. и др. Технологические основы адаптивной интенсификации растениеводства. Аграрная Россия. 2024. № 1. С. 3-10.



15. Новиков С. Ю., Соломатин А. В., Гармаш Г. А. и др. Влияние температуры почвы и технологий возделывания на урожайность зерновых культур на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья. Биосфера. 2022. Том 14. № 4. С. 352-355.

16. Тютюнов С. И., Цыгуткин А. С., Навольнева Е. В. и др. Продуктивность севооборотов под действием разных агротехнических приёмов в условиях юго-западной части Центрально-Чернозёмной зоны. Аграрная Россия. 2023. № 9. С. 16-19.

#### References

1. Voloshina T. A. Winter rye as a cover culture for perennial herbs. Agrarian Russia. 2018. № 9. Pp. 22-25.
2. Potapova G. N., Zobnina N. L. The prospects for the use of winter rye and triticale on early green food in the Sverdlovsk region. Achievements of science and technology of the agricultural sector. 2018. Vol. 32. № 8. Pp. 46-50.
3. Goncharenko A. A., Makarov A. V., Semenova T. V., et al. The manifestation of hypothetical heterosis in simple interline hybrids of winter rye on the grounds of grain quality. Agrarian Russia. 2023. № 5. Pp. 3-9.
4. Kobylansky V. D., Solodukhina O. V., Timina M. A., et al. The new variety of winter rye Krasnoyarsk Universal. Achievements of science and technology of the agricultural sector. 2019. Vol. 33. № 7. Pp. 13-16.
5. Shakirzyanov A. Kh., Leshchenko N. I., Nikonova I. M., et al. Promising samples of winter rye for breeding feed rye in the conditions of southwestern warning. Achievements of science and technology of the agricultural sector. 2019. Vol. 33. № 8. Pp. 38-42.
6. Nedina N. N., Ermolaeva T. Ya., Kaigaliev D. V., et al. Productivity and quality of grain of modern varieties of winter rye. Izvestia of the Nizhnevolzhsky agricultural university complex: science and higher professional education. 2018. № 3 (51). Pp. 165-172.
7. Noland R. L. Rye grain response to nitrogen fertilizer and seeding rate. Agrosyst Geosci Environ. 2022. № 5 (1). Pp. 1-8.
8. Voronov S. I., Kirichkova I. V., Novikov S. Yu. The cultivation of winter rye at various levels of intensification in the Central Non-Black Earth region. Agrarian Russia. 2023. № 11. Pp. 3-6.
9. Timina M. A. Reaction of a new variety of winter rye of the Krasnoyarsk universal to a change in sowing norms. Achievements of science and technology of the agricultural sector. 2018. Vol. 32. № 5. Pp. 29-31.
10. Borin A. A., Loshchinina A. E. Agrotechnologies of different intensities and crop yields on sod-podzolic soils of the Upper Volga region. Agrarian Russia. 2020. № 12. Pp. 3-8.
11. Borin A. A., Loshchinina A. E. The yield of crop rotation cultures when using agricultural technologies of various intensity. Agrarian Russia. 2018. № 5. Pp. 3-8.
12. Ivenin A. V., Sakov A. P., Bogomolova Yu. A. The influence of processing systems of light gray forest soil and fertilizers on crop yields in the Volga-Vyatka region. Agrarian Russia. 2019. № 1. Pp. 9-14.
13. Kirdin V. F., Akhmetgaraev H. Kh. Improving intensive technology. Agrarian Russia. 2021. № 9. Pp. 21-23.
14. 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.
15. Novikov S. Yu., Solomatin A. V., Garmash G. A., et al. The influence of soil temperature and technologies for cultivating grain crops on sod-podzolic soils of the central non-black earth. Biosphere. 2022. Vol. 14. № 4. Pp. 352-355.
16. Tyutyunov S. I., Tsygutkin A. S., Vyubneva E. V., et al. The productivity of crop rotation under the influence of various agricultural techniques in the conditions of the southwestern part of the central-black zone. Agrarian Russia. 2023. № 9. Pp. 16-19.

#### 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, Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: 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, Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: Zelenev.A@bk.ru

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

**Тегесов Дольган 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, Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: 0009-0007-3978-2520, e-mail: dolgan08@mail.ru

**Плескачев Николай Юрьевич**, лаборант-исследователь лаборатории сортовых технологий озимых зерновых культур и систем применения удобрений, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», (Российская Федерация, 143026, Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: 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: 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

**Kiselev 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: 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: 0009-0007-3978-2520, e-mail: dolgan08@mail.ru

**Pleskachev Nikolay Yuryevich**, Laboratory assistant, 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: 0009-0000-4835-2812, e-mail: pleskachev77@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-09

## INFLUENCE OF WATER AND NUTRITIONAL REGIMES OF SOIL ON THE PRODUCTIVITY OF VARIOUS SPECIES OF ALFALFA

**Bakhtygaliyev E. S.**

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

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

Received 30.10.2023

Submitted 15.03.2024

### Summary

**Introduction.** The main task of scientific support of fodder production is to expand the range of perennial leguminous crops, especially alfalfa. It is important to determine their productivity under different irrigation and soil nutrition regimes in order to select the most adapted species for use in irrigated agriculture in the Lower Volga region. This will make it possible to produce feeds with high feed values that can fully realize the genetic potential of perennial leguminous grasses. Developments in the cultivation of various types of alfalfa on irrigation, used in fodder production, make it possible to solve the problem of replenishing vegetable protein for agricultural animals while preserving and reproducing soil fertility and the ecological environment. **Object.** The object of study is alfalfa, namely the species composition of alfalfa: blue-hybrid alfalfa (control); Yellow alfalfa and variegated alfalfa. **Materials and methods.** These studies were carried out in the agro-climatic conditions of the Volgograd region, on light chestnut soils during irrigation at the experimental field of the Irrigated OPH in the period from 2018 to 2022. **Results and conclusions.** One of the main reserves for increasing the production of high-quality and high-protein fodder is an increase in the share of leguminous grasses, increasing their yield by expanding the sowing of the most adapted and productive crops and species. As part of the study, the peculiarities of the influence of various irrigation regimes and doses of mineral fertilizers on the growth and development of alfalfa plants were studied. In particular, it was found that when using the NPK2 feed background (full calculated dose of mineral fertilizers) and maintaining the pre-irrigation threshold of soil moisture at the level of 80% of the LV, water consumption for the formation of one ton of green mass of alfalfa is up to 67 m<sup>3</sup>/t. These indicators were slightly higher for yellow alfalfa – 81 m<sup>3</sup>/t. A comparative assessment of the yield of the studied species showed that the grass stands of alfalfa of blue and variegated hybrid species were distinguished in terms of productivity. With the creation of optimal growing conditions, maintaining soil moisture at the level of 80% HB (the highest moisture capacity) and improving the nutritional background through the use of fertilizers, these crops were able to provide a yield of green mass in the second year of life at the level of 90.6 t/ha, in the third year - 83.9 t/ha and in the fourth year – 72.1 t/ha. As for yellow alfalfa, its yield of green mass was 69 t/ha in the second year of life and 55.6 t/ha in the third year. Total water consumption (the amount of water used by plants) in grass stands of different ages varied depending on the water regime (irrigation method). It ranged from 60-70% of the lowest moisture capacity (pre-irrigation moisture threshold) of the soil and reached 80% of the LB. In accordance with this, the volume of water used ranged from 5,031 to 5,745 cubic meters per hectare. Positive water and nutritional regimes of the soil significantly affect the growth and development of the root system of alfalfa. Fertilization at a dose of NPK2 and maintaining a soil moisture level of at least 70% of the total moisture capacity contributes to an increase in root weight in the second and third years of plant life, compared to control plots, by 2.7 tons per hectare. On the variants with 80% HB, the increase in root mass was 3.4 t/ha. The main indicator of feed quality in the green mass of alfalfa is the nitrogen content, it varied: from 3.00 in yellow alfalfa to 3.58% in blue and variegated hybrid species. The digestible protein content in the biomass of blue-hybrid and variegated alfalfa was from 147 to 157 g/kg, and in yellow alfalfa 126-132 g. Improved soil water conditions helped to increase grass yields and store more energy. The energy efficiency coefficients in the control variants were up to 2.53 in crops with 60% HB moisture threshold, 2.66 – 70% HB, and 2.71 in the variants with 80% HB. Applying fertilizers with an NPK2 ratio and maintaining a soil moisture threshold of at least 80% of the lowest moisture capacity contributed to an increase in the energy efficiency factor to 4.30%.

**Keywords:** *perennial leguminous grasses, alfalfa species, alfalfa irrigation, alfalfa green mass, alfalfa yield.*

**Citation.** Bakhtygaliev E. S. Influence of water and nutritional regimes of soil on the productivity of various species of alfalfa. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 75-84 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-09.

**Author's contribution.** The author of this study was directly involved in the planning, conduct or analysis of this study.

The author of this article is familiar with the final version submitted and has approved it.

**Conflict of Interest.** The author declares no conflict of interest.

УДК 631.587

## ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО И ПИТАТЕЛЬНОГО РЕЖИМОВ ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЛЮЦЕРНЫ

**Бахтыгалиев Е. С., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник**

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

**Актуальность.** Основной задачей научного обеспечения кормопроизводства является расширение ассортимента многолетних бобовых культур, особенно люцерны. Важно определить их продуктивность при различных режимах полива и питания почвы, чтобы выбрать наиболее адаптированные виды для использования в орошаемом земледелии Нижнего Поволжья. Это позволит производить корма с высокими кормовыми достоинствами, которые могут полностью реализовать генетический потенциал многолетних бобовых трав. Разработки по возделыванию различных видов люцерны на орошении, используемые в кормопроизводстве, позволяют решить проблему восполнения растительного белка для с/х животных при сохранении и воспроизводстве плодородия почв и экологической среды.

**Объект.** Объектом изучения является люцерна, а именно видовой состав люцерны: люцерна синегрибридная (контроль); люцерна желтая и люцерна пестрогибридная.

**Материалы и методы.** Данные исследования были проведены в агроклиматических условиях Волгоградской области, на светло-каштановых почвах при орошении на опытном поле ОПХ «Орошаемое» в период с 2018 по 2022 год.

**Результаты и выводы.** Одним из основных резервов увеличения производства качественных и высокобелковых кормов является увеличение доли бобовых трав, повышение их урожайности за счет расширения посевов наиболее адаптированных и продуктивных культур и видов. В рамках исследования были изучены особенности влияния различных режимов орошения и доз минеральных удобрений на рост и развитие растений люцерны. В частности, было установлено, что при использовании фона питания NPK<sub>2</sub> (полная расчетная доза минеральных удобрений) и поддержании предполивного порога влажности почвы на уровне 80% от НВ затраты воды на формирование одной тонны зеленой массы люцерны составляют до 67 м<sup>3</sup>/т. Несколько выше эти показатели были у люцерны желтой – 81 м<sup>3</sup>/т. Сравнительная оценка урожайности изучаемых видов показала, что по продуктивности выделились травостои люцерны сине- и пестрогибридных видов. При создании оптимальных условий выращивания, поддержание влажности почвы на уровне 80% НВ (наивысшей влагоемкости) и улучшение фона питания за счет использования удобрений, эти культуры смогли обеспечить урожай зеленой массы на втором году жизни на уровне 90.6 т/га, на третьем году – 83.9 т/га и на четвертом году – 72.1 т/га. Что касается люцерны желтой, то ее урожай зеленой массы составил 69 т/га на второй год жизни и 55.6 т/га – на третий год. Суммарное водопотребление (количество воды, использованное растениями) в травостоях разного возраста изменялось в зависимости от водного режима (метода полива). Оно колебалось от 60-70% от наименьшей влагоемкости (предполивной порог влажности) почвы и достигало 80% НВ. В соответствии с этим объем использованной воды составил от 5031 до 5745 кубических метров на гектар. Положительный водный и питательный режимы почвы значительно влияют на рост и развитие корневой системы люцерны. Внесение удобрений в дозе NPK<sub>2</sub> и поддержание уровня влажности почвы не менее 70% от полной влагоемкости способствует увеличению массы корней на второй и третий год жизни растений, по сравнению с контрольными участками, на 2,7 тонны на гектар. На вариантах с 80%НВ прирост корневой массы составил – 3,4 т/га. Основным показателем качества корма в зеленой массе люцерны является содержание азота, она изменялась: от 3,00 – в люцерне желтой до 3,58% – в сине- и пестрогибридных видах. Содержание переваримого протеина в биомассе люцерны синегрибридной и пестрогибридной было от 147 до 157 г/кг, а в люцерны желтой 126-132 г. Улучшение водного режима почвы способствовало повышению урожайности трав и накоплению большего объема энергии. Коэффициенты энергетической эффективности в контрольных вариантах составляли до 2,53 – на посевах с поддержанием 60%НВ порога влажности, 2,66 – 70% НВ и 2,71 – в вариантах с 80%НВ. Внесение удобрений с соотношением NPK<sub>2</sub> и поддержание порога влажности почвы не ниже 80% от наименьшей влагоемкости способствовало увеличению коэффициента энергетической эффективности до 4,30%.

**Ключевые слова:** многолетние бобовые травы, виды люцерны, орошение люцерны, зеленая масса люцерны, урожайность люцерны.

**Цитирование.** Бахтыгалиев Е. С. Влияние водного и питательного режимов почвы на продуктивность различных видов люцерны. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 75-84. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-09.

**Авторский вклад.** Автор этого исследования принимал непосредственное участие в планировании, проведении или анализе этого исследования. Автор данной статьи знаком с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Большое разнообразие высокопродуктивных видов люцерны с учетом разных агроклиматических условий региона позволяют максимально и эффективно использовать для кормопроизводства. Увеличить фактическую себестоимость без увеличения себестоимости продукции. Наиболее высокопродуктивные виды бобовых культур не только дают высокую урожайность, но и позволяют эффективно использовать природные и антропогенные потенциалы, удобрения, орошение, защитные системы и плодородия почвы [1, 2, 3, 4, 5, 6].

В Российской Федерации особую актуальность имеют вопросы расширения ассортимента многолетних трав за счет высокопродуктивных видов, увеличения доли бобовых в кормовом клине, позволяющих получать высокобелковые корма. Расширение видового разнообразия многолетних трав дает возможность повышения устойчивости производства кормов, сохранения и приумножения почвенного плодородия, сокращения расходов на мелиоративные и противоэрозионные мероприятия, удобрения и другие материальные затраты [2, 3, 7, 8].

Люцерна является влаголюбивым растением, однако она также способна переносить засуху. Оптимальный водный режим для люцерны зависит от условий выращивания и климатических особенностей региона. Питательный режим почвы определяет содержание в ней питательных веществ, необходимых для роста и развития растений. Люцерне в почве на начальных периодах развития необходимы: азот, фосфор, калий и микроэлементы. При недостатке питательных веществ урожайность люцерны снижается, а качество семян ухудшается. Для повышения продуктивности люцерны необходимо поддерживать оптимальный водный и питательный режимы почвы. Это достигается путем правильного полива, внесения удобрений и контроля содержащих питательных веществ в почве.

Производство кормов с высокими показателями кормовой ценности возможно через реализацию генетического потенциала многолетних трав, особенно бобовых культур. Эти культуры могут обеспечивать получение экологически чистого, высокобелкового растительного сырья без использования минерального азота. Это сырье может быть использовано для заготовки сена, силоса и сенажа.

Расширение ассортимента бобовых трав может помочь увеличить продуктивное долголетие посевов. Эти травы обладают высоким содержанием белка и стабильной продуктивностью, что позволяет использовать их в течение пяти и более лет. В агроклиматических зонах степной и полупустынной части России кормопроизводство в значительной степени связано с выращиванием многолетних трав. Люцерна – одна из самых высокопродуктивных бобовых кормовых культур: используется для получения зеленого корма, сена, силоса, сенажа. Культура характеризуется высокой урожайностью, кормовой ценностью и агротехническим значением. Ее хорошо развитая корневая система оставляет в почве до 200 кг азота и множество других питательных веществ в течение трех лет, что эквивалентно внесению до 60 тонн навоза [2, 3, 4].

Люцерна формирует обычно 3-4 укоса за сезон, а в регионах круглогодичной вегетации – до 11 укосов. Содержащиеся на корнях клубеньковые бактерии, фиксирующие азот, обогащают почву, а развитая корневая система способствует снижению почвенной эрозии [2, 3, 5, 6, 7, 8, 9].

Виды люцерны, наиболее широко используемые: посевная (синяя), изменчивая и серповидная (желтая), выделяются в Нижнем Поволжье благодаря высокой урожайности и возможности многократной уборки. Люцерна посевная считается наиболее эффективной, обеспечивая максимальное количество кормовых единиц и переваримого протеина на гек-



тар. Она особенно ценна для выращивания при орошении, создавая наилучшие условия для роста. В Волгоградской области люцерна посевная при орошении может давать до 5 урожаев свежей растительности за вегетационный сезон и обладает высокой продуктивностью при длительном использовании [1, 2, 3, 4].

К регулируемым факторам технологии возделывания многолетних агроценозов в засушливой зоне относится орошение. Люцерна негативно реагирует на недостаток воды: это сказывается на интенсивности фотосинтеза, темпах роста побегов и густоте их расположения, приводит к высыханию и отмиранию листьев, изменению соотношения между листьями и побегами. Это также снижает урожай надземной растительности и накопление азота в почве. Недостаток воды также влияет на скорость восстановления растений после укоса [3, 4, 10, 11, 12].

Современные виды люцерны отличаются высокими показателями, в том числе при частом скашивании, и даже при более чем десятилетнем использовании травостоя дают не менее 6,7 т/га сухой массы.

**Материалы и методы** исследования были проведены на опытном участке ОПХ “Орошаемое” ФГБНУ ВНИИОЗ в п. Водный города Волгоград с использованием методик полевого опыта в условиях орошения (ВНИИОЗ) и методических указаний по проведению полевых экспериментов с кормовыми растениями (ВИК).

Почвы на опытном участке светло-каштановые, с редкими солонцами. По гранулометрическому составу они относятся к среднетяжелым и тяжелым видам. Гумусный слой довольно тонкий – до 0,2 м, содержание гумуса в верхнем слое почвы достигает 1,7%. Влагофизические характеристики почвы включают высокую плотность, небольшой запас доступной влаги и низкую водопроницаемость. Задачи решались на посевах люцерны второго-четвертого года жизни в трехфакторном полевом эксперименте по следующей схеме: различные режимы орошения люцерны и поддержка предполивного уровня влажности в активном слое почвы на уровне не ниже 60% (контрольный вариант), 70% и 80% от НВ на протяжении всего вегетационного периода. Фон питания: без удобрений (контроль);  $N_{120}P_{68}K_{75}$  и  $N_{160}P_{90}K_{100}$ . Видовой состав многолетних бобовых культур: люцерна синегрибридная (контроль); люцерна желтая; люцерна пестрогибридная.

За вегетационный период сумма положительных температур свыше 10°C равнялась 3788°C. Распределение осадков было неравномерным.

Гидротермический коэффициент (ГТК), который отражает соотношение суммы осадков за определенный период со среднесуточной температурой воздуха выше 10 градусов Цельсия, составляет 0,47. На посевах люцерны 2, 3, и 4-го года жизни было проведено по 3 скашивания. Формирование первого укоса проходило в условиях естественного влагообеспечения, выпадали частые дожди, травостой поливали один раз, в начале мая. Отрастание трав после первого и второго скашивания проходило при повышенной среднесуточной температуре воздуха и малом количестве осадков. В этих условиях влажность почвы в слое 0,7 м (активный слой) поддерживалась на заданном уровне вегетационными поливами. Травостой в варианте с 60%-ным предполивным порогом влажности почвы поливали по 2 раза поливной нормой 650 м<sup>3</sup>/га.

На варианте водного режима 70% НВ под второй и третий укосы было проведено по три полива нормой 550 и 80% НВ нормой 450 м<sup>3</sup>/га. Суммарное потребление воды травостоями разного возраста менялось в зависимости от режима полива и составляло 5031 кубических метров на гектар в варианте с влажностью почвы 60% от наименьшей влагоемкости, 5417 кубических метров на гектар – при 70% и 5745 кубических метров на гектар при 80%. В структуре общего потребления воды доля оросительной воды в разных режимах полива составляла до 71,6%, осадков – 27,1%, запаса почвенной влаги – 10,6% (таблица 1).

Эффективность орошения разных видов люцерны определяется не только объемом полученного урожая, но и количеством воды, затраченной на производство единицы продукции – коэффициентом водопотребления. Растения люцерны второго года на формирование одной тонны зеленой массы использовали до 155 кубических метров воды по всем вариантам без внесения удобрений при влажности почвы 60%. Наиболее отзывчивыми на влажность и питательный режим оказались растения сине- и пестро-гибридной люцерны. Затраты воды на производство одной тонны зеленой массы этих двух видов при повышен-

ном до 80% НВ влажности и внесении полного минерального удобрения составили до 67 м<sup>3</sup>. Несколько больше эти показатели у желтой люцерны – 81 кубический метр на тонну. Посевы 3-го года жизни на формирование 1 т растительной массы при аналогичных условиях выращивания затрачивали соответственно от 68 до 91 м<sup>3</sup>, посевы 4-го года – 79 и 103 м<sup>3</sup> воды (таблица 2).

Таблица 1– Суммарного водопотребления люцерны разных лет жизни, 2022 г.

Table 1 – Total water consumption of alfalfa of different years of life, 2022

| Год жизни травостоя / A year of herbage life | Предполивной порог влажности почвы, % НВ / Pre-irrigation threshold of soil moisture, % HB | Оросительная норма / Irrigation rate |      | Осадки / Precipitation |      | Использовано запасов почвенной влаги / Soil moisture reserves used |      | Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га / Total water consumption m3/ha |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------|------------------------|------|--------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------|
|                                              |                                                                                            | м <sup>3</sup> /га                   | %    | м <sup>3</sup> /га     | %    | м <sup>3</sup> /га                                                 | %    |                                                                               |
| Второй / Second                              | 60                                                                                         | 3000                                 | 62,3 | 1302                   | 27,1 | 510                                                                | 10,6 | 4812                                                                          |
|                                              | 70                                                                                         | 3600                                 | 68,3 | 1302                   | 24,6 | 372                                                                | 7,1  | 5274                                                                          |
|                                              | 80                                                                                         | 4000                                 | 71,6 | 1302                   | 23,3 | 286                                                                | 5,1  | 5588                                                                          |
| Третий / Third                               | 60                                                                                         | 3200                                 | 63,6 | 1302                   | 25,9 | 529                                                                | 10,5 | 5031                                                                          |
|                                              | 70                                                                                         | 3700                                 | 68,3 | 1302                   | 24,0 | 415                                                                | 7,7  | 5417                                                                          |
|                                              | 80                                                                                         | 4100                                 | 71,3 | 1302                   | 22,7 | 343                                                                | 6,0  | 5745                                                                          |
| Четвертый / Fourth                           | 70                                                                                         | 3600                                 | 67,0 | 1302                   | 24,2 | 472                                                                | 8,8  | 5374                                                                          |
|                                              | 80                                                                                         | 4050                                 | 70,9 | 1302                   | 22,8 | 357                                                                | 6,3  | 5709                                                                          |

Таблица 2 – Коэффициенты водопотребления трав второго года жизни, 2022 г.

Table 2 – Water Consumption Coefficients of Grasses of the Second Year of Life, 2022

| Вид, сорт / Species, variety                        | Фон питания / Nutrition Background | Коэффициенты водопотребления, м <sup>3</sup> /т / Water consumption coefficients, m3/t |        |        |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|
|                                                     |                                    | 60% НВ                                                                                 | 70% НВ | 80% НВ |
| Люцерна синегибридная / Blue-hybrid alfalfa         | без удобрений / fertilizer-free    | 132                                                                                    | 130    | 126    |
|                                                     | NPK <sub>1</sub> *                 | 92                                                                                     | 91     | 86     |
|                                                     | NPK <sub>2</sub> **                | 70                                                                                     | 71     | 67     |
| Люцерна желтая / Yellow alfalfa                     | без удобрений / fertilizer-free    | 155                                                                                    | 152    | 145    |
|                                                     | NPK <sub>1</sub>                   | 104                                                                                    | 104    | 99     |
|                                                     | NPK <sub>2</sub>                   | 84                                                                                     | 84     | 81     |
| Люцерна пестрогибридная / Variegated hybrid alfalfa | без удобрений / fertilizer-free    | 136                                                                                    | 135    | 119    |
|                                                     | NPK <sub>1</sub>                   | 89                                                                                     | 88     | 83     |
|                                                     | NPK <sub>2</sub>                   | 71                                                                                     | 67     | 65     |

В опытах симбиотическую деятельность различных видов люцерны оценивали по наличию общего количества активных клубеньков на корнях растений. Учеты проводились по укосам в фазу цветения.

Наибольшая симбиотическая активность наблюдалась у сине- и пестрогибридной люцерны. Меньшее количество клубеньков формировалось на корнях желтой люцерны. Водный и питательный режимы почвы значительно влияли на развитие клубеньковых бактерий: при увеличении предполивного порога влажности с 60 до 70 и 80% наименьшей влагоёмкости и улучшении питательного фона за счет внесения удобрений количество клубеньковых бактерий увеличивалось на 35-68%. К концу 2-го года жизни по вариантам растения люцерны накапливали в 0,5-метровом слое почвы до 7,7 т/га сухих корней, к концу третьего – 9,1, четвертого – 9,2 т/га. Отмечено положительное влияние водного и питательного режимов почвы на рост и развитие корневой системы бобовых культур: внесение удобрений дозой NPK<sub>2</sub> на фоне поддержания порога влажности не ниже 70% НВ обеспечивало прирост массы корней на посевах 2 и 3 года жизни по сравнению с контролем на до 2,7 т/га. В вариантах с предполивной влажностью почвы на уровне 80% прирост составил 3,4 тонны на гектар (таблица 3).

Таблица 3 – Накопление корней в слое почвы 0,5 м люцерны по годам пользования, т/га, 2022 г.  
Table 3 – Accumulation of roots in a soil layer of 0.5 m of alfalfa by years of use, t/ha, 2022

| Культура /<br>Culture                                                 | Предполивная<br>влажность почвы /<br>Pre-irrigation soil<br>moisture | Фон питания /<br>Nutrition<br>Background | 2 год<br>жизни /2<br>years of<br>life | 3 год жизни<br>/ 3 years of<br>life | 4 год жизни<br>/ 4 years of<br>life |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Люцерна<br>синегибридная /<br>Blue-hybrid alfalfa                     | 60% HB                                                               | без удобрений /<br>Fertilizer-free       | 4,1                                   | 5,5                                 | -                                   |
|                                                                       |                                                                      | NPK <sub>2</sub>                         | 6,2                                   | 7,5                                 | -                                   |
|                                                                       | 70% HB                                                               | без удобрений /<br>Fertilizer-free       | 4,7                                   | 6,3                                 | 6,8                                 |
|                                                                       |                                                                      | NPK <sub>2</sub>                         | 6,8                                   | 8,1                                 | 8,0                                 |
|                                                                       | 80% HB                                                               | без удобрений /<br>Fertilizer-free       | 5,5                                   | 7,2                                 | 7,7                                 |
|                                                                       |                                                                      | NPK <sub>2</sub>                         | 7,1                                   | 8,9                                 | 9,2                                 |
| Люцерна<br>желтая / Yellow<br>alfalfa                                 | 60% HB                                                               | без удобрений /<br>Fertilizer-free       | 3,7                                   | 4,9                                 | -                                   |
|                                                                       |                                                                      | NPK <sub>2</sub>                         | 5,0                                   | 6,4                                 | -                                   |
|                                                                       | 70% HB                                                               | без удобрений /<br>Fertilizer-free       | 4,1                                   | 5,5                                 | 6,0                                 |
|                                                                       |                                                                      | NPK <sub>2</sub>                         | 5,3                                   | 7,0                                 | 7,0                                 |
|                                                                       | 80% HB                                                               | без удобрений /<br>Fertilizer-free       | 4,7                                   | 5,8                                 | 6,3                                 |
|                                                                       |                                                                      | NPK <sub>2</sub>                         | 5,7                                   | 7,5                                 | 7,9                                 |
| Люцерна<br>пестро-<br>гибридная /<br>Variegated and<br>hybrid alfalfa | 60% HB                                                               | без удобрений /<br>Fertilizer-free       | 4,0                                   | 5,4                                 | -                                   |
|                                                                       |                                                                      | NPK <sub>2</sub>                         | 5,8                                   | 7,3                                 | -                                   |
|                                                                       | 70% HB                                                               | без удобрений /<br>Fertilizer-free       | 4,4                                   | 5,9                                 | 6,3                                 |
|                                                                       |                                                                      | NPK <sub>2</sub>                         | 6,5                                   | 7,8                                 | 7,7                                 |
|                                                                       | 80% HB                                                               | без удобрений /<br>Fertilizer-free       | 4,8                                   | 6,6                                 | 7,0                                 |
|                                                                       |                                                                      | NPK <sub>2</sub>                         | 6,9                                   | 8,                                  | 9,0                                 |

После четырехлетнего выращивания бобовых культур в почву с корнями было внесено до 167 кг азота, 59 кг фосфора и 87 кг калия на гектар. Обработка полученных данных подтвердила значительное влияние исследуемых факторов: водного и питательного режимов почвы, а также различных видов люцерны на их продуктивность (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность различных видов люцерны второго года жизни, 2022 г.  
Table 4 – Yield of different species of alfalfa in the second year of life, 2022

| Вид, сорт /<br>Species, variety                                            | Фон питания /<br>Nutrition<br>Background                      | Зеленой массы, т/га / Green mass, t/ha |        |        |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------|--------|
|                                                                            |                                                               | 60% HB                                 | 70% HB | 80% HB |
| Люцерна<br>синегибридная<br>(контроль) / Blue-<br>hybrid alfalfa (control) | без удобрений<br>(контроль) /<br>Fertilizer-free<br>(control) | 36,4                                   | 40,6   | 44,4   |
|                                                                            | N <sub>120</sub> P <sub>68</sub> K <sub>75</sub>              | 53,2                                   | 57,1   | 64,8   |
|                                                                            | N <sub>160</sub> P <sub>90</sub> K <sub>100</sub>             | 68,7                                   | 74,7   | 83,2   |
| Люцерна<br>пестрогибридная /<br>Variegated hybrid<br>alfalfa               | без удобрений /<br>Fertilizer-free                            | 35,3                                   | 39,1   | 46,9   |
|                                                                            | N <sub>120</sub> P <sub>68</sub> K <sub>75</sub>              | 54,4                                   | 60,2   | 66,8   |
|                                                                            | N <sub>160</sub> P <sub>90</sub> K <sub>100</sub>             | 67,9                                   | 78,8   | 90,6   |
| Люцерна желтая /<br>Yellow alfalfa                                         | без удобрений /<br>Fertilizer-free                            | 31,0                                   | 34,8   | 38,4   |
|                                                                            | N <sub>120</sub> P <sub>68</sub> K <sub>75</sub>              | 46,2                                   | 50,7   | 56,1   |
|                                                                            | N <sub>160</sub> P <sub>90</sub> K <sub>100</sub>             | 57,5                                   | 62,5   | 69,0   |

HCP<sub>05</sub>: A – 1,9; B – 2,0; C – 3,1; AB – 3,3; AC – 5,2; BC – 3,5; ABC – 2,3

Сравнительная оценка урожайности изучаемых видов показала, что по продуктивности выделились травостои люцерны сине- и пестрогибридной. При создании оптимальных условий выращивания (поддержание 80%-ного предполивного порога влажности почвы и улучшенный за счет удобрений фон питания) эти культуры обеспечили урожай зеленой массы на уровне до 90,6 т/га во второй, – 83,9 – в третий и – 72,1 т/га – в четвертый год жизни. У люцерны желтой – 69,0-55,6 т/га зеленой массы (таблица 5).

Таблица 5 – Урожайность трав при оптимизации водного и питательного режимов почвы (80% НВ + NPK<sub>2</sub>), 2022 г.

Table 5 – Grass yield when optimizing the water and nutritional regimes of the soil (80% HB + NPK<sub>2</sub>), 2022

| Вид, сорт / Species, variety                           | Урожайность, т/га зеленой массы / Yield, t/ha of green mass |                                  |                                  |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                                                        | 2 год жизни /<br>2 years of life                            | 3 год жизни /<br>3 years of life | 4 год жизни /<br>4 years of life |
| Люцерна синегибридная /<br>Blue-hybrid alfalfa         | 83,2                                                        | 83,9                             | 63,6                             |
| Люцерна пестрогибридная /<br>Variegated hybrid alfalfa | 90,6                                                        | 72,8                             | 72,1                             |
| Люцерна желтая /<br>Yellow alfalfa                     | 69,0                                                        | 62,9                             | 55,6                             |

К основным показателям питательности корма относят содержание сухого вещества, протеина, энергии, минеральных веществ, витаминов.

Содержание сухого вещества в изучаемых видах люцерны было в синегибридных и пестрогибридных – до 21%, в люцерне желтой – 23%.

Содержание азота, главного показателя качества корма, в биомассе люцерны изменялось следующим образом: 3,00-3,13% – люцерна желтая, 3,35-3,58% – люцерна сине- и пестрогибридная.

Качество корма из изучаемых различных видов люцерны оценивалось по содержанию кормовых единиц, обменной энергии и переваримого протеина. Больше всего переваримого протеина было в зеленой массе люцерны синегибридной и пестрогибридной 147-157 г/кг, меньше всего его в люцерны желтой до 132 г. Следует отметить, что растения люцерны второго года жизни отличались достаточно высоким содержанием обменной энергии 9,99-10,04 МДж в кг сухой биомассы.

Определение энергетического показателя позволяет наиболее точно учесть все затраты энергии, связанные с производством продукции, а также энергию, которая была использована для создания средств производства и самой продукции. Это позволяет более точно оценить эффективность использования энергии и принимать обоснованные решения по ее экономии. Соотношение энергии, аккумулированной в урожае к затраченной на её возделывание, зависело от условий возделывания, вида культуры. Улучшение водного режима почвы способствовало повышению урожайности трав и накоплению большего объёма энергии. Коэффициенты энергетической эффективности в контрольных вариантах составляли до 2,53 – на посевах с поддержанием 60%-ного порога влажности, 2,66 – 70%НВ и 2,71 – в вариантах 80%НВ. Расчетные дозы минеральных удобрений на варианте NPK<sub>2</sub> и поддержание влажности почвы 80% НВ повышало коэффициент энергетической эффективности до 4,30. У люцерны желтой в аналогичных вариантах К<sub>э</sub> был ниже – 3,59. Возделывание многолетних бобовых трав является энергетически выгодным, так как коэффициенты энергетической эффективности превышают единицу. Это означает, что количество полученной энергии превышает количество затраченной энергии.

Суммарное водопотребление посевов различных видов люцерны по годам жизни изменялось в изучаемых вариантах водного режима и составило до 5031 м<sup>3</sup>/га при поддержании 60%-ного предполивного порога, – 5417 при 70%-ном и – 5745 м<sup>3</sup>/га при 80%-ном порогах влажности почвы. На долю оросительной воды приходилось 62,3-71,6%, осадков – 22,7-27,1 запасов почвенной влаги – 5,1-10,6%.

Формирование первого укоса проходило в течение двух месяцев при сумме положительных температур 1011°C к моменту уборки. На образование второго и третьего укоса травостоям потребовалось до полутора месяца со средней суммой температур 951°C и 1093±65°C соответственно.



При поддержании 80%-ного предполивного порога влажности и внесении удобрений дозой  $\text{NPK}_2$  ( $\text{N}_{160}\text{P}_{90}\text{K}_{100}$ ) растения люцерны формировали наиболее высокую урожайность второго года пользования до 90,6 т/га зеленой массы, обеспечивая выход 13,5 тыс. к. ед., 3,0 т переваримого протеина и 200 ГДж обменной энергии.

Оптимизация условий возделывания различных видов люцерны во все годы жизни травостоев оказывала положительное воздействие на развитие корневой системы. Максимальное количество органики было накоплено в варианте поддержания 80%-ного порога влажности почвы при внесении удобрений расчетной дозой  $\text{NPK}_2$ : до 7,7 т/га – во второй год, 9,1 – в третий и 9,2 т/га в четвертый год жизни трав.

Растения люцерны характеризуются высокими кормовыми достоинствами. Наиболее богата переваримым протеином кормовая масса люцерны синегибридной и пестрогибридной – до 157 г/кг, и достаточно высоким содержанием обменной энергии – до 10,04 МДж в кг сухой биомассы.

**Закключение.** Исследования показали, что для достижения максимальной продуктивности многолетних агроценозов в условиях орошаемых земель Нижнего Поволжья необходимо учитывать определенные параметры. Это включает в себя теоретические обоснования и экспериментальное подтверждение параметров создания таких агроценозов. Для каждого желаемого уровня урожайности были разработаны оптимальные сочетания различных факторов, таких как режимы орошения, дозы удобрений, а также возрастные и видовые особенности люцерны. Эти сочетания могут быть использованы для включения люцерны в систему полевого кормопроизводства, что позволит получать стабильные и высокие урожаи.

Различные виды люцерны при создании оптимальных условий выращивания и поддержании 80%НВ влажности почвы с минеральными удобрениями на фоне  $\text{N}_{160}\text{P}_{90}\text{K}_{100}$  они обеспечили урожай зеленой массы на уровне 90,6 т/га во второй, 83,9 – в третий и – 72,1 т/га – в четвертый год жизни.

Больше всего содержалось переваримого протеина в биомассе люцерны синегибридной и пестрогибридной – до 157 г/кг, меньше всего было в биомассе люцерны желтой – 132 г. Растения люцерны второго года жизни отличались достаточно высоким содержанием обменной энергии до 10,04 МДж в кг сухой биомассы.

Коэффициенты энергетической эффективности в контрольных вариантах составляли до 2,53 – на посевах с поддержанием 60%-ного порога влажности, 2,66 – 70% НВ и 2,71 – в вариантах с 80%НВ. Минеральные удобрения на варианте  $\text{NPK}_2$  и поддержание влажности почвы 80% НВ повышали коэффициент энергетической эффективности до 4,30. Поддержание высокого уровня плодородия почвы требует комплексного подхода, включающего правильное внесение удобрений, контроль уровня влажности и использование современных технологий для мониторинга состояния почвы и растений. Это позволит обеспечить здоровые условия для роста растений и получить качественный и стабильный урожай.

Максимальное количество органики было накоплено в варианте поддержания 80%-ного порога влажности почвы при внесении удобрений расчетной дозой  $\text{NPK}_2$ : до 7,7 т/га – во второй год, в третий и четвертый годы жизни трав 9,1 и 9,2 т/га зеленой массы соответственно.

Расширение биоразнообразия многолетних бобовых трав в почвенно-климатических условиях Нижнего Поволжья дают возможность вовлечения их в кормопроизводство и успешное использование в животноводстве региона.

**Conclusions.** Studies have shown that in order to achieve maximum productivity of perennial agrocenoses in the conditions of irrigated lands of the Lower Volga region, it is necessary to take into account certain parameters. This includes theoretical justifications and experimental confirmation of the parameters for the creation of such agrocenoses. For each desired yield level, optimal combinations of various factors have been developed, such as irrigation regimes, fertilizer doses, and the age and species characteristics of alfalfa. These combinations can be used to incorporate alfalfa into the field forage production system, which will allow for stable and high yields.

Various species of alfalfa, with the creation of optimal growing conditions and maintaining 80% of the soil moisture with mineral fertilizers against the background of  $\text{N}_{160}\text{P}_{90}\text{K}_{100}$ , they provided a yield of green mass at the level of 90.6 t/ha in the second, 83.9 in the third and – 72.1 t/ha in the fourth year of life. Most of the digestible protein was contained in the biomass of blue-hybrid and variegated alfalfa up to 157 g/kg, the least was in the biomass of yellow alfalfa – 132 g. Alfalfa plants of the second year of life were distinguished by a fairly high content of metabolic energy up to 10.04 MJ in kg of dry biomass.

The energy efficiency coefficients in the control variants were up to 2.53 in crops with a moisture threshold of 60%, 2.66 – 70% HB and 2.71 in the variants with 80% HB. Mineral fertilizers based on the NPK2 variant and maintaining a soil moisture content of 80% HB increased the energy efficiency coefficient to 4.30. Maintaining a high level of soil fertility requires a comprehensive approach that includes proper fertilization, moisture control, and the use of modern technologies to monitor soil and plant health. This will provide healthy conditions for plant growth and get a high-quality and stable harvest.

The maximum amount of organic matter was accumulated in the variant of maintaining an 80% threshold of soil moisture when applying fertilizers with an estimated dose of NPK2: up to 7.7 t/ha in the second year, in the third and fourth years of grass life 9.1 and 9.2 t/ha of green mass, respectively. The expansion of the biodiversity of perennial leguminous grasses in the soil and climatic conditions of the Lower Volga region makes it possible to involve them in fodder production and successful use in animal husbandry in the region.

#### Библиографический список

1. Алабушев А. В., Игнатьев Т. В. и др. Продуктивность сортов люцерны и эспарцета сенокосного назначения и качество произведенного из них корма. Земледелие. 2019. № 8. С. 30-32.
2. Бурцева Н. И., Дронова Т. Н., Молоканцева Е. И., Ивина И. П. Формирование высокопродуктивного семенного травостоя люцерны в условиях орошения. Орошаемое земледелие. 2022 № 2 (37). С. 43-47.
3. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Молоканцева Е. И. Научные результаты исследований по многолетним травам. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2017. № 3. С. 46-56.
4. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Молоканцева Е. И. и др. Бобово-мятликовые травосмеси на орошаемых землях Нижнего Поволжья. Волгоград, 2022. 214 с.
5. Казарин В. Ф., Абраменко И. С. Агроэкологическая оценка сортов люцерны в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 9. С. 45.
6. Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С. Влияние абиотических факторов Среднего Предуралья на продуктивность многолетних бобовых трав. Аграрный вестник Урала. 2022. № 4. С. 2-13.
7. Коновалов А. В., Сабирова Т. П., Ильина А. В. и др. Совершенствование технологии возделывания кормовых культур как основы устойчивого развития кормопроизводства в Ярославской области. Кормопроизводство. 2022. № 7. С. 10-14.
8. Косолапова В. Г., Муссие С. А. Питательная ценность люцерны различных сортов в процессе роста и развития. Кормопроизводство. 2020. № 10. С. 17-24.
9. Кутузова А. А., Шпаков А. С., Косолапов В. М. и др. Состояние и перспективы развития кормопроизводства в Нечерноземной зоне. Кормопроизводство. 2021. № 2. С. 3-9.
10. Никитин В. В., Воронин А. Н., Тютюнов С. И. и др. Влияние систем удобрения и способа основной обработки почвы на урожайность многолетних бобовых трав. Агрохимия. 2017. № 3. С. 20-26.
11. Cacan E., Kokten R., Kaplan M. Determination of yield and quality characteristics of some alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars in the East Anatolia Region of Turkey and correlation analysis between these properties. Applied Ecology and Environmental Research. 2018. No 16 (2). Pp. 1185-1198.
12. Katanski S., Milic D., Karagic D., et al. Dri matter yield and plant density of alfalfa as affected by cutting schedule and seeding rate. Grassland Science in Europe. 2018. Vol. 23. Pp. 265-267.

#### References

1. Alabushev A. V., Ignatiev T. V., et al. Productivity of alfalfa and sainfoin varieties for haymaking purposes and the quality of fodder produced from them. Agriculture. 2019. № 8. Pp. 30-32.
2. Burtseva N. I., Dronova T. N., Molokantseva E. I., Ivina I. P. Formation of high-production seed grass of alfalfa in irrigation conditions. Irrigated agriculture. 2022 № 2 (37). Pp. 43-47.
3. Dronova T. N., Burtseva N. I., Molokantseva E. I. Scientific results of research on perennial grasses. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agro-university complex. 2017. № 3. Pp. 46-56.
4. Dronova T. N., Burtseva N. I., Molokantseva E. I. Legumes-bluegrass mixtures on irrigated lands of the Lower Volga region. Volgograd, 2022. 214 p.
5. Kazarin V. F., Abramenko I. S. Agroecological assessment of alfalfa varieties in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2018. № 9. P. 45.
6. Kasatkina N. I., Nelyubina Zh. S. Influence of abiotic factors of the Middle Urals on the productivity of multi-year leguminous grasses. Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. № 4. Pp. 2-13.
7. Konovalov A. V., Sabirova T. P., Ilyina A. V., et al. Improvement of fodder crops cultivation technology as the basis for sustainable development of fodder production in the Yaroslavl region. Fodder production. 2022. № 7. Pp. 10-14.
8. Kosolapova V. G., Moussie S. A. Nutritional value of alfalfa of various varieties in the process of growth and development. Fodder production. 2020. № 10. Pp. 17-24.
9. Kutuzova A. A., Shpakov A. S., Kosolapov V. M., et al. Status and prospects for the development of fodder production in the Non-Chernozem zone. Fodder production. 2021. № 2. Pp. 3-9.
10. Nikitin V. V., Voronin A. N., Tyutyunov S. I., etc. Influence of fertilization systems and the method of basic tillage on the yield of perennial leguminous grasses. Agrochemistry. 2017. № 3. Pp. 20-26.
11. Cacan E., Kokten R., Kaplan M. Determination of yield and quality characteristics of some alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars in the East Anatolia Region of Turkey and correlation analysis between these properties. Applied Ecology and Environmental Research. 2018. No 16 (2). Pp. 1185-1198.
12. Katanski S., Milic D., Karagic D., et al. Dri matter yield and plant density of alfalfa as affected by cutting schedule and seeding rate. Grassland Science in Europe. 2018. Vol. 23. Pp. 265-267.

## Информация об авторе

**Бахтыгалиев Ергали Салуатович**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), e-mail: BahtygalievEC.vniioz@yandex.ru

## Author's Information

Bakhtygaliev Yergali Saluatovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture is a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center VNIIGiM named after A. N. Kostyakov". (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), e-mail: BahtygalievEC.vniioz@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-10

## RESPONSIVENESS OF LEGUMINOUS GRASSES: ALFALFA (MEDICAGO VARIA MART.) AND ANNUAL WHITE SWEET DONNIK (MELILOTUS ALBUS MEDIC) ON THE INFLUENCE OF THE DOMESTIC GROWTH REGULATOR «MIVAL-AGRO»

**Volodina I. A., Marunova L. K.**

*Samara Federal Research Center, Volga Region Research Institute of Breeding and Seed Production named after P. N. Konstantinov Russian Academy of Sciences  
Ust-Kinelsky, Samara region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: Volodinalrina1980@yandex.ru

Received 09.10.2023

Submitted 16.03.2024

## Summary

The article presents data from laboratory and field experiments conducted on two biologically similar legume forage crops, Lucerne variable and annual white sweet clover. The research results showed that the studied crops responded positively to the use of the drug Mival-Agro. As a result of the study, it was found that these cultures do not respond equally to different concentrations of the drug. Especially at the initial stages of ontogenesis. The optimal concentration of the drug Mival-Agro was experimentally selected to increase the yield of forage and seeds of alfalfa and sweet clover in field conditions.

## Abstract

**Introduction.** Legumes have long been valued in agricultural production for their ability to produce plant products rich in crude protein and a positive effect on soil fertility. One of the most important forage crops in this regard was and remains – alfalfa. Feed made from its green mass is environmentally friendly and economical. The legume family also includes a less common type of herb – sweet clover. It is not only an excellent honey plant and phytomeliorate, but also a promising high-yielding forage crop. A promising way to increase the productivity of forage grasses is the use of new generation drugs, in particular Mival-Agro, which increase the mycotrophy of plants. Of particular interest is the study of the responsiveness of these crops to the use of the drug Mival-Agro. **Object.** The object of the study is two biologically similar legumes: variable alfalfa (*Medicago varia* Mart.) variety – Izumruda and annual white sweet clover (*Melilotus albus* Medic) – Srednevolzhsky and their reaction to the use of the domestic silicone growth regulator Mival-Agro. **Materials and methods.** The research was carried out in the conditions of the southern forest-steppe of the Middle Volga region in 2018–2021, on the experimental field of the Volga Research Institute of Breeding and Seed Production named after P.N. Konstantinov – branch of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Povolzhsky NIIS – branch of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences). The establishment of nurseries and related observations were carried out according to the methods of testing forage crops. **Results and conclusions.** The experience consisted of laboratory and field. Under laboratory conditions, the influence of the concentration recommended by the manufacturer Mival-Agro, reduced and increased by 20%, was studied. The reduced concentration has a positive effect on root growth by lengthening by 2.5–4.7 mm, increasing germination by reducing hard seeds by 8.4%, in sweet clover and 5.0% in alfalfa. Under field conditions, the plants of the studied crops were treated according to the leaf with the established dosage – 64 mg per 1 ha of crops. The total forage yield of sweet clover in 2018 with the treatment of Mival-Agro significantly exceeded the control by 36.1%, in 2019 – 1.99 t/ha, in 2020 – was a minimum of 0.3 t/ha, and seed productivity was maximum with an increase in 120 kg/ha, in 2021 – 1.1 t/ha. The yield of the vegetative mass of alfalfa treated by Mival-Agro in the year of sowing was 8.8 t/ha, with an increase of 25.7%. Seed productivity was 41.2% higher than the control. In 2019, the forage mass of alfalfa exceeded the control by 24.3%, in the sum of two cuts, in 2020 by 14.0%, in 2021 – 11.1%. Seed productivity in 2019 was the highest during the study period, treatment with the drug increased the rate by 43.4%.

**Keywords:** *Variable alfalfa, annual white sweet clover, Mival-Agro, green mass yield, plant growth regulators.*

**Citation.** Volodina I. A., Marunova L. K. Responsiveness of leguminous grasses: alfalfa (*Medicago varia* Mart.) and annual white sweet donnik (*Melilotus albus* Medic) on the influence of the domestic growth regulator Mival-Agro. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 84-95 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-10.

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

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

УДК 633.31:631.527.366

**ОТЗЫВЧИВОСТЬ БОБОВЫХ ТРАВ: ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ (*MEDICAGO VARIA* MART.) И ДОННИКА БЕЛОГО ОДНОЛЕТНЕГО (*MELILOTUS ALBUS* MEDIC) НА ВЛИЯНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РЕГУЛЯТОРА РОСТА «МИВАЛ-АГРО»****Володина И. А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник  
**Марунова Л. К.**, старший научный сотрудникСамарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова  
пгт. Усть-Кинельский, Самарская область, Российская Федерация

**Резюме.** В статье представлены данные лабораторного и полевого опытов, проведенных на двух биологически схожих бобовых кормовых культурах – люцерне изменчивой и доннике белом однолетнем. Результаты исследований показали, что изученные культуры положительно отзываются на применение препарата Мивал-Агро. В результате исследования было выяснено, что эти культуры не одинаково реагируют на различные концентрации препарата. Особенно на начальных этапах онтогенеза. Опытным путем была подобрана оптимальная концентрация препарата Мивал-Агро повышающая урожайность кормовой массы и семян люцерны и донника в полевых условиях.

**Актуальность.** Бобовые культуры издревле ценились в сельскохозяйственном производстве за возможность получения растительных продуктов, богатых сырым протеином, и положительным влиянием на плодородие почвы. Одной из важнейших в этом плане кормовых культур была и остается люцерна. Корма из её зеленой массы экологичны и экономичны. К семейству Бобовые относится и малораспространенный вид трав – донник. Это не только отличный медонос и фитомелиорант, но и перспективная высокоурожайная кормовая культура. Многообещающим способом повышения продуктивности кормовых трав является использование препаратов нового поколения, в частности Мивал-Агро, повышающих микотрофность растений. Особый интерес вызывает изучение отзывчивости этих культур на применение препарата Мивал-Агро. **Объект.** Объектом исследования являются две биологически схожие бобовые культуры: люцерна изменчивая (*Medicago varia* Mart.) сорт – Изумруд и донник белый однолетний (*Melilotus albus* Medic) – Средневожский и их реакция на применение отечественного кремнийорганического регулятора роста Мивал-Агро. **Материалы и методы.** Исследования проводили в условиях юга лесостепи Среднего Поволжья в 2018-2021 гг., на опытном поле Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства имени П.Н. Константинова – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (Поволжский НИИСС – филиал СамНЦ РАН). Закладка питомников и сопутствующие наблюдения проведены согласно методикам испытания кормовых культур. **Результаты и выводы.** Опыт состоял из лабораторного и полевого. В лабораторных условиях изучали влияние рекомендованной производителем Мивал-Агро концентрации, пониженной и повышенной на 20%. Пониженная концентрация оказывает положительный эффект на рост корешка удлинением на 2,5-4,7 мм, повышением всхожести за счет уменьшения твердых семян на 8,4% у донника и на 5,0% у люцерны. В полевых условиях обрабатывали растения изучаемых культур по листу установленной дозировкой – 64 мг на 1 га посевов. Суммарная урожайность кормовой массы донника в 2018 году с обработкой Мивал-Агро достоверно превышала контроль на 36,1%, в 2019 – 1,99 т/га, в 2020 – была минимальной 0,3 т/га, а семенная продуктивность максимальной с прибавкой в 120 кг/га, в 2021 – 1,1 т/га. Урожайность вегетативной массы люцерны, в год посева обработанная Мивал-Агро составила 8,8 т/га, с прибавкой 25,7%. Семенная продуктивность была на 41,2% выше контроля. В 2019 году кормовая масса люцерны превышала контроль на 24,3%, в сумме двух укосов, в 2020 на 14,0%, в 2021 – 11,1%. Семенная продуктивность в 2019 году была самой высокой за период изучения, обработка препаратом повысила показатель на 43,4%.

**Ключевые слова:** люцерна изменчивая, донник белый однолетний, Мивал-Агро, урожайность зеленой массы, регулятор роста растений.

**Цитирование.** Володина И. А., Марунова Л. К. Отзывчивость бобовых трав: люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) и донника белого однолетнего (*Melilotus albus* Medic) на влияние отечественного регулятора роста «Мивал-Агро». *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 84-95. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-10.

**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.** Многолетние травы имеют большое экологическое значение. Они стоят на первом месте среди всех других культур по почвозащитной роли. Их мощный травостой и хорошо развитая корневая система укрепляют почву, превращая ее верхний слой в пласт, который не подвержен разрушению водой или ветром [1]. Бобовые (*Fabaceae*, или *Leguminosae*), или Мотыльковые (*Papilionaceae*) – семейство двудольных растений порядка Бобовоцветные. В него входят многолетние и однолетние деревья, кустарники и травы. Это широко распространенное семейство насчитывает около 730 родов и около 19400 видов, что делает его третьим по богатству видов семейством. Люцерна (*Medicago*) – род однолетних и многолетних трав этого семейства, объединяющий 103 вида [2]. Люцерна является одной из самых важных сельскохозяйственных культур выращиваемых в основном для производства кормов и сена в мире. Это перспективная, высокоурожайная кормовая культура [3, 4], адаптированная к условиям лесостепи Среднего Поволжья. Она отличается высокой урожайностью, повышенной зимостойкостью, засухоустойчивостью, способностью к быстрому отрастанию после скашивания и оказывает значительное средообразующее влияние на почву, являясь хорошим предшественником, обогащает почву органическим веществом и симбиотическим азотом, улучшает её структуру, предохраняет от эрозии [5]. Её высевают в специальных кормовых севооборотах или на выводных полях, и это достаточно длительный процесс как в пространстве, так и во времени. Ученые всех стран стараются ввести в севообороты как можно больше бобовых культур, таких как эспарцет (*Onobrychis viciifolia*), трилистник птичий (*Lótus corniculátus*) [6, 7]. К семейству бобовые относится группа культур севооборота, такие, как горох, нут, маш, чечевица, чина, вика, пелюшка, люпин и другие. Они также представляют большую ценность в качестве предшественника из-за их способности накапливать азот в почве, но по его количеству они уступают многолетним травам, таким как люцерна [8]. К тому же у них корневая система не так сильно развита, как у люцерны. К семейству Бобовые относится и малораспространенный вид трав – донник – растение Евразийского материка. Это не только отличный медонос и фитомелиорант, но и перспективная высокоурожайная кормовая культура [9]. Описано 26 видов донника, на территории бывшего СССР род представлен 13 видами [10]. Для введения в структуру короткоротационных зерновых севооборотов подходит форма донника белого однолетнего (*Melilotus albus* Medic), который обладает рядом преимуществ, характерных для люцерны. Донник и люцерна, как и все бобовые культуры, формируют высокий урожай и без применения азотных удобрений, представляющих опасность для окружающей среды с экологической точки зрения [11]. Регуляторы роста растений – природные или синтетические соединения, которые применяют в небольших количествах для обработки растений, чтобы изменить процессы их жизнедеятельности. Эффект применения этих препаратов – в повышении микотрофности растений, стимулировании роста корней и увеличении их поглощающей способности, активации обменных процессов. Они способствуют повышению урожайности культур в условиях сурового климата средних широт, в зонах неустойчивого или рискованного земледелия [12]. Многообещающим способом повышения продуктивности кормовых трав является использование препаратов нового поколения (ГНП) в виде замачивания семян и фоллиарного опрыскивания. С этой целью обе культуры подвергались обработкам комплексного регулятора роста растений Мивал-Агро, который обладает широким спектром биологического действия, адаптогенными и антиоксидантными свойствами. Экологически безопасен, отличается высокой эффективностью, простотой использования [13].

**Цель работы** – изучить две биологически схожие бобовые культуры: люцерну изменчивую (*Medicago varia* Mart.) и донник белый однолетний (*Melilotus albus* Medic) по реакции на применение отечественного кремнийорганического регулятора роста Мивал-Агро.

**Задачи:** проследить отзывчивость изучаемых культур на воздействие препарата Мивал-Агро. Определить степень воздействия предпосевной обработки семян и фоллиарного опрыскивания на урожайность зеленой массы и семян.

**Материалы и методы.** Эксперимент проводили в 2018-2021 гг. на кормовом севообороте в Поволжском научно-исследовательском институте селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова – филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (Поволжский НИИСС – филиал СамНЦ РАН). Материалом послужили две биологически схожие

бобовые культуры: люцерна изменчивая (сорт Изумруда) и донник белый однолетний (сорт Средневожский). Оба сорта селекции Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН, районированы. Почва опытного участка представлена типичным среднегумусным чернозёмом тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Содержание гумуса в пахотном слое почвы 0,25 м – 5,2 %, подвижного калия и фосфора – 292,0 мг/кг и 156 мг/кг почвы соответственно, pH солевой вытяжки почвы 6,9...7,2, содержание легкогидролизуемого азота – 116,0...132,0 мг/1000 г почвы. Наблюдения и учёты проводилась согласно общепринятой методике [14]. Семенной материал бобовых трав обрабатывали перед посевом препаратом Мивал-Агро и в дальнейшем использовали его для фоллиарного опрыскивания вегетирующих растений в период «бутионизация – начало цветения». Делянки посеяны сплошным и широкорядным способом беспорочно, рендомизированно, площадь – 7,5 м<sup>2</sup>, и 13,5 м<sup>2</sup>, повторность 4-х кратная. На опыте с донником использовался метод расщепленных делянок, с дальнейшим горизонтальным делением. Агротехника – общепринятая для возделывания люцерны и донника в Самарской области. Математическую обработку полученных данных выполняли методом статистического анализа по Б. А. Доспехову (1985).

Для изучения реакции на действие Мивал-Агро донника белого однолетнего и люцерны изменчивой в полевых условиях провели лабораторный опыт в зимний период 2018 года. Семена обрабатывали растворами разной концентрации: рекомендованной производителем, пониженной и повышенной на 20%, выдерживали в термостате при постоянной температуре 20°C в течение 7 суток, в чашках Петри на двойном слое фильтровальной бумаги. На третьи сутки определяли – энергию прорастания, на седьмые – всхожесть, количество недоразвитых и твердых семян. Концентрацию препарата рассчитывали по д.в. кремнийорганического соединения 1-хлорметилсилатрана. Мивал-Агро интересен тем, что брать его необходимо в минимальной концентрации, если она будет превышена, это нанесет вред вместо пользы. При повышении концентрации раствора до 50%, семена люцерны и донника (в меньшей степени) проросли, но были сильно деформированы (рисунок 1).



Рисунок 1 – Ростки люцерны при повышении концентрации препарата Мивал-Агро на 50%.

Figure 1 – Alfalfa sprouts with an increase in the concentration of the drug Mival-Agro by 50%.

Для работы по вегетирующим растениям брали 64 мг препарата на 1 га посевов (расход рабочей жидкости 200 л/га). Замачивали мелкосеменные культуры – донник и люцерну, в расчете 1:2. На основании полученных результатов в полевых условиях брали 80% концентрацию раствора от рекомендованной производителем Мивал-Агро. За сутки перед посевом семена замачивали в приготовленном растворе с экспозицией 60 минут. В поле, опрыскивание листовой поверхности проводили: на доннике белом однолетнем за 10 суток до фазы укосной спелости (бутионизация – начало цветения) и за 10 суток до фазы полного цветения для получения семян в это же время обработке подвергали участок с отавой; на посеве люцерны – за 2 недели до фазы «бутионизация – начало» цветения на делянках, предназначенных для учета зеленой массы и в фазу «начало бутионизации» для получения семян.

В полевом опыте длительность изучения препарата составила 4 года с 2018 по 2021, что позволило более полно рассмотреть реакцию исследуемых культур на его действие в различных погодных условиях. 2019 год сложился близким к среднемуголетнему (таблица 1), остальные отличались по температурному режиму и влагообеспеченности.

Таблица 1 – Метеорологические условия вегетационного периода (2018-2021 гг.)

Table 1 – Meteorological conditions of the growing season (2018-2021)

| Год наблюдени-<br>я / Year of<br>observation                       | Месяц / Month     |              |                |                |                    |                         | Апрель-<br>сентябрь /<br>April-<br>September |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------|----------------|----------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------|
|                                                                    | Апрель /<br>April | Май /<br>May | Июнь /<br>June | Июль /<br>July | Август /<br>August | Сентябрь /<br>September |                                              |
| Среднемесячная температура, Т°С / Average monthly temperature, СBT |                   |              |                |                |                    |                         |                                              |
| 2018                                                               | 5,9               | 16,7         | 18,5           | 23,8           | 20,2               | 15,7                    | 16,8                                         |
| 2019                                                               | 8,4               | 17,0         | 20,6           | 20,3           | 18,3               | 14,3                    | 16,5                                         |
| 2020                                                               | 7,3               | 15,6         | 18,5           | 24,1           | 18,9               | 12,8                    | 16,2                                         |
| 2021                                                               | 9,3               | 20,8         | 22,9           | 23,4           | 24,7               | -                       | 20,22                                        |
| Многолетние /<br>Perennial                                         | 7,1               | 15,0         | 19,9           | 21,7           | 19,3               | 12,3                    | 15,9                                         |
| Сумма активных температур, Т°С / Sum of active temperatures, TOC   |                   |              |                |                |                    |                         |                                              |
| 2018                                                               | 49,3              | 516,5        | 554,0          | 737,2          | 624,1              | 472,0                   | 2953,1                                       |
| 2019                                                               | 145,3             | 533,2        | 618,0          | 630,3          | 560,9              | 265,4                   | 2753,1                                       |
| 2020                                                               | 86,5              | 467,1        | 553,9          | 743,6          | 586,6              | 367,2                   | 2804,9                                       |
| 2021                                                               | 144,0             | 643,4        | 686,9          | 726,4          | 765,5              | -                       | 2966,2                                       |
| Многолетние /<br>Perennial                                         | 109,0             | 436,0        | 561,0          | 642,0          | 584,0              | 370,0                   | 2702,0                                       |
| Осадки, мм / Precipitation, mm                                     |                   |              |                |                |                    |                         |                                              |
| 2018                                                               | 57,1              | 20,2         | 18,7           | 72,7           | 13,1               | 18,3                    | 200,1                                        |
| 2019                                                               | 33,3              | 38,6         | 10,5           | 32,7           | 28,8               | 70,2                    | 214,1                                        |
| 2020                                                               | 29,5              | 17,6         | 48,3           | 21,6           | 43,0               | 27,0                    | 187,0                                        |
| 2021                                                               | 30,7              | 20,8         | 72,3           | 17,7           | 0,6                | -                       | 142,1                                        |
| Многолетнее /<br>Perennial                                         | 34                | 34           | 55             | 50             | 43                 | 44                      | 260,0                                        |
| ГТК / SCC                                                          |                   |              |                |                |                    |                         |                                              |
| 2018                                                               | 2,20              | 0,39         | 0,34           | 0,99           | 0,21               | 0,39                    | 0,75                                         |
| 2019                                                               | 0,66              | 0,72         | 0,17           | 0,52           | 0,51               | 2,81                    | 0,90                                         |
| 2020                                                               | 3,41              | 0,38         | 0,84           | 0,29           | 0,73               | 0,74                    | 1,06                                         |
| 2021                                                               | 2,13              | 0,32         | 1,05           | 0,24           | 0,01               | -                       | 0,75                                         |
| Многолетние /<br>Perennial                                         | 3,12              | 0,78         | 0,98           | 0,78           | 0,74               | 1,19                    | 1,27                                         |

Краткое описание сортов, являющихся материалом исследования:

Сорт донника белого однолетнего – Средневожский. Однолетнее бобовое растение высотой 1,67-1,86 м. Куст компактный, стебель прямостоячий, с выраженной антоциановой окраской. Листья тройчатые, округло яйцевидные, темно-зеленые, неопушенные. Соцветие – пазушная кисть длиной 0,28-0,33 м, окраска цветка белая. Боб – эллиптический, светло-бурый. Семена овальные, светло-желтые. Масса 1000 семян 2,6-2,8 г. Вегетационный период до укосной спелости 50-55 суток, до созревания семян 105-115 суток. Солеустойчив, засухоустойчив, мучнистой росой не поражается. Средняя урожайность сухого вещества в регионе 6-7 т/га, семян – 500-600 кг/га. Устойчив к полеганию. Сорт универсального использования: сидерат, зеленая подкормка, заготовка сена, сенажа, силоса, травяных гранул. Хороший медонос, цветение продолжительное (25-30 суток), 200-600 кг меда высокого качества с 1 га посевов. Включен в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации и допущен к использованию во всех зонах возделывания культуры в РФ с 2010 г.

Люцерна изменчивая – Изумруда. Относится к пестрогибридному сорто типу. Куст полупрямостоячий. Листья от средних до крупных, обратнояйцевидные темно-зеленые. Соцветие продолговатая кисть средней рыхлости в основном пестрой окраски. Бобы закручены в 2-3 оборота. Семена фаселевидные, желтые. Масса 1000 семян 2,12-2,14 г. Сорт отличается продуктивным долголетием за счет корнеотпрыскости. Рекомендован для сенокосно-пастбищного использования. Дает высокую урожайность зеленой массы до 50 т/га. Средний урожай сена 12,5-13,1 т/га; урожай семян до 600 кг/га. Устойчив к корневым гнилям, листовым, стеблевым болезням, а также стрессовым ситуациям погодных условий. Сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации по Волго-Вятскому (4) и Средневожскому (7) регионам с 2014 г [15].



Рисунок 2 – Донник белый однолетний Средневолжский  
Figure 2 – Donnik white annual Srednevolzhsky



Рисунок 3 – Люцерна изменчивая Изумруда  
Figure 3 – Alfalfa changeable Emerald

**Результаты и обсуждения.** Исследования начались с закладки лабораторного опыта в зимний период 2018 года на люцерне и доннике в одни сутки, в ходе работы выяснилось, что изучаемые культуры уже на начальном этапе роста по-разному реагировали на рекомендованную, пониженную и повышенную концентрации препарата Мивал-Агро. Так семена донника на начальном этапе роста лучше переносят повышенную концентрацию, чем люцерновые, это проявляется в некотором удлинении корешка, разница между культурами составила 3,9 мм (рисунок 4).

При рекомендованной дозировке корешок донника также длиннее, чем у люцерны, на 4,7 мм, а относительно контроля длиннее на 9,0%. Н. И. Дзюбенко в своих опытах на данной культуре отмечает более высокую внутрипопуляционную изменчивость длины корешка по сравнению с длиной ростка. Ростки донника лучше всего развивались при рекомендованной концентрации, но на начальном этапе роста важно развитие корневой системы, поэтому особое внимание уделялось оптимальному соотношению обеих составляю-



щих. У люцерны при повышении концентрации уменьшается длина ростка на 5,4 мм, длина корешка на 1,4 мм относительно контроля (рисунок 5). Оптимальное развитие корешка и ростка у люцерны наблюдалось при пониженной дозировке раствора. Угнетение корневой системы происходило как при рекомендованной, так и при повышенной концентрации на 3,2 мм и 1,4 мм соответственно.

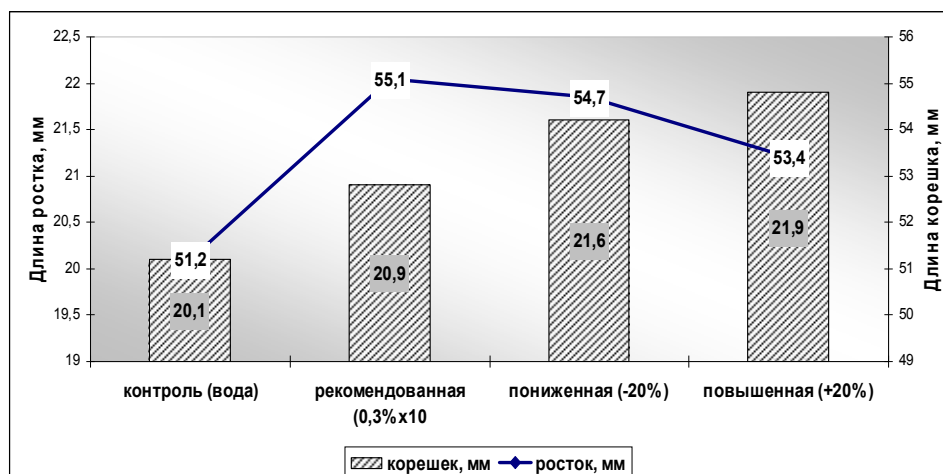


Рисунок 4 – Показатели начального роста и развития семян, сорт Средневолжский, 12.12.18 г.  
Figure 4 – Indicators of initial growth and development of seeds, Srednevolzhsky variety, 12.12.18.

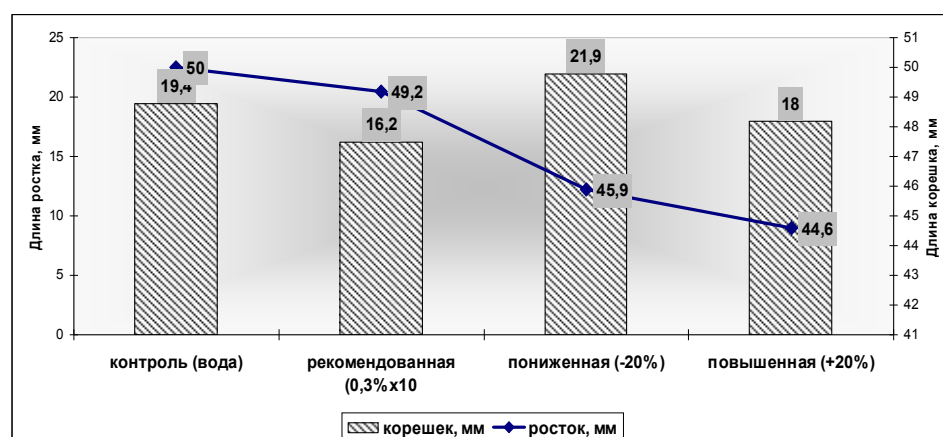


Рисунок 5 – Показатели начального роста и развития семян, сорт Изумруда  
Figure 5 – Indicators of initial growth and development of seeds, Emerald variety

У большинства бобовых культур характерной биологической особенностью является наличие твердых семян в составе общего количества. В зависимости от сочетания различных факторов их больше или меньше у разных культур. Так у люцерны и донника процент твердокаменных семян может достигать 60-70% в разные годы. При длительном хранении семян данный показатель снижается. Этот факт наличия твердокаменности учитывается при подготовке к посеву. Обычно семена донника и люцерны подвергают скарификации. В нашем опыте по замачиванию и дальнейшему проращиванию семенного материала выяснилось, что у обеих культур твердых семян становилось больше при повышенной концентрации раствора, а при рекомендованной и пониженной меньше у люцерны на 11,6% относительно контроля, у донника на 19,6% соответственно.

При обработке семян люцерны и донника пониженной на 20% концентрацией от рекомендованной производителем раствора ПНП наблюдалась самая высокая энергия прорастания, что важно на начальном этапе формирования молодого агроценоза изучаемых культур. Всхожесть также повышается на 8,4% у донника относительно контроля (вода) и на 5,0% у люцерны.

Таблица 2 – Посевные качества семян, сортов: Изумруда, Средневолжский.

Table 2 – Sowing qualities of seeds, varieties: Emerald, Srednevolzhsky.

| Вариант концентрации / Concentration option | Энергия прорастания, % / Germination energy, % |                  | Недоразвитые, % / Underdeveloped, % |                  | Твердосемянность, % / Hardseededness, % |                  | Всхожесть, % / Germination rate, % |                  |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|-----------------------------------------|------------------|------------------------------------|------------------|
|                                             | Люцерна / lucerne                              | Донник / melilot | Люцерна / lucerne                   | Донник / melilot | люцерна / lucerne                       | Донник / melilot | Люцерна / lucerne                  | Донник / melilot |
| Контроль (вода) / Control (Water)           | 66,7                                           | 50,0             | 8,7                                 | 18,0             | 19,3                                    | 20,6             | 81,7                               | 78,6             |
| Рекомендованная / Recommended               | 58,7                                           | 52,0             | 12,0                                | 21,2             | 17,3                                    | 18,0             | 79,3                               | 82,0             |
| Пониженная на 20% / Reduced by 20%          | 66,7                                           | 54,6             | 6,0                                 | 14,6             | 21,3                                    | 17,2             | 83,3                               | 85,2             |
| Повышенная на 20% / Increased by 20%        | 66,0                                           | 50,0             | 6,7                                 | 12,6             | 22,7                                    | 22,0             | 82,0                               | 87,2             |
| HCP <sub>0,5</sub>                          | 5,29                                           | 1,29             | 3,79                                | 1,20             | 2,08                                    | 1,97             | 1,37                               | 1,66             |

Данные лабораторной работы нашли подтверждение в полевых условиях. Весной 2018 года устойчивый переход температуры через +10°C, был отмечен 28 апреля, что соответствует среднемноголетним срокам наступления весны. Средняя температура воздуха в апреле была на 1,3°C ниже нормы, а осадков выпало в 2 раза больше нормы. В связи с этим посев донника провели 12 мая, люцерны 20 мая 2018 года. Май отличался превышением среднесуточных температур на 2,6°C и всходы появились через 8 суток у люцерны и на 10 сутки у донника. Последующий начальный рост и развитие люцерны и донника проходили в благоприятных условиях. Июнь характеризовался дефицитом осадков, среднесуточная температура находилась на уровне среднемноголетних значений.

Выпавшие за третью декаду июля осадки (30,8 мм) благоприятно повлияли на формирование первого укоса. В типичных для Среднего Поволжья погодных условиях донник готов к укосе к третьей декаде июля в фазе «бутионизация начало цветения», отава отрастает в среднем за 30-40 суток. В 2018 году первый укос донника провели на 2 недели позже, чем обычно, отава сформировалась за 36 суток. Урожайность кормовой массы донника с обработкой Мивал-Агро с учетом отавы в общем укосе составила 32,4 т/га, что на 36,1% достоверно превышает вариант без обработки. Доля второго укоса у донника, как правило, невелика, она зависит от погодных условий и высоты среза, т. к. он отрастает из пазушных почек на стебле. В 2018 году отава имела малую долю в общем урожае, а прибавка её к контролю составила 12,2% при урожайности 32,3 т/га (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели продуктивности бобовых трав в питомнике по изучению ПНП за 2018-2021 гг.

Table 3 – Indicators of productivity of legumes in the nursery for the study of NGD for 2018-2021

| Вариант опыта / Experience option | Урожайность зеленой массы, укос+отава, т/га / Yield of green mass, mowing + grass, t/ha |                  | Урожайность семян, кг/га / Seed yield, kg/ha |                  | Год применения / Year of application |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------|------------------|--------------------------------------|
|                                   | Люцерна / lucerne                                                                       | Донник / melilot | Люцерна / lucerne                            | Донник / melilot |                                      |
| Контроль (вода) / Control (Water) | 7,0                                                                                     | 23,80            | 50,2                                         | 308,0            | 2018                                 |
| Мивал-Агро / Mival-Agro           | 8,8                                                                                     | 32,44            | 70,9                                         | 399,0            |                                      |
| HCP <sub>0,5</sub>                | 0,81                                                                                    | 0,89             | 1,22                                         | 4,92             |                                      |
| Контроль (вода) / Control (Water) | 30,88                                                                                   | 22,55            | 601,0                                        | 227,0            | 2019                                 |
| Мивал-Агро / Mival-Agro           | 38,38                                                                                   | 24,54            | 861,6                                        | 240,0            |                                      |
| HCP <sub>0,5</sub>                | 3,97                                                                                    | 1,22             | 105,55                                       | 4,57             |                                      |
| Контроль (вода) / Control (Water) | 51,1                                                                                    | 15,45            | 147,7                                        | 309,0            | 2020                                 |
| Мивал-Агро / Mival-Agro           | 58,5                                                                                    | 15,78            | 239,5                                        | 429,0            |                                      |
| HCP <sub>0,5</sub>                | 4,76                                                                                    | 0,70 н           | 30,41                                        | 8,15             |                                      |
| Контроль (вода) / Control (Water) | 24,78                                                                                   | 15,17            | 51,8                                         | 401,0            | 2021                                 |
| Мивал-Агро / Mival-Agro           | 27,28                                                                                   | 17,29            | 120,3                                        | 404,0            |                                      |
| HCP <sub>0,5</sub>                | 2,21                                                                                    | 0,71             | 88,7                                         | 6,49             |                                      |

В августе наблюдался дефицит осадков, ГТК изменился до 0,21 и способствовал переходу растений к формированию семян. Среднесуточная температура воздуха в сентябре была на 3,4°C выше среднемноголетней, дефицит осадков составил 25,7 мм, что привело к дружному созреванию семян ко второй декаде сентября с достоверным их превышением на 91,0 кг при обработке ПНП. Урожайность вегетативной массы люцерны также была больше на обработанном варианте с достоверной прибавкой 25,7%. Второй укос после первого скашивания, в год посева люцерны в наших условиях формирует, но благодаря тому что сумма активных температур сентября была на 102°C выше среднемноголетнего показателя, получили урожай семян в год посева, несмотря на поздний срок закладки опыта. Производитель гарантирует прибавку урожая от применения Мивал-Агро 20-40% и более, в зависимости от культуры и условий выращивания [13]. Данные семенной продуктивности в варианте с обработкой были на 41,2% выше контроля.

Весна 2019 года была ранняя, сумма активных температур апреля составила 145,3, количество осадков находилось в пределах нормы, почва прогревалась равномерно и отрастание люцерны началось в благоприятных условиях, а посев донника провели в ранний срок – 30.04.19 г. Май отличался постепенным нарастанием температур. Количество среднемесячных осадков на 4,6 мм превышало среднемноголетнее значение. Июнь характеризовался постепенным повышением среднесуточных температур, но недостаток влаги привел к снижению ГТК до 0,17. Обработку ПНП в посеве люцерны провели в первой декаде июня, а первый укос 22.06.19, и она оказала выраженное влияние на продукционный процесс. После отчуждения зеленой массы первого укоса с 26 по 30 июня выпало 6,2 мм осадков и в июле 32,7 при норме 50,0 мм, но среднесуточная температура воздуха при этом была пониженной. Так, в сумме двух укосов вариант опыта с обработкой по продуктивности кормовой массы люцерны достоверно превышал контроль на 24,3%. В отличие от донника белого однолетнего у люцерны отава вносит существенный вклад в формирование общего урожая, т. к. она отрастает и из пазушных почек на стебле, и из спящих почек в коронке, которые пробуждаются после отчуждения вегетативной массы. Снижение среднесуточной температуры в июле до 20,3°C при среднемноголетнем значении 21,7°C в совокупности с недостатком продуктивной влаги отразилось на урожае кормовой массы донника, который был выше на обработанных делянках на 1,99 т/га, в пользу foliarной обработки. Доля отавы не превышала 5,0%. Выявлено пролонгированное действие обработки, которое начинает проявляться при формировании отавы и достигает наибольшей степени к моменту образования семян, урожай которых достоверно превысил контрольный вариант на 13,0 кг. Семенная продуктивность люцерны во второй год жизни была самой высокой за все годы изучения, обработка препаратом Мивал-Агро существенно повысила данный показатель на 43,4%. Ранее уже была отмечена положительная реакция люцерны на улучшение условий произрастания в 2018-2020 гг. при изучении данной культуры в почвенно-климатических условиях Уфимского научного подразделения Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН [16].

Весна 2020 года характеризовалась длительным наступлением, устойчивое потепление началось с 26 апреля. Сумма активных температур месяца составила 86,5 при норме 109,0°C, среднемесячная температура воздуха держалась на уровне 7,3 °C, при количестве осадков 29,5 мм, такие условия привели к вытягиванию растений люцерны на начальном этапе роста. Посев донника провели 01.05.20, высокая среднесуточная температура мая на фоне дефицита осадков привели к изреживанию всходов за счет снижения полевой всхожести, в результате частичной гибели всходов. Культуры развивались в стрессовых условиях. Июнь характеризовался колебанием среднесуточных температур, но с достаточным количеством осадков, что привело к увеличению межфазных периодов у растений. В связи с этим люцерна достигла укосной спелости только к третьей декаде июня (22.06.2020). Значительное понижение среднесуточной температуры воздуха во второй декаде августа до 13,7°C не повлияло на показатели второго укоса зеленой массы люцерны. Обработка Мивал-Агро оказала положительный эффект достоверным повышением урожайности кормовой массы в сумме укосов – на 14,5% больше необработанного массива. Донник в таких условиях развивался неудовлетворительно, но достиг укосной фазы в обычные для него сроки 16.07.23 г. При этом достоверной прибавки урожайности надземной массы в 2020 году не наблюдалось (разница всего 0,3 т/га), зато действие обработки в полной мере проявилось при формировании отавы, доля которой в

урожае была самой высокой за годы исследований и составила 19,0% к общей массе, а превышение отавы к контрольному варианту было выше в два раза (52,7%). И семенная продуктивность в условиях 2020 года при обработке препаратом Мивал-Агро была выше контроля на 38,8% у донника и 62,2% у люцерны.

Весна в 2021 году началась с резкого нарастания тепла, среднесуточная температура воздуха 10.04. была 8,8°C, а на следующий день поднялась до 16,6°C, и держалась до 18.04.21 года. С 30 апреля пошло устойчивое потепление, и донник посеяли 05.05.21 г. Отрастание люцерны интенсивно началось со второй декады апреля и продолжался до второй декады июня. Несмотря на то что осадков в мае выпало меньше, чем в среднем году, на 13,2 мм, растения люцерны продолжили равномерно наращивать зеленую массу, и хотя на 4-й год жизни и пользования она была меньше, чем в предыдущие годы, тенденция по урожайности между изучаемыми вариантами сохранилась. Сумма активных температур от начала отрастания растений люцерны до первого укоса была на 251,6°C больше, чем в средний год. Урожайность зеленой массы в обрабатываемом посеве превышала контроль на 2,2 т/га или на 11,1%. Авторы статьи из Брянской области также отмечают существенное снижение урожайности кормовой массы люцерны в одновидовом посеве на четвертый год жизни связывая это с малоснежной зимой и недостатком запасов влаги в почве, а так же с биологическими особенностями культуры [17, с. 6]. Наши данные сопрягаются с проводимыми исследованиями, несмотря на принадлежность к разным световым зонам и региону возделывания сельскохозяйственных культур. Нарастающая засуха оказала влияние на развитие растений люцерны. После первого учета кормовой массы люцерны продолжилось устойчивое нарастание среднесуточных температур, июль был теплее на 1,7°C, чем обычно, при минимальных осадках ГТК = 0,24. Второй укос люцерны формировался в условиях приближенных к пустыне, в связи с этим при небольшой высоте растений 0,38 м, начался переход к формированию генеративных органов. Доля отавы была минимальной за все годы относительно общей суммы урожая 19,5%. Прибавка зеленой массы у донника составила 1,6 т/га или 10,1% Отава на посевах донника сформировалась за 41 сутки, её доленое участие в общем учете кормовой массы была на уровне 9,6% при фоллиарной обработке. Семян получили на опрыскиваемом образце на 3,0 кг/га больше, на фоне самой высокой отдачи (76,7%), за все годы эксперимента относительно урожая приближенного к среднему 2019 году.

**Закключение.** Рассматривая результаты лабораторного опыта, установили положительное влияние пониженной (на 20%) концентрации регулятора роста Мивал-Агро от рекомендованной производителем препарата на ростовые процессы начальной стадии онтогенеза. Это выражалось в увеличении линейного роста корешка у люцерны на 5,7 мм, относительно рекомендованной дозы и на 2,5 мм относительно контроля (вода) с оптимальной длиной ростка. У донника, как у специализированного фитомелиоранта, длина корешка увеличивалась при повышенной концентрации на 1,8 мм в связи со специфическими особенностями культуры. Анализ четырех летних полевых исследований показал пролонгированное положительное действие препарата Мивал-Агро на бобовые травы, что обеспечивает прибавку урожайности кормовой массы от 10,1 до 25,7% у люцерны и достигала 36,1% у донника. Прибавка семенной продуктивности была в пределах 5,7-38,8% у донника и доходила до 232,3% у люцерны, что особенно актуально для данной бобовой культуры.

**Conclusions.** Considering the results of the laboratory experiment, a positive effect of a reduced (20%) concentration of the growth regulator Mival-Agro from the drug recommended by the manufacturer on the growth processes of the initial stage of ontogenesis was established. This was expressed in an increase in the linear growth of the root of alfalfa by 5.7 mm relative to the recommended dose and by 2.5 mm relative to the control (water) with the optimal long shoot. In sweet clover, as a specialized phytomeliorant, the length of the root increased with increased concentration by 1.8 mm due to the specific characteristics of the crop. An analysis of four summer field studies showed a prolonged positive effect of the drug Mival-Agro on leguminous grasses, providing an increase in forage yield from 10.1 to 25.7% for alfalfa and reached 36.1% for sweet clover. The increase in seed productivity was in the range of 5.7-38.8% for sweet clover and reached 232.3% for alfalfa, which is especially important for this legume crop.

#### Библиографический список

1. Борисова Е. Е. Роль в севооборотах многолетних трав. Вестник НГИЭИ. 2015. № 8 (51). С. 12-19. [http://vestnik.ngiei.ru/?page\\_id=1348](http://vestnik.ngiei.ru/?page_id=1348).
2. Лепкович И. П., Спиридонов А. М. Перспективы использования луговых бобовых растений на Северо-Западе России. Аграрная Россия. 2017. № 8. С. 7-11.



3. Karakoy T., Nadeem M.A., Ton A., Celisiz Y., et al. Characterization and selection of alfalfa cultivars based on agronomic and quality characteristics information from continental climatic conditions of turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2020. Vol. 29. No 1. Pp. 239-250.
4. Каплин В. Г., Володина И. А., Курьянович А. А., Васин В. Г. Динамика состава и численности насекомых на надземных органах люцерны в лесостепи Самарской области. *Энтомологическое обозрение*. 2020. Т. 99. № 3. С. 540-575.
5. Епифанова И. В., Тимошкин О. А. Оценка образцов люцерны в посеве с кострецом безостым в условиях Среднего Поволжья. *Кормопроизводство*. 2023. № 2. С. 38-42.
6. Brinkhaus A. G., Bee G., Silacci P., et al. Effect of exchanging *Onobrychisviciifolia* and *Lotus corniculatus* for *Medicago sativa* on ruminal fermentation and nitrogen turnover in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 99. No 6. Pp. 4384-4397.
7. Ghelichkhan M., Eun J. S., Christensen R. G., et al. Urine volume and nitrogen excretion are altered by feeding birdsfoot trefoil compared with alfalfa in lactating dairy cows // *Journal of Animal Science*. 2018. Vol. 96. No 9. Pp. 3993-4001.
8. Петриченко В. Н., Логинов С. В., Туркина О. С. Применение регуляторов роста растений для уменьшения содержания тяжёлых металлов в сельскохозяйственной продукции. *Аграрная Россия*. 2016. № 12. С. 25-31.
9. Казарина А. В., Марунова Л. К., Атакова Е. А. Изучение перспективных сортов донника белого однолетнего (*Melilotus albus* Medic) в условиях Среднего Поволжья. *Земледелие*. 2022. № 8. С. 39-43.
10. Дзюбенко Н. И., Дук О. В., Малышев Л. Л. и др. Скрининг образцов белого и желтого донника (*Melilotus adans.*) на устойчивость к хлоридному засолению. *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53. № 6. С. 1294-1302.
11. Яковлева М.Т. Биологические препараты на основе ассоциативных бактерий при возделывании люцерны в центральной Якутии. *Кормопроизводство*. 2023. № 1. С. 12-15.
12. Мухина Т. М., Коршунов А. А., Ламмас М. Е. и др. Эффективность регуляторов роста в посевах моркови в условиях Нижнего Поволжья. *Плодородие*. 2022. № 1. С. 14-16.
13. Аютов Р. Отечественные биопрепараты: регуляторы роста и развития растений и гуминовые препараты для современного земледелия. Иркутский ИХ СО РАН. <https://pandia.ru/text/77/497/9216-2.php>.
14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 1. Общая часть. М: ООО «Группа Компаний море», 2019. 384 с.
15. Каталог сортов и гибридов селекции Поволжского НИИСС имени П. Н. Константинова. <http://www.pniiss.ru/202023-1.pdf>
16. Низаева А. А., Володина И. А., Мусин Р. Р. Продуктивность сортов люцерны изменчивой в зависимости от почвенно-климатических условий. *Агрохимический Вестник*. 2021. № 3. С. 31-35.
17. Дронов А. В., Дьяченко В. В., Бельченко С. А. и др. Урожайность люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) в одновидовых и гетерогенных посевах на фоне пролонгированного действия «Борофоски». *Кормопроизводство*. 2023. № 2. С. 3-8.

#### References

1. Borisova E. E. Role in crop rotations of perennial grasses. *Vestnik NGIEI*. 2015. No. 8 (51). Pp. 12-19. [http://vestnik.ngiei.ru/?page\\_id=1348/](http://vestnik.ngiei.ru/?page_id=1348/)
2. Lepkovich I. P., Spiridonov A. M. Prospects for the Use of Meadow Leguminous Plants in the North-West of Russia. *Agrarian Russia*. 2017. № 8. Pp. 7-11.
3. Karakoy T., Nadeem M.A., Ton A., Celisiz Y., et al. Characterization and selection of alfalfa cultivars based on agronomic and quality characteristics information from continental climatic conditions of turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*. 2020. Vol. 29. No 1. Pp. 239-250.
4. Kaplin V. G., Volodina I. A., Kuryanovich A. A., Vasin V. G. Dynamics of Insect Composition and Abundance on Alfalfa Aboveground Organs in the Forest-Steppe of the Samara Region. *Entomological Review*. 2020. V. 99. № 3. Pp. 540-575.
5. Epifanova I. V., Timoshkin O. A. Evaluation of Alfalfa Accessions in Sowing with Awnless Rump in the Middle Volga Region. *Fodder production*. 2023. № 2. Pp. 38-42.
6. Brinkhaus A. G., Bee G., Silacci P., et al. Effect of exchanging *Onobrychisviciifolia* and *Lotus corniculatus* for *Medicago sativa* on ruminal fermentation and nitrogen turnover in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 99. No 6. Pp. 4384-4397.
7. Ghelichkhan M., Eun J. S., Christensen R. G., et al. Urine volume and nitrogen excretion are altered by feeding birdsfoot trefoil compared with alfalfa in lactating dairy cows. *Journal of Animal Science*. 2018. Vol. 96. No 9. Pp. 3993-4001.
8. Petrichenko V. N., Loginov S. V., Turkina O. S. Application of Plant Growth Regulators to Reduce the Content of Heavy Metals in Agricultural Products. *Agrarian Russia*. 2016. № 12. Pp. 25-31.
9. Kazarina A. V., Marunova L. K., Atakova E. A. Study of Promising Varieties of White Annual Sweet Clover (*Melilotus albus* Medic) in the Middle Volga Region. *Agriculture*. 2022. № 8. Pp. 39-43.
10. Dzyubenko N. I., Duk O. V., Malyshev L. L., et al. Screening of samples of white and yellow clover (*Melilotus adans.*) for resistance to chloride salinity. *Agricultural Biology*. 2018. V. 53. № 6. Pp. 1294-1302.
11. Yakovleva M.T. Biological preparations based on associative bacteria in the cultivation of alfalfa in central Yakutia. *Fodder production*. 2023. № 1. Pp. 12-15.
12. Mukhina T. M., Korshunov A. A., Lammas M. E., et al. Efficacy of Growth Regulators in Carrot Crops in the Lower Volga Region. *Fertility*. 2022. № 1. Pp. 14-16.
13. Ayutov R. Otechestvennye biopreparaty: regulators of growth and development of plants and humic preparations for modern agriculture. Irkutsk Institute of Chemical Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. <https://pandia.ru/text/77/497/9216-2.php>.

14. Methodology of State Variety Testing of Agricultural Crops. Issue 1. General part. Moscow: OOO "More Group of Companies". 2019. 384 p.

15. Catalog of varieties and hybrids bred by the Volga NIISS named after P. N. Konstantinov. <http://www.pniiss.ru/202023-1.pdf>

16. Nizaeva A. A., Volodina I. A., Musin R. R. Productivity of Alfalfa Varieties Variable depending on Soil and Climatic Conditions. Agrochemical Bulletin. 2021. № 3. Pp. 31–35.

17. Dronov A. V., Dyachenko V. V., Belchenko S. A., et al. Yield of alfalfa varia (Medicago varia Mart.) in single-species and heterogeneous crops against the background of prolonged action of Borophoska. Fodder production. 2023. № 2. Pp. 3-8.

#### Информация об авторах

**Володина Ирина Александровна**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории интродукции, селекции кормовых и масличных культур «Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова» (Российская Федерация, 446442, Самарская область, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шосейная, д. 76), e-mail: Volodinalrina1980@yandex.ru

**Марунова Людмила Константиновна**, старший научный сотрудник лаборатории интродукции, селекции кормовых и масличных культур «Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова» (Российская Федерация, 446442, Самарская область, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шосейная, д. 76), e-mail: gnu\_pniiss@mail.ru

#### Author's Information

**Volodina Irina Aleksandrovna**, Candidate of Agricultural Sciences, researcher at the Laboratory of Introduction, Selection of Forage and Oilseed Crops, Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Volga Region Research Institute of Selection and Seed Production named after P. N. Konstantinov (Russian Federation, 446442, Samara region, Ust-Kinelsky, Shosseynaya str., 76), e-mail: Volodinalrina1980@yandex.ru

**Marunova Lyudmila Konstantinovna**, senior researcher at the Laboratory of introduction, selection of forage and oilseed crops, Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Volga Region Research Institute of Selection and Seed Production named after P. N. Konstantinov (Russian Federation, 446442, Samara region, Ust-Kinelsky, Shosseynaya str., 76), e-mail: gnu\_pniiss@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-11

### EFFECT OF BIOLOGICAL PREPARATIONS ON PRODUCTIVITY OF SORGHUM CROPS ON LIGHT CHESTNUT SOIL OF KALMYKIA

<sup>1</sup>Evchuk M. V., <sup>2</sup>Petrov N. Y., <sup>1</sup>Batyrev V. A., <sup>1</sup>Dzhirgalova E. A., <sup>1</sup>Khulkhachieva L.  
<sup>1</sup>Bolaev B. K., <sup>1</sup>Arylov Yu. N.

<sup>1</sup>Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov  
Elista, Republic of Kalmykia, Russian Federation

<sup>2</sup>Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: npetrov60@list.ru

Received 11.10.2023

Submitted 13.02.2024

**The article was published as part of the activities of the Consortium for the Sustainable Development of Meat Farming in the Russian Federation, established on the basis of the B. B. Gorodovikov KalmSU**

**Introduction.** Currently, with the development of the agro-industrial potential of Kalmykia, as well as, in general, Russia, it is impossible not to think about the development of a feed base for farm animals. Only the development of advanced agrotechnical techniques will not only make up for the shortage of agricultural products, but also multiply it, while preserving both soil fertility and the ecological balance of the environment. The cultivation of adaptive varieties and hybrids, more highly productive and more resistant to various diseases, is becoming increasingly relevant, but most crops are not fully tested and require further careful study and introduction into production. Sorghum crops have the greatest unpretentiousness and plasticity, are able to withstand extreme abiotic factors and lack of soil moisture, which happens very often in the Southern regions of our country. Under such conditions, sorghum crops have significant advantages over other forage crops and can become a basic crop in the production of feed. **Object.** Ecological testing of four varieties of grain, sugar and herbaceous sorghum was carried out at the Agricultural Faculty of KalmSU. **Materials and methods.** The research was carried out on the study of four varieties of grain, sugar and herbaceous sorghum at the educational and experimental field of KalmSU. The plots had a size: width 0.7 m, length 7 m, area 4.9 m<sup>2</sup> each variant had 4 repetitions without seed treatment and 4 repetitions with seed treatment. Fertilizers were applied in doses of N60P40 and N90P60, the scheme of the experiment also included an option – without fertilizers. The seeding rate for the variants was 0.3 million germinating seeds per 1 ha. To study this issue of the expediency of using biological preparations for the growth and development of sugar sorghum, sorghum seeds were treated 1:30 before sowing. The flow rate of the working solution was 0.02-0.04 l/t. **Results and conclusions.** The conducted analyses have shown that the green mass obtained from sorghum crops has quite good nutritional properties, thanks to the combined use

of nitrogen-phosphorus fertilizers and biostimulants of growth. The content of crude protein in the dry mass without the use of biostimulants in the control ranged from 10.89 – 11.81%. The amount of protein content increased depending on the use of doses of fertilizers N60P60 – 10.95% and N90P90 – 11.09%.

**Keywords:** sorghum crops, sorghum yield, plasticity of sorghum crops, sorghum cultivation conditions.

**Citation.** Evchuk M. V., Petrov N. Yu., Batyrov V. A., Dzhirgalova E. A., Khulkhachieva L., Bolaev B. K., Arylov Yu. N. Effect of Biological Preparations on Productivity of Sorghum Crops on Light Chestnut Soil of Kalmykia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 95-103 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-11.

**Author's contribution.** The authors of this study directly participated 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 to 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 633.17(470.47)

### ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРГОВЫХ КУЛЬТУР НА СВЕТЛО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЕ КАЛМЫКИИ

<sup>1</sup>Евчук М. В., кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент

<sup>2</sup>Петров Н. Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>1</sup>Батыров В. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>1</sup>Джиргалова Е. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>1</sup>Хулхачиева Л., бакалавр

<sup>1</sup>Болаев Б. К., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>1</sup>Арылов Ю. Н., доктор биологических наук, профессор

<sup>1</sup>Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова

г. Элиста, Республика Калмыкия, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

**Статья опубликована в рамках деятельности Консорциума по устойчивому развитию мясного животноводства в Российской Федерации, созданного на базе ФГБОУ ВО «КалмГУ им. Б. Б. Городовикова»**

**Актуальность.** В настоящее время при развитии агропромышленного потенциала Калмыкии, а также в целом России невозможно не думать о развитии кормовой базы для сельскохозяйственных животных. Только развитие передовых агротехнических приемов позволит не только восполнить дефицит сельхозпродукции, но и также преумножить ее, с сохранением, как почвенного плодородия, так и экологического равновесия окружающей среды. Все больше становится актуальным возделывание адаптивных сортов и гибридов, более высокопродуктивных и более устойчивых к различным заболеваниям, но большинство сельскохозяйственных культур не полностью апробировано и требует дальнейшего внимательного изучения и внедрения в производство. Сорговые культуры обладают наибольшей неприхотливостью и пластичностью, способны противостоять экстремальным абиотическим факторам и нехватке почвенной влаги, что бывает очень часто в южных регионах нашей страны. В таких условиях сорговые культуры имеют значительные преимущества перед другими кормовыми культурами и способны стать базисной культурой при производстве кормов.

**Объект.** На аграрном факультете КалмГУ проводились экологическое испытание четырех сортов зернового, сахарного и травянистого сорго. **Материалы и методы.** Исследования проводились по изучению четырех сортов зернового, сахарного и травянистого сорго на учебно-опытном поле «КалмГУ». Делянки имели размер: ширина 0,7 м, длина 7 м, площадь 4,9 м<sup>2</sup>, каждый вариант имел 4-е повторности без обработки семян и 4 повторности с обработкой семян. Вносились удобрения в дозах N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> и N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>, схема опыта включала также вариант – без удобрений. Норма высева по вариантам составила 0,3 млн. всхожих семян на 1 га. Для изучения данного вопроса целесообразности использования биопрепаратов на рост и развитие сахарного сорго до посева произвели обработку семян сорго 1:30. Расход рабочего раствора составил 0,02-0,04 л/т. **Результаты и выводы.** Проведенные анализы показали, что получаемая зеленая масса из сорговых культур обладает достаточно хорошими питательными свойствами, благодаря совместному использованию азотно-фосфорных удобрений и биостимуляторов роста. Содержание сырого протеина в сухой массе без использования биостимуляторов на контроле составило от 10,89-11,81%. Количество содержания протеина возросло в зависимости от использования доз удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> – 10,95% и N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> – 11,09%.

**Ключевые слова:** сорговые культуры, урожайность сорго, пластичность сорговых культур, условия возделывания сорго.

**Цитирование.** Евчук М. В., Петров Н. Ю., Батыров В. А., Джиргалова Е. А., Хулхачиева Л., Болаев Б. К., Арылов Ю. Н. Влияние биопрепаратов на продуктивность сорговых культур на светло-каштановой почве Калмыкии. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 95-103. DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-11.

**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.** Почвенно-климатические условия Республики Калмыкия относятся к зонам с засушливым и острозасушливым климатом [1-5]. Производство и возделывание сельскохозяйственных культур является трудоемкой задачей, требующей рационалистического подхода к каждой в отдельности взятой культуре, так и агротехнологических приемов в целом и в каждом отдельном случае [6-9].

В связи с этим одной из ведущих задач выступает обеспечение стабильного производства кормов, которые отвечают потребностям развития промышленного животноводства и его специализации на будущее [10, 11, 12].

В экстремальных условиях сорговые культуры способны проявлять огромную пластичность и при правильном их возделывании всегда обеспечивать стабильные и высокие урожаи [13, 14]. При возделывании и использовании сорговых культур следует, в основном, знать их главные фенологические характеристики, как технологические, так и физиологические.

Сорго представляет собой пластическую культуру, способную обеспечивать достаточно высокие урожайности зеленой массы и зерна в достаточном размере площадей и их конфигураций. При расположении на единице площади незначительного числа растений сорго активно кустится, образует объемные метелки, и путем этого формируется гарантированный урожай. В том случае когда посевы сильно загущены, кушение значительно снижается, понижается масса зерна с 1 метелки, но значения урожайности не снижаются, так как увеличивается количество продуктивных метелок на единице изучаемой площади.

В научно-исследовательской литературе в последние годы появляется много сведений о высокой активности регуляторов роста и их производных на растения. В частности, существенное обширное распространение получили вещества, которые созданы на базе гуминовых кислот. Достаточно высокая их активность установлена в опытах с большинством сельскохозяйственных культур. Но недостаточное и неполноценное их число и разнообразие экспериментов по разным почвенно-климатическим регионам, различия в методологической постановке опыта, применение в качестве субъектов исследований культур, которые относятся к различным хозяйственно-биологическим группам, это еще не позволяют в полной мере считать задачу биорегуляторов роста растений полностью решенной. Так, в научной литературе до последнего времени практически недостает сведений об отзывчивости зернового, сахарного, травянистого сорго при комплексном использовании биостимуляторов и минеральных удобрений.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в условиях необеспеченной влагой богары с целью выявить особенности метаболизма сорговых культур в условиях центральной зоны Республики Калмыкия.

Ставилась задача изучить влияние биологически активных и антистрессовых препаратов на рост и развитие сорговых культур. На аграрном факультете КалмГУ проводились экологическое испытание четырех сортов зернового, сахарного и травянистого сорго.

Исследования проводились по изучению четырех сортов зернового, сахарного и травянистого сорго на учебно-экспериментальном поле «КалмГУ».

Делянки имели размер: ширина 0,7 м, длина 7 м, площадь 4,9 м<sup>2</sup>. каждый вариант имел 4-е повторности без обработки семян и 4 повторности с обработкой семян. Вносились удобрения в дозах N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> и N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>, схема опыта включала также вариант – без удобрений. Норма высева по вариантам составила 0,3 млн. всхожих семян на 1 га.

Для изучения данного вопроса целесообразности использования биопрепаратов на рост и развитие сахарного сорго до посева произвели обработку семян сорго 1:30. Расход рабочего раствора составил 0,02-0,04 л/т.



По фактору А – изучали условия минерального питания растений сорго по вариантам: без удобрений – контроль, N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>; N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>; N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>.

По фактору В – изучали эффективность стимуляторов роста.

По фактору С – изучали сорта сорговых культур.

Целью наших исследований является сбор данных о развитии посевов сорговых культур в зависимости от почвенно-климатических условий, удобрений и обработки семян биопрепаратами, а так же целесообразность проведения данных мероприятий при возделывании данных сортов в условиях богары. Наблюдения проводили путем постоянного контроля и учета на объекте.

**Результаты и обсуждение.** В наших опытах было установлено, что различные приемы обработки семян биологически активными препаратами по-разному влияют на полевую всхожесть семян сорговых культур. Обработка биопрепаратами увеличивает полевую всхожесть в пределах от 17% до 19%. Из таблицы 1 видно, что сортовая чистота у всех сортов сорго высокая, а вот всхожесть семян колеблется от 82,5% до 94,7%. наименьшая всхожесть семян у сорта Сарваши. Высеванных семян в каждом гнезде было по 5 штук. После определения полевой всхожести, сделали прорывку растений в гнездах, оставив при этом по одному растению в каждом гнезде.

Таблица 1 – Качество семян сорговых культур

Table 1 – Quality of sorghum seeds

| Сорт /<br>Variety    | Сортовая<br>чистота,<br>% /<br>Variety<br>varietal<br>purity, % | Всхо-<br>жесть,<br>% /<br>Germina-<br>tion, % | Масса<br>1000 се-<br>мян, гр /<br>Massa<br>1000 se-<br>myan, gr | Высеяно<br>семян на 1<br>м <sup>2</sup> /шт. /<br>Seeds<br>sown per 1<br>m <sup>2</sup> /pcs. | Взошло<br>шт./ м2 /<br>Ascend-<br>ed pcs. /<br>m <sup>2</sup> | Полевая<br>всхо-<br>жесть, %<br>/ Field<br>germinatio<br>n, % | Обработанные /<br>Processed                                              |                                                         |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                      |                                                                 |                                               |                                                                 |                                                                                               |                                                               |                                                               | взошло<br>шт./ м <sup>2</sup> /<br>Ascend-<br>ed pcs./<br>m <sup>2</sup> | полевая<br>всхожесть,<br>% / Field<br>germination,<br>% |
| С.П.-110<br>S.P.-110 | 99,7                                                            | 91,5                                          | 24,7                                                            | 30                                                                                            | 15                                                            | 50                                                            | 20                                                                       | 67                                                      |
| С.П.-210<br>S.P.-210 | 99,6                                                            | 86,7                                          | 24,6                                                            | 30                                                                                            | 10                                                            | 33                                                            | 12                                                                       | 40                                                      |
| С.П.-215<br>S.P.-215 | 99,5                                                            | 94,7                                          | 24,8                                                            | 30                                                                                            | 14                                                            | 47                                                            | 16                                                                       | 53                                                      |
| Сарваши<br>Sarvashi  | 99,2                                                            | 82,5                                          | 24,1                                                            | 30                                                                                            | 20                                                            | 66                                                            | 22                                                                       | 73                                                      |

\*С.П. – Славянское поле

Таблица 2 – КПД приходящей ФАР в посевах сахарного сорго в зависимости от ростостимуляторов, %

Table 2 – efficiency of incoming far in sugar sorghum crops depending on the growth of stimulants, %

| Фактор В /<br>Factor B | Дата определения / date of determination |           |      |      |             |      |      | За вегетацию<br>for vegetation |
|------------------------|------------------------------------------|-----------|------|------|-------------|------|------|--------------------------------|
|                        | Апрель /<br>April                        | Май / May |      |      | Июнь / June |      |      |                                |
|                        | III                                      | I         | II   | III  | I           | II   | III  |                                |
| К<br>К                 | 0,36                                     | 0,94      | 1,46 | 1,78 | 1,59        | 0,98 | 0,53 | 1,11                           |
| А<br>А                 | 0,44                                     | 1,30      | 2,30 | 3,22 | 2,61        | 1,23 | 0,58 | 1,65                           |
| В<br>В                 | 0,51                                     | 1,90      | 2,51 | 3,61 | 2,73        | 1,40 | 0,60 | 1,91                           |
| С<br>С                 | 0,53                                     | 2,03      | 2,66 | 3,80 | 2,80        | 1,45 | 0,63 | 1,98                           |
| К<br>К                 | 0,33                                     | 0,90      | 1,45 | 1,76 | 1,54        | 0,93 | 0,52 | 1,08                           |
| А<br>А                 | 0,46                                     | 1,29      | 2,28 | 3,18 | 2,63        | 1,20 | 0,55 | 1,62                           |
| В<br>В                 | 0,49                                     | 1,88      | 2,47 | 3,55 | 2,70        | 1,36 | 0,58 | 1,87                           |
| С<br>С                 | 0,51                                     | 2,01      | 2,64 | 3,78 | 2,80        | 1,40 | 0,61 | 1,96                           |

В нашем полевом опыте была поставлена одна из основных задач определения основных изменений фотосинтетических показателей в зависимости от биостимуляторов.

Длительность ассимилирующей рабочей поверхности и её размеры учитывает фотосинтетический потенциал посевов (ФП). Величина суточных приростов органического сухого вещества прямым образом влияет на формирование урожая и определяет чистоту продуктивного фотосинтеза (ЧПФ). Ведущей задачей фотосинтетической продуктивности выступает эффективное применение энергии ФАР. Для этого необходим более рациональный подход к регулированию режимов: светового, теплового, водного и пищевого.

В нашем опыте были изучены основные фотосинтетические показатели посевов по сортам и обработанные биостимуляторами. Полевые результаты опытов показали, что на формирование общей листовой поверхности на светло-каштановой почве в посевах сахарного сорго в значительной мере влияют азотно-фосфорные удобрения. Полученные нами полевые данные в опытах утверждают, что с увеличением, соответственно, ассимилирующей поверхности повышается коэффициент эффективности активной фотосинтетической радиации (таблица 3).

Наблюдается это до конкретного этапа, после того как оканчивается активный прирост и начинают закладываться репродуктивные органы. Полученные материалы в ходе проведения эксперимента доказали, что КПД ФАР у взятых сортов на делянках с использованием стимуляторов были выше, по отношению к контролю. Самый высокий КПД ФАР на контроле наблюдается – 2,46 % на варианте с использованием биостимулятора «Альбит».

Таблица 3 – Фотосинтетические показатели в зависимости от ростостимуляторов  
Table 3 – Photosynthetic parameters depending on growth stimulators

| Фактор В /<br>Factor B                                                  | Наибольшая<br>площадь<br>листьев<br>тыс. м <sup>2</sup> /га /<br>Maximum<br>leaf area<br>thousand m <sup>2</sup> /ha | ФП,<br>млн. м <sup>2</sup> /<br>дней/га /<br>FP,<br>mln. m <sup>2</sup> /<br>days/ha | ЧПФ,<br>г/м <sup>2</sup> /<br>сутки<br>NPF,<br>g/m <sup>2</sup> /<br>day | КПД ФАР,<br>% /<br>efficiency<br>headlights,<br>% | Сухая<br>биомасса,<br>т/га /<br>Dry bio-<br>mass, t/ha | Биомасса,<br>т/га /<br>Biomass, t/ha |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Кущение / Tillering                                                     |                                                                                                                      |                                                                                      |                                                                          |                                                   |                                                        |                                      |
| К<br>К                                                                  | 18,2                                                                                                                 | 0,321                                                                                | 1,28                                                                     | -                                                 | 1,18                                                   | 5,80                                 |
| А<br>А                                                                  | 31,4                                                                                                                 | 0,815                                                                                | 2,15                                                                     | -                                                 | 1,26                                                   | 7,21                                 |
| В<br>В                                                                  | 33,7                                                                                                                 | 0,960                                                                                | 2,18                                                                     | -                                                 | 1,29                                                   | 7,32                                 |
| С<br>С                                                                  | 34,1                                                                                                                 | 0,982                                                                                | 2,27                                                                     | -                                                 | 1,32                                                   | 8,60                                 |
| Трубкавание / Piping                                                    |                                                                                                                      |                                                                                      |                                                                          |                                                   |                                                        |                                      |
| К<br>К                                                                  | 22,4                                                                                                                 | 0,621                                                                                | 1,80                                                                     | -                                                 | 1,48                                                   | 8,77                                 |
| А<br>А                                                                  | 40,6                                                                                                                 | 1,545                                                                                | 2,20                                                                     | -                                                 | 1,79                                                   | 9,15                                 |
| В<br>В                                                                  | 41,9                                                                                                                 | 1,580                                                                                | 2,22                                                                     | -                                                 | 1,84                                                   | 9,22                                 |
| С<br>С                                                                  | 45,3                                                                                                                 | 1,642                                                                                | 2,37                                                                     | -                                                 | 1,95                                                   | 9,64                                 |
| Начало выбрасывания метелки / The beginning of throwing out the panicle |                                                                                                                      |                                                                                      |                                                                          |                                                   |                                                        |                                      |
| К<br>К                                                                  | 29,6                                                                                                                 | 1,221                                                                                | 2,12                                                                     | 1,02                                              | 3,10                                                   | 15,8                                 |
| А<br>А                                                                  | 52,6                                                                                                                 | 1,615                                                                                | 2,24                                                                     | 2,12                                              | 4,36                                                   | 17,2                                 |
| В<br>В                                                                  | 53,5                                                                                                                 | 1,660                                                                                | 2,29                                                                     | 2,20                                              | 4,49                                                   | 17,9                                 |
| С<br>С                                                                  | 64,1                                                                                                                 | 1,952                                                                                | 2,66                                                                     | 2,46                                              | 5,12                                                   | 18,6                                 |

В вариантах с обработанными биостимуляторами семенами сорговых культур происходило заметное увеличение по сравнению с контролем площади листьев практически на всех вариантах.

С применением ростостимуляторов коэффициент эффективности ФАР возрастал в сравнении с контролем практически вдвое и эта величина менялась в зависимости от сортовых особенностей.

Интенсивный рост ассимилирующей поверхности активно происходит до фазы выбрасывания метелки, после начинается медленный рост растений в связи с уменьшением активности действия биостимуляторов.

Продукционная площадь листовой поверхности зависела от значений фотосинтетического потенциала (ФП), который отражал не только объемы, но и интенсивность работы листовой поверхности, а именно её длительность.

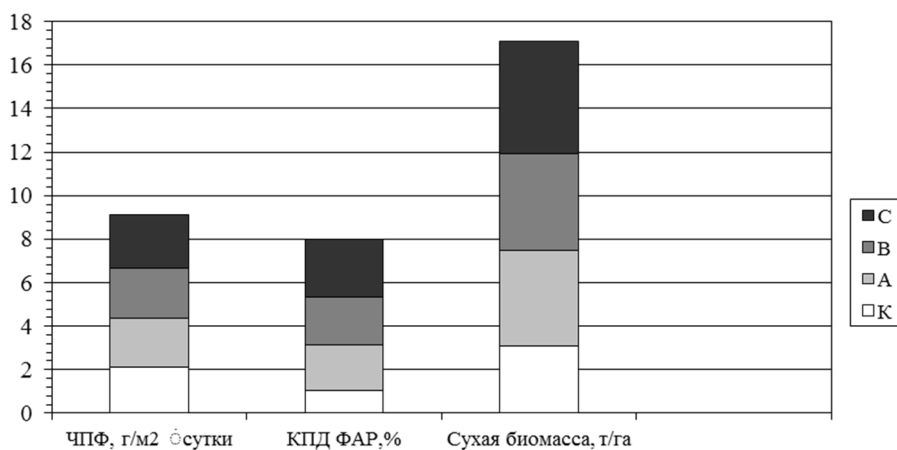


Рисунок 1 – Основные фотосинтетические показатели сорговых культур в зависимости от биостимуляторов

Figure 1 – The main photosynthetic indicators of sorghum crops depending on biostimulators

Величина ЧПФ очень сильно зависит от агрометеорологических условий, а в особенности от радиационных, высокая продуктивность листьев при этом проявляется не только в фазу трубкования, но и в фазу налива зерна. На контроле эти значения составляют от 1,28...2,12 г/м² · сутки, в то время как при ростостимулирующем воздействии она составляет от 2,15...2,66 г/м² · сутки.

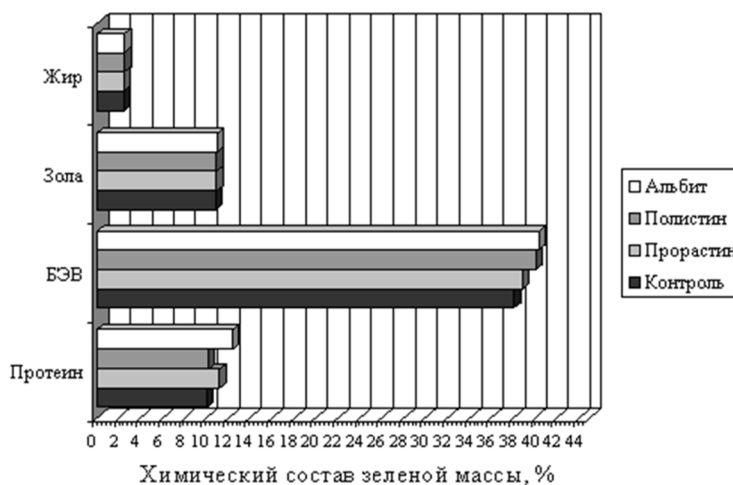


Рисунок 2 – Химический состав зеленой массы, %

Figure 2 – Chemical composition of the green mass, %

Результаты исследований показали, что при возделывании в богарных условиях и в условиях недостаточной увлажненности высоко агроэкономический эффект достигнут только при обработке семян биостимуляторами, который вызывает рост растений даже при температуре 40<sup>0</sup>С и полном отсутствии осадков.

Полевые наблюдения показали, что изменения площади листьев существенно меняются от погодных условий и площади питания. Фотосинтетические показатели менялись существенным образом в зависимости от стимуляторов, самый максимальный был при обработке «Альбитом» и составил – 1952 млн. м<sup>2</sup> ⬤ дней/га, при этом чистая продуктивность фотосинтеза была в пределах от 2,37...2,66 г/м<sup>2</sup> сутки.

Проведенные анализы показали, что получаемая зелёная масса из сорговых культур обладает достаточно хорошими питательными свойствами, благодаря совместному использованию азотно-фосфорных удобрений и биостимуляторов роста. Содержание сырого протеина в сухой массе без использования биостимуляторов на контроле составило от 10,89-1,81%. Количество содержания протеина возрастало в зависимости от использования доз удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> – 10,95% и N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> – 11,09%.

**Заключение.** Анализы выполненной работы показали, что получаемая зелёная масса из сорговых культур обладает достаточно хорошими питательными свойствами, благодаря не только комплексному использованию азотно-фосфорных удобрений, но и биостимуляторов роста. Содержание сырого протеина в сухой массе без использования биостимуляторов роста на контроле составляет от 10,89-11,81%, где его количество возрастает в зависимости от использования азотно-фосфорных удобрений от 10,95-11,09 %.

По результатам полученного химического анализа у сорговых культур содержание сырого протеина было в значительной степени выше на всех вариантах экспериментальных полевых опытов. На контроле без использования биостимуляторов роста содержание сырого протеина в сухой массе составило за весь период проведения опытов в среднем – 10,86%, при внесении N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> – 10,93%, при дозе N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> – 11,06%.

При совместном использовании азотно-фосфорных удобрений и биостимуляторов роста урожайность зеленой массы сорговых культур возрастает максимально при действии биостимулятора «Альбит».

**Conclusions.** Analyses of the work performed have shown that the resulting green mass from sorghum crops has quite good nutritional properties, due not only to the complex use of nitrogen-phosphorus fertilizers, but also to biostimulants of growth. The content of crude protein in dry weight without the use of biostimulants in the control is from 10.89-11.81%, where its amount increases depending on the use of nitrogen-phosphorus fertilizers from 10.95-11.09%.

According to the results of the obtained chemical analysis, the crude protein content of sorghum crops was significantly higher in all variants of experimental field experiments. At the control without the use of growth biostimulants, the content of crude protein in dry weight for the entire period of the experiments averaged 10.86%, with the application of N60P60 – 10.93%, with the dose of N90P90 – 11.06%.

With the combined use of nitrogen-phosphorus fertilizers and biostimulants, the yield of green mass of sorghum crops increases as much as possible under the action of the Albit biostimulant.

#### Библиографический список

1. Гольдварг Б. А., Боктаев М. В. Озимая тритикале и яровой ячмень для кормопроизводства в Республике Калмыкия. Кормопроизводство. 2022. № 5. С. 32-35.
2. Ефремова Е. Н., Тютюма Н. В., Петров Н. Ю. Определение биологической активности и токсичности почвы в посевах сахарного сорго в условиях Астраханской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 143-152.
3. Оконов М. М., Гольдварг Б. А., Унканжинов Г. Д., Адьяев С. Б., Шабанов Р. М. Продуктивность кормовых культур и основные принципы применения удобрений на мелиорируемых землях Калмыкии. Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2022. № 1 (51). С. 12-16.
4. Оконов М. М., Убушаева С. В., Эрмеков Д. Э., Сталбекова К. Д., Аалиева Ж. Ш., Имашев К. А., Арашаев Э. О., Бембеев С. А. Проблемы орошаемого кормопроизводства в республике Калмыкия. Естественные и технические науки. 2022. № 2 (165). С. 146-148.
5. Энеев М. Д., Кушхов А. С. Продуктивность полевых яровых культур и зернового сорго в богарном севообороте в засушливой зоне КБР. Аграрная Россия. 2020. № 12. С. 26-29.
6. Даниленко Ю. П., Панина Л. В., Фомин С. Д., Володин А. Б. Перспектива внедрения инновационных технологий возделывания сорго с целью импортозамещения продуктов в условиях создания корпоративных объединений. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 1 (37). С. 25-29.
7. Гуляева Т. И., Сидоренко О. В. Развитие зернопродуктового подкомплекса в условиях реализации стратегии по импортозамещению сельскохозяйственной продукции и продовольствия. Аграрная Россия. 2016. № 1. С. 30-36.



8. Гусев А. Ю., Цыкин В. В. Проблемы организации инновационно-ориентированного кормопроизводства региона. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2014. № 3 (23). С. 65-69.
9. Турко С. Ю., Рыбашлыкова Л. П. Агрохимическая характеристика светло-каштановых почв тестового полигона "Сорго". Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 180-190.
10. Троц В. Б., Троц Н. М., Бахтияров Т. Х. Химический состав фитомассы сорго, суданской травы и донника белого однолетнего. Аграрная Россия. 2010. № 2. С. 38-40.
11. Барановский А. В., Курдюкова О. Н., Попов А. С. Оценка гибридов зернового сорго на адаптивную способность и экологическую пластичность. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 87-99.
12. Троц В. Б., Троц Н. М., Бахтияров Т. Х. Химический состав фитомассы сорго, суданской травы и донника белого однолетнего. Аграрная Россия. 2010. № 2. С. 38-40.
13. Efremova E. N., Lebed N. I., Averina M. B., Mezhevova A. S., Kolmukidi S. V. Influence of agro-technical reception on agro-physical state of soil and efficiency of cultivation of sugared sorghum in conditions of light-chestnut soil of Volgograd region. Conference on Innovations in Agricultural and Rural Development. 2019. P. 012030.
14. Semichenko E. V., Okonov M. M., Kirichkova I. V. Treatments influence on soil water-physical indicators in nizhneje povolzhje dry-steppe zone conditions. Advances in Science for Agriculture "Achievements of Science for the Agro-Industrial Complex". IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012037.

#### References

1. Goldvarg B. A., Boktaev M. V. Winter triticale and spring barley for forage production in the Republic of Kalmykia. Forage production. 2022. No 5. Pp. 32-35.
2. Efremova E. N., Tyutyuma N. V., Petrov N. Y. Determination of Biological Activity and Toxicity of Soil in Sugar Sorghum Crops in the Astrakhan Region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2022. No 3 (67). Pp. 143-152.
3. Okonov M. M., Goldvarg B. A., Unkanzhinov G. D., Adyaev S. B., Shabanov R. M. Productivity of forage crops and basic principles of fertilizer application on reclaimed lands of Kalmykia. Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. 2022. No 1 (51). Pp. 12-16.
4. Okonov M. M., Ubushaeva S. V., Ermekeov D. E., Stalbekova K. D., Aaliev Zh. Sh., Imashev K. A., Arashaev E. O., Bembeev S. A. Problems of irrigated forage production in the Republic of Kalmykia. Natural and technical sciences. 2022. No 2 (165). Pp. 146-148.
5. Eneev M. D., Kushkhov A. S. Productivity of field spring crops and grain sorghum in the rain-fed crop rotation in the arid zone of the CBD. Agrarian Russia. 2020. No 12. Pp. 26-29.
6. Danilenko Yu. P., Panina L. V., Fomin S. D., Volodin A. B. The prospect of introducing innovative technologies for cultivating sorghum for the purpose of import substitution of products in the context of the creation of corporate associations. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher professional education. 2015. № 1 (37). Pp. 25-29.
7. Gulyaeva T. I., Sidorenko O. V. Development of the grain-product subcomplex in the context of the implementation of the strategy for import substitution of agricultural products and food. Agrarian Russia. 2016. No 1. Pp. 30-36.
8. Gusev A. Yu., Tsykin V. V. Problems of the organization of innovation-oriented forage production in the region. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2014. № 3 (23). Pp. 65-69.
9. Turko S. Yu., Rybashlykova L. P. Agrochemical characteristics of light chestnut soils of the Sorghum test site. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2022. № 1 (65). Pp. 180-190.
10. Trots V. B., Trots N. M., Bakhtiyarov T. H. Chemical composition of phytomass of sorghum, Sudanese grass and annual white clover. Agrarian Russia. 2010. No 2. Pp. 38-40.
11. Baranovsky A. V., Kurdyukova O. N., Popov A. S. Evaluation of grain sorghum hybrids for adaptive ability and ecological plasticity. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2022. № 1 (65). Pp. 87-99.
12. Trots V. B., Trots N. M., Bakhtiyarov T. H. Chemical composition of phytomass of sorghum, Sudanese grass and annual white clover. Agrarian Russia. 2010. No 2. Pp. 38-40.
13. Efremova E. N., Lebed N. I., Averina M. B., Mezhevova A. S., Kolmukidi S. V. Influence of agro-technical reception on agro-physical state of soil and efficiency of cultivation of sugared sorghum in conditions of light-chestnut soil of Volgograd region. Conference on Innovations in Agricultural and Rural Development. 2019. P. 012030.
14. Semichenko E. V., Okonov M. M., Kirichkova I. V. Treatments influence on soil water-physical indicators in nizhneje povolzhje dry-steppe zone conditions. Advances in Science for Agriculture "Achievements of Science for the Agro-Industrial Complex". IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012037.

#### Информация об авторах

**Евчук Максим Викторович**, кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры «Агрономия», ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. А. С. Пушкина, 11, корп. 1А), e-mail: maximus2464@mail.ru

**Петров Николай Юрьевич**, профессор кафедры "Технология переработки и производства пищевых продуктов", доктор сельскохозяйственных наук, Волгоградский государственный аграрный университет (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), e-mail: npetrov60@list.ru

**Батыров Владимир Александрович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой «Агрономия», ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. А. С. Пушкина, 11, корп. 1А), e-mail: vladimir-ba@mail.ru

**Джиргалова Екатерина Алексеевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Агрономия», ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. А. С. Пушкина, 11, корп. 1А), e-mail: dzirgea@mail.ru

**Хулхачиева Любовь**, бакалавр кафедры «Агрономия», ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. А. С. Пушкина, 11, корп. 1А), e-mail: vladimir-ba@mail.ru

**Болаев Баатр Канурович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, и.о. заведующего кафедрой «Биотехнологии и животноводства», ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. А. С. Пушкина, 11, корп. 1А)

**Арылов Юрий Нимеевич**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Биотехнологии и животноводства», ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358000, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. А. С. Пушкина, 11, корп. 1А).

#### Author's Information

**Evchuk Maksim Viktorovich**, Candidate of Agricultural Sciences, Assistant of the Department of "Agronomy" of the Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Republic of Kalmykia, Elista, A. S. Pushkin str., 11, 1A), e-mail: maximus2464@mail.ru

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

**Batyrov Vladimir Aleksandrovich**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Acting Head of the Department of "Agronomy" of the Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Republic of Kalmykia, Elista, A. S. Pushkin str., 11, 1A), e-mail: vladimir-ba@mail.ru

**Dzhirgalova Ekaterina Alekseevna**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of "Agronomy" of the Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Republic of Kalmykia, Elista, A. S. Pushkin str., 11, 1A), e-mail: dzirgea@mail.ru

**Khulkhachieva Lyubov**, Bachelor of the Department of "Agronomy" of the Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Republic of Kalmykia, Elista, A. S. Pushkin str., 11, 1A), e-mail: vladimir-ba@mail.ru

**Boiaev Baatr Kanurovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Acting Head of the Department of "Biotechnology and Animal Husbandry" of the Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Republic of Kalmykia, Elista, A. S. Pushkin str., 11, 1A).

**Arylov Yuri Nimeevich**, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department "Biotechnology and Animal Husbandry" of the Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Russian Federation, 358000, Republic of Kalmykia, Elista, A. S. Pushkin str., 11, 1A).

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-12

## THE USE OF SILIPLANT AS A GROWTH REGULATOR IN POTATO CULTIVATION IN THE ARID ZONE OF THE NORTHERN CASPIAN REGION

<sup>1</sup>Zakharova E. A., <sup>1</sup>Petrov N. Y., <sup>1</sup>Kuznetsova E. A., <sup>2</sup>Petrov Yu. N., <sup>1</sup>Kuznetsova N. V.,  
<sup>1</sup>Gorbacheva Yu. I.

<sup>1</sup>Volgograd State Agrarian University

<sup>2</sup>Federal State Budgetary Institution Federal Scientific Center "Agroecology,  
integrated Land Reclamation and protective afforestation"  
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: npetrov60@list.ru

Received 20.02.2024

Submitted 29.03.2024

*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"*

**Introduction.** An important element in the technology of cultivation of various crops, including potatoes, contributing to the stimulation and stabilization of yield indicators corresponding to meteorological conditions, is the use of growth regulators and micronutrients in chelated form. The updated correction of the dynamics of plant growth and development, as well as the intensification of their adaptive capabilities with the help of growth stimulants and "chelates", which allow achieving high plant productivity, increases the resistance of plants to adverse agro-climatic factors, leads to an increase in the potential yield of crops. **Object.** Potato varieties were studied: Utenok, Ivan da Marya, Arosa. **Materials and methods.** Studies on the use of the drug Siliplant were conducted at an experimental experimental field site in 2021-2023 on the basis of the farm "Zvolinsky O. V." of the Chernoyarsk district of the Astrakhan region according to the well-known method of B. A. Dospekhov (2011). **Results and conclusions.** An analytical analysis of the obtained material showed that the use of an organomineral preparation is quite effective, it contributes to an increase in yield, at the control it was 27.8 t/ha. The double combined use of Siliplant led to an increase in yield equal to 48.9 t/ha, which is 21.1 t/ha more relative to the control yield. Growth regulators in the processing of vegetative plants have shown their effectiveness in potato cultivation technology. In this study, the chelated organomineral drug Siliplant was studied, the effect on crop yield, on the productive work of the leaf surface, as well as photosynthetic potential, promotes the growth and development of tubers.

**Keywords:** potato varieties, fertilizer efficiency, silicon-containing chelated microfertilizer, Siliplant, plant growth regulators.

**Citation.** Zakharov E. A., Petrov N. Yu., Kuznetsova E. A., Petrov Yu. N., Kuznetsova N. V., Gorbacheva Yu. I. The use of Siliplant as a growth regulator in potato cultivation in the arid zone of the Northern Caspian region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 103-108 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-12.

**The author's contribution.** All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

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

УДК 635.21:631.8

## ПРИМЕНЕНИЕ СИЛИПЛАНТА КАК РЕГУЛЯТОРА РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ В АРИДНОЙ ЗОНЕ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

<sup>1</sup>Захарова Е. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>1</sup>Петров Н. Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>1</sup>Кузнецова Е. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>2</sup>Петров Ю. Н., кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

<sup>1</sup>Кузнецова Н. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>1</sup>Горбачева Ю. И., ассистент

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

<sup>2</sup>ФГБНУ Федеральный научный центр «Агроэкологии, комплексных мелиораций  
и защитное лесоразведение»

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.** Важным элементом в технологии возделывания различных сельскохозяйственных культур, в том числе картофеля, способствующим стимуляции и стабилизации показателей урожайности, соответствующим метеорологическим условиям, является использование регуляторов роста и микроудобрений в хелатной форме. Актуализированное корректирование динамики роста и развития растений, а также интенсификация их адаптационных возможностей при помощи стимуляторов роста и «хелатов», позволяющих добиваться высокой производительности растений, увеличивает устойчивость растений к неблагоприятным агроклиматическим факторам, приводит к повышению потенциальной урожайности культуры. **Объект.** Изучались сорта картофеля: Утенок, Иван да Марья, Ароза. **Материалы и методы.** Исследования по применению препарата Силиплант проводились на экспериментальном опытном участке поля в 2021-2023 гг. на базе КФХ «Зволинский О. В.» Черныярского района Астраханской области по общеизвестной методике Б. А. Доспехова (2011). **Результаты и выводы.** Аналитический анализ полученного материала показал, что применение органо-минерального препарата довольно эффективно, это способствует росту урожайности, на контроле она составляла 27,8 т/га. Двойное комбинативное использование Силипланта приводило к росту урожайности равной – 48,9 т/га, что на 21,1 т/га больше относительно контрольной урожайности. Регуляторы роста при обработке вегетирующих растений показали свою эффективность в технологии возделывания картофеля. В данном исследовании изучены хелатный органо-минеральный препарат Силиплант, воздействие на урожайность культуры, на продуктивную работу листовой поверхности, а также фотосинтетического потенциала, способствуют росту и развитию клубней.

**Ключевые слова:** сорта картофеля, эффективность удобрений, кремнийсодержащее хелатное микроудобрение, Силиплант, регуляторы роста растений.

**Цитирование.** Захаров Е. А., Петров Н. Ю., Кузнецова Е. А., Петров Ю. Н., Кузнецова Н. В., Горбачева Ю. И. Применение Силипланта как регулятора роста при возделывании картофеля в аридной зоне Северного Прикаспия. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 103-108. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-12.

**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.** Одним из самых высокопродуктивных и результативных микроудобрений этого направления является кремнийсодержащее хелатное микроудобрение – Силиплант с росторегулирующими, иммуностимулирующими свойствами. Препарат возможно использовать как для предпосевной обработки семян, так и для опрыскивания посевов отдельно от других стимуляторов роста. Биоактивный кремний, калий и комплекс содержа-

щихся микроэлементов способны оказать прямое влияние на свойства биологических мембран и клеточную стенку, способствуя их прочности, устойчивости к неблагоприятным внешним воздействиям среды [2, 9].

В последние годы, в условиях нестабильной экологической ситуации, прямое значение приобретает биологизация земледелия, направленная на получение экологически безопасной продукции.

Наиболее перспективный и возможный путь экологизации производства картофеля – внедрение в технологию возделывания биопрепаратов и регуляторов роста, созданных на основе высокоэффективных штаммов бактерий [4].

Препарат Силиплант способен повышать содержание *ауксинов* и *цитокининов* – тех гормонов, которые способствуют стимуляции ростовых процессов в растении и также Силиплант отличается антистрессовым эффектом.

Кремнийсодержащее удобрение Силиплант направлено на обработку посадочного материала (семян, клубней и т.д.), вегетирующих растений. При обработке клубней картофеля происходит повышение энергии прорастания, всхожести, что способствует появлению более дружных всходов. Опрыскивание по вегетации растений повышает интенсивность фотосинтеза, поступление элементов питания, это направлено на рост урожайности культур, развитие листового аппарата, корневой системы. Кремний, входящий в состав удобрения, стимулирует устойчивость к различным стрессам, повышает механическую стабильность тканей растений, препятствует питанию вредителей, прорастанию спор [1, 10].

Препарат обладает высокой адгезионной способностью, в гидролизе образует пористую пленку, которая благоприятствует фиксации пестицидов на поверхности растения, кремний усиливает поглощение пестицидов, скорость их передачи к источнику действия. Эти значения биоактивного кремния при обработке растений дают возможность уменьшить потери пестицидов, что приводит к созданию предпосылок для снижения нормы расхода без потери биологической эффективности [12].

Также Силиплант обладает высокой адгезией, при гидролитических процессах происходит формирование пористой пленки, которая способна фиксировать пестициды на поверхности растений, содержащийся кремний повышает поглощательную способность пестицидов, а также скорость транспортировки к месту действия, повышает механическую прочность стенок клеток растений, это приводит к замедлению питания вредителей, прорастание спор, это способствует устойчивости растений к стрессам, повышает фотосинтетическую продуктивность, соответственно приводит к росту продуктивности культуры. Силиплант уникален и интересен тем, что в нем содержится кремний в виде мицелл, то есть является источником «биофильного», растворимого кремния, усвоение которого не требует от растений дополнительных энергетических затрат [5, 8].

Силиплант – жидкое универсальное отечественное микроудобрение с высоким содержанием не только кремния (Si – 7%), но и комплексом микроэлементов в доступной для растений «хелатной» форме (K – 1%, Fe-300, Mg-100, Cu-70-240, Zn-80, Mn-1505, Co-15, B-90), действие направлено на рост и развитие растения, а также на питание и обмен веществ. Обработанные растения лучше переносят перепады температур, влажности почвы и воздуха и другие неблагоприятные условия.

Препарат зарегистрирован и рекомендуется к внедрению в технологию выращивания картофеля, можно наблюдать в «Рекомендациях по применению регуляторов роста в технологии выращивания картофеля» (Казань 2012 г.). Его применение, вместе с фунгицидами, а также отдельно, способно уменьшить поражаемость культуры основными разновидностями патогенов. Комбинированное использование Престижа с Силиплантом приводит к увеличению урожайности, по сравнению с однокомпонентной обработкой фунгицидом [7, 10].

**Материалы и методы.** Исследования по применению препарата Силиплант проводились на экспериментальном опытном участке поля в 2021-2023 гг. на базе КФХ «Зволинский О. В.» Черныярского района Астраханской области по общеизвестной методике Б. А. Доспехова (2011) на сортовых образцах картофеля Утенок, Иван-да-Марья, Ароза с целью повышения значений урожайности, стимуляции ростовых процессов, а также уменьшения пестицидной нагрузки. Исследования были проведены согласно положениям методических



рекомендаций, принятым в овощеводстве. Агротехнические мероприятия возделывания культуры были проведены по общепринятым рекомендациям для условий аридной зоны Северного Прикаспия. Климатические условия в годы исследований наблюдались умеренные, согласно зональному расположению региона, благоприятные для возникновения очагов развития фитофтороза.

Результаты проведенного эксперимента отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Эффективность применения препарата Силиплант в посадках картофеля (среднее за 2021-2023 гг.)

Table 1 – Productivity of leaves in potato plantings when applying leaf fertilizing (average data for 2021-2023)

| № п/п                                      | Вариант / Option                                         | Площадь листьев (ПЛ), тыс. м <sup>2</sup> /га / Leaf area | Фотосинтетический потенциал (ФП), млн. м <sup>2</sup> , сут./га / Photosynthetic potential | Продуктивность работы листьев (ПРЛ), кг/1000 ед. ФП / Productivity of the leaves |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Сорт Утенок / Variety Utenok               |                                                          |                                                           |                                                                                            |                                                                                  |
| 1                                          | Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers) | 22,5                                                      | 1,69                                                                                       | 13,04                                                                            |
| 2                                          | Силиплант (1,0 л/га) / Siliplant (1.0 l/ha)              | 30,7                                                      | 2,51                                                                                       | 17,23                                                                            |
| Сорт Иван да Марья / Variety Ivan da Marya |                                                          |                                                           |                                                                                            |                                                                                  |
| 3                                          | Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers) | 24,2                                                      | 1,75                                                                                       | 13,16                                                                            |
| 4                                          | Силиплант (1,0 л/га) / Siliplant (1.0 l/ha)              | 28,1                                                      | 2,32                                                                                       | 17,12                                                                            |
| Сорт Ароза / Variety Arosa                 |                                                          |                                                           |                                                                                            |                                                                                  |
| 5                                          | Контроль (без удобрений) / Control (without fertilizers) | 23,4                                                      | 1,78                                                                                       | 13,17                                                                            |
| 6                                          | Силиплант (1,0 л/га) / Siliplant (1.0 l/ha)              | 30,2                                                      | 2,43                                                                                       | 17,24                                                                            |

При использовании хелатного удобрения Силиплант относительно контроля (без удобрений), просматривалась положительная динамика в приросте площади листьев, увеличении продуктивности работы листовой поверхности. Фотосинтетический потенциал листового аппарата картофеля сортов Утенок, Иван да Марья и Ароза находился в прямой зависимости от накопления жизнеобеспечивающих питательных элементов, в связи с чем наблюдалась нарастание биомассы, а этой прямой путь к увеличению продуктивности. Фоном вносились минеральные удобрения – N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>. Дозировка рассчитана согласно зональным рекомендациям исследуемого региона.

Весь период возделывания картофеля изучаемых сортов сопровождался двукратной обработкой по вегетирующим растениям в фазе 5 листьев и в фазе бутонизации в заданной последовательности. Также проводились оросительные мероприятия капельным орошением в количестве 19 поливов заданной оросительной нормой расхода воды 2760 м<sup>3</sup>/га.

В результате использования Силипланта наблюдалось увеличение формирования ассимилирующей поверхности листового аппарата на 26%.

Аналитическим способом контроля полученных данных установлено, что применение органоминерального препарата эффективно, оно способствует увеличению урожайности, на контроле она составляла от 22,5 (Утенок) до 24,2 (Иван да Марья) т/га.

Двойное комбинативное применения Силипланта позволило сформировать урожайность равную 30,7 т/га (Утенок), что на 5,5 т/га больше относительно контрольной урожайности.

**Заключение.** Минеральные удобрения в качестве регуляторов роста при обработке вегетирующих растений показали свою эффективность в технологии возделывания картофеля. В данном исследовании изучен хелатный органоминеральный препарат Силиплант, воздействие на урожайность культуры, на продуктивную работу листовой поверхности, а также фотосинтетического потенциала, способствует росту и развитию клубней.

**Conclusions.** Leaf fertilizing of vegetative potato plants with micro-fertilizers in an easily digestible, accessible chelated form stimulates the productive work of the leaf apparatus, providing a high yield of tubers and an increase in potato yield.

Growing potatoes in a wide-row way with a row spacing of 0.9 m, in a row between tubers from 0.32 to 0.35 m, contributes to obtaining products as early as possible – in the third decade of June and in the first decade of July.

Thus, the yield of potato varieties in the conditions of the Lower Volga region zone depended on climatic conditions, water regime. For the best adaptation of potato plants to climatic conditions, early potato planting should be carried out at the earliest possible time (at a soil temperature of +4 ... +8°C to a depth of 0.04 ... 0.06 m) and taking into account the use of zoned (included in the State Register), promising adapted varieties – Duckling, Ivan da Marya and Arosa.

#### Библиографический список

1. Амелюшкина Т. А. Эффективность применения различных доз удобрений и биологически активного вещества АгроСтимул на раннем картофеле. Аграрная Россия. 2020. № 9. С. 22-25.
2. Басиев С. С., Лазаров Т. К., Гаплаев М. С., Гериева Ф. Т., Шишхаев И. Ю. Достижения селекции картофеля на Центральном Кавказе. Серия конференций ИОР: Науки о Земле и окружающей среде. Издательство ИОП, 2021. № 659 (1). С. 012085.
3. Гуляева Г. В., Киселева Н. Н., Байрамбеков Ш. Б. Влияние некорневых подкормок растений картофеля на урожайность и качество клубней. Картофелеводство. Современные технологии производства, хранения и переработки картофеля: материалы конференции. 2017. С. 194-197.
4. Мелихов В. В., Василюк Д. И. Возделывание картофеля на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья при различных способах орошения. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1. С. 190-198.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: ИД «Альянс», 2011. 352 с.
6. Левин В. И., Петрухин А. С., Антипкина Л. А. Сортовая реакция картофеля на воздействие регуляторов роста. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2016. № 4 (32). С. 19-23.
7. Шабанов А. Э., Киселев А. И., Федотова Л. С. Параметры потенциальной урожайности сортов картофеля селекционного центра ВНИИКС. Земледелие. 2018. № 5. С. 34-36.
8. Пшеченков К. А., Смирнов А. В. Оптимизация технологии подготовки почвы и способа внесения минеральных удобрений под картофель. Достижения науки и техники АПК. 2016. № 3. С. 30-32.
9. Дубенюк Н. Н., Болотин Д. А., Фомин С. Д., Болотин А. Г. Отзывчивость различных сортов картофеля на водный режим светло-каштановых почв Нижнего Поволжья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4. С. 22-29.
10. Гиченкова О. Г., Лаптина Ю. А., Куликова Н. А., Псарёва А. П. Оценка продуктивности и качества перспективных сортов картофеля отечественной селекции в условиях Волгоградской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. №1. С. 111-122.
11. Петриченко В. Н., Николаев Г. И. Химический состав столового картофеля в зависимости от внекорневых обработок регуляторами роста растений и гуминовыми удобрениями. Аграрная Россия. 2012. № 4. С. 41-43.
12. Лукьянова О. В., Вавилова Н. В., Виноградов Д. В. и др. Роль биологически активных препаратов в повышении продуктивности агрокультур. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2021. № 1 (49). С. 30-39.
13. Тулинов А. Г., Шлык М. Ю., Лобанов А. Ю. и др. Фолиарная обработка картофеля пектиновыми полисахаридами. Аграрная Россия. 2017. № 10. С. 3-6.
14. Щегорец О. В. Системный кризис амурского картофелеводства и пути его преодоления. Дальневосточный аграрный вестник. 2022. № 2 (62). С. 65-75.
15. Гиченкова О. Г., Родин К. А., Новиков А. А., Лаптина Ю. А., Куликова Н. А. Эколого-географическая оценка сортов картофеля отечественной селекции на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья. Мелиорация и гидротехника. 2022. № 1. С. 34-48.
16. Abazov A., Abidov Kh., Basiev S., Nazranov Kh. Breeding of early ripening potato varieties under the conditions of the Kabardino-Balkarian foothill zone. E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2021. V. 262. P. 01034.
17. Kim I. V., Chibizova A. S., Shischenko E. V., Fisenko P. V., Chekushkina T. N., Barsukova E. N., Volkov D. I., Klykov A. G. Methods of biotechnology in the improvement of promising potato hybrids (*Solanum tuberosum* L.). Research on Crops. 2021. V. 22. № S. Pp. 96-99.

#### References

1. Amelyushkina T. A. Efficacy of Using Different Doses of Fertilizers and Biologically Active Substances of AgroStimul on early potatoes. Agrarian Russia. 2020. No 9. Pp. 22-25.
2. Basiev S. S., Lazarov T. K., Gaplaev M. S., Gerieva F. T., Shishkhaev I. Y. Achievements of potato breeding in the Central Caucasus. The IOP conversion series: Information about the earth and the environment. IOP Publishing House, 2021. No. 659 (1). P. 012085.
3. Gulyaeva G. V., Kiseleva N. N., Bayrambekov Sh. B. The influence of non-root top dressing of potato plants on the yield and quality of tubers. Potato growing. Modern technologies of potato production, storage and processing: mat. Scientific- practical conf. 2017. Pp. 194-197.

4. Melikhov V. V., Vasilyuk D. I. Potato cultivation on light chestnut soils of the Lower Volga region with various irrigation methods. Proceedings of Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: science and higher professional education. 2022. No 1. Pp. 190-198.
5. Dospekhov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alliance Publishing House, 2011. 352 p.
6. Levin V. I., Petrukhin A. S., Antipkina L. A. Varietal reaction of potatoes to the effects of growth regulators. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2016. No 4 (32). Pp. 19-23.
7. Shabanov A. E., Kiselyov A. I., Fedotova L. S. Parameters of the potential yield of potato varieties of the VNIKH breeding center. Agriculture. 2018. No 5. Pp. 34-36.
8. Pshechenkov K. A., Smirnov A. V. Optimization of soil preparation technology and method of applying mineral fertilizers for potatoes. Achievements of science and technology of the agroindustrial complex. 2016. No 3. Pp. 30-32.
9. Dubenyuk N. N., Bolotin D. A., Fomin S. D., Bolotin A. G. Responsiveness of various potato varieties to the water regime of light chestnut soils of the Lower Volga region. Proceedings of Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education. 2018. No 4. Pp. 22-29.
10. Gichenkova O. G., Laptina Yu. A., Kulikova N. A., Psareva A. P. Evaluation of productivity and quality of promising potato varieties of domestic breeding in the conditions of the Volgograd region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: science and higher professional education. 2022. No 1. Pp. 111-122.
11. Petrichenko V. N., Nikolaev G. I. Chemical composition of table potatoes depending on foliar treatments with plant growth regulators and humic fertilizers. Agrarian Russia. 2012. No 4. Pp. 41-43.
12. Lukyanova O. V., Vavilova N. V., Vinogradov D. V., et al. The role of biologically active drugs in increasing the productivity of agricultural crops. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2021. No 1 (49). Pp. 30-39.
13. Tulinov A. G., Shlyk M. Y., Lobanov A. Y., et al. Foliar processing of potatoes with pectin polysaccharides. Agrarian Russia. 2017. No 10. Pp. 3-6.
14. Shchegorets O. V. Systemic crisis of Amur potato growing and ways to overcome it. Far Eastern Agrarian Bulletin. 2022. No 2 (62). Pp. 65-75.
15. Gichenkova O. G., Rodin K. A., Novikov A. A., Laptina Yu. A., Kulikova N. A. Ecological and geographical assessment of potato varieties of domestic breeding on light chestnut soils of the Lower Volga region. Land reclamation and hydraulic engineering. 2022. No 1. Pp. 34-48.
16. Abazov A., Abidov H., Basiev S., Nazranov H. Breeding of precocious potato varieties in the conditions of the foothill zone of Kabardino-Balkaria. E3S Web conference. EDP Sciences, 2021. V. 262. P. 01034.
17. Kim I. V., Chibizova A. S., Shishchenko E. V., Fisenko P. V., Chekushkina T. N., Barsukova E. N., Volkov D. I., Klykov A. G. Methods of biotechnology in improving promising potato hybrids (*Solanum tuberosum* L.). Research of agricultural crops. 2021. Vol. 22. No S. Pp. 96-99.

## Информация об авторах

**Захарова Екатерина Александровна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Инновационные технологии в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, ИПКА (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: 0000-0001-9646-9417, e-mail: zaharova.e.a@volgau.com

**Петров Николай Юрьевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Технология перерабатывающих и пищевых производств», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: npetrov60@list.ru

**Кузнецова Елена Андреевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой: «Технология перерабатывающих и пищевых производств», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26)

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

**Кузнецова Надежда Владимировна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Мелиорация земель и КИВР», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: nvkuznetsova@mail.ru

**Горбачева Юлия Ивановна**, ассистент кафедры «Инновационные технологии в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, ИПКА (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.).

## Author's Information

**Zakharova Ekaterina Aleksandrovna**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of «Innovative Technologies in Agriculture», Volgograd state agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: 0000-0001-9646-9417, e-mail: zaharova.e.a@volgau.com

**Petrov Nikolay Yuryevich**, Doctor of Agricultural Sciences, professor of the Department «Technology of storage and processing of agricultural raw materials and public catering», Volgograd state agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26).

**Kuznetsova Elena Andreevna**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department: "Technology of processing and food production" Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26).

**Petrov Yuri Nikolaevich**, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher at the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy ave., 97).

**Kuznetsova Nadezhda Vladimirovna**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Land Reclamation and Agricultural Development of the Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: nvkuznetsova@mail.ru

**Gorbacheva Yulia Ivanovna**, Assistant of the Department of Innovative Technologies in Agriculture, Volgograd State Agrarian University IPKA (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26).

**PROMISING VARIETY OF SPRING BARLEY LEKAR 3****Kamaleev R. D., Grechishkina O. S.***Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences  
Orenburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: kamaleevramil79@yandex.ru

Received 02.10.2023

Submitted 27.02.2024

*The research work was carried out in accordance with the topic of the state task No. FNWZ – 2022 – 0015***Summary**

The article presents an economic and biological assessment of a promising variety of spring barley Lekar 3.

**Abstract**

**Introduction.** The problem of increasing grain production of both food and feed value is the most important task in ensuring the country's food security. Barley is the main grain crop. In solving this problem, along with improving the agrotechnics of its cultivation, the breeding of new varieties that are maximally adapted to local conditions plays an important role. **Object.** Spring barley. **Materials and methods.** Breeding of spring barley in the Orenburg region is carried out on a site located in the central zone of the region. The soil is ordinary chernozem, medium-sized, clay and heavy loamy. The humus content is 4.2-6.0%. 385 mm of precipitation falls per year, 152 mm in May-August. The sum of temperatures above 10°C is 2560°C. Breeding nurseries are placed according to the predecessor – black steam. Agricultural cultivation techniques recommended for this zone. The main method of work was the classical method of stepwise hybridization followed by directed individual selection. The crosses involve mainly their local material, as well as samples from the world collection of the N.I. Vavilov Institute of Plant Genetic Resources. After the reproduction of the resulting hybrids, the breeding process proceeds according to the classical scheme. **Results and conclusions.** Recently, a new variety of spring barley Lekar 3 has been transferred to the state variety testing, which in the competitive test of the 2nd year exceeds the standard variety Natalie in yield and grain type. The new variety, in comparison with the standard, reduces the cost of 1 ton of grain by 410 rubles, increases the profit from 1 ha by 2025 rubles, and increases the level of profitability by 16%.

**Keywords:** *spring barley, selection of spring barley, varieties of spring barley, yield of spring barley.***Citation.** Kamaleev R. D., Grechishkina O. S. Promising variety of spring barley Lekar 3. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 109-115 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-13.**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 633.16 :631.526.32

**ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СОРТ ЯРОВОГО ЯЧМЕНИ ЛЕКАРЬ 3****Камалеев Р. Д., кандидат сельскохозяйственных наук  
Гречишкина О. С., кандидат сельскохозяйственных наук***ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН  
г. Оренбург, Российская Федерация***Исследовательская работа выполнена согласно теме государственного задания  
№ FNWZ – 2022 – 0015**

**Актуальность.** Проблема увеличения производства зерна как продовольственного, так и кормового значения является важнейшей задачей в обеспечении продовольственной безопасности страны. В решении этой проблемы наряду с улучшением агротехники его возделывания немаловажную роль играет выведение новых сортов, максимально адаптированных к местным условиям. **Объект** Яровой ячмень **Материалы и методы.** Селекция ярового ячменя в Оренбургской области ведется на участке, расположенном в центральной зоне региона. Почва – чернозём обыкновенный, среднесиловый, глинистый и тяжелосуглинистый. Содержание гумуса 4,2-6,0%. За год выпадает 385 мм осадков, за май-август – 152 мм. Сумма температур выше 10°C составляет 2560°C. Селекционные питомники размещаются по предшественнику черный пар. Агротехника возделывания рекомендованная для данной зоны. Основным методом работы являлся классический метод ступенчатой гибридизации с последующим направленным индивидуальным отбором. В скрещивания вовлекают в основном свой местный материал, а также образцы из мировой коллекции института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова. После размножения полученных гибридов селекционный процесс идет по классической схеме. **Результаты и обсуждение.** В последнее время на государственное сортоиспытание передан новый сорт ярового ячменя Лекарь 3, который в конкурсном ис-



питании 2-го года по урожайности и натуре зерна превосходит стандартный сорт Натали. Новый сорт, по сравнению со стандартом, снижает себестоимость 1 тонны зерна на 410 рублей, увеличивает прибыль с 1 га на 2025 рублей, а уровень рентабельности повышает на 16%.

**Ключевые слова:** яровой ячмень, селекция ярового ячменя, сорта ярового ячменя, урожайность ярового ячменя.

**Цитирование.** Камалеев Р. Д., Гречишкина О. С. Перспективный сорт ярового ячменя Лекарь 3. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 109-115. DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-13.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Ячмень является культурой разнонаправленного использования. Зерно ячменя – незаменимое сырье для солодовой и пивоваренной промышленности. Он служит ценным концентратом в кормлении животных и птицы, идет на выработку крупы и других пищевых продуктов [1-4].

Посевные площади ячменя в мире составляют более 90 млн. га. По валовым сборам зерна он занимает четвертое место в мире после пшеницы, риса и кукурузы, по урожайности – третье, уступая только кукурузе и рису [5]. Обладая высокой адаптационной способностью, география его распространения огромна. В нашей стране его посевы распространены от Заполярья до южных районов [2]. В 2020-2021 гг. площади под этой культурой в России составили 7,4-7,8 млн. га, что составляет примерно 20% зернового клина [6]. Валовые сборы зерна ячменя в России, особенно ярового, в основном коррелируют с посевными площадями ( $r=0,77-0,91$ ), значение продуктивности культуры ниже ( $r=0,38-0,43$ ). Лидирующие место по сбору зерна ячменя принадлежит Приволжскому и Центральному федеральным округам РФ [7].

В Оренбургской области эта культура возделывается преимущественно на кормовые цели, так как хорошее пивоваренное сырье получить трудно из-за часто повторяющихся засух, приводящих к накоплению белка в зерне. В области в 2021-2022 гг. он занимал 379-388 тыс. га пашни.

В увеличении производства зерна и улучшении его качества немаловажную роль играет использование новых сортов, поэтому в дальнейшем нарастить производство зерна ячменя экономически целесообразно путем выведения высокоурожайных сортов, устойчивых к различным абиотическим и биотическим стресс-факторам, а также путем совершенствования приемов его возделывания [8].

Цель нашей работы – выведение сортов ярового ячменя, адаптированных к различным видам засух, устойчивых к полеганию, осыпанию, болезням и вредителям и в то же время обладающих высокой потенциальной продуктивностью.

**Материал и методы.** Селекционная работа по яровому ячменю проводится в ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН на участке, расположенном в поселке Чебеньки Оренбургского района Оренбургской области, расположенном в центральной зоне области на водоразделе рек Урала и Сакмары. Почва – чернозём обыкновенный, среднесиловой, содержание гумуса 4,2-6,0 %. Механический состав глинистый и тяжелосуглинистый. Содержание подвижного фосфора – низкое и среднее. Обеспеченность калием – повышенная.

Годовое количество осадков 385 мм осадков, выпадающих за май-август, 152 мм. Температура самого теплого месяца (июль) – (+20,8°C), самого холодного (январь) – (-15,6°C),  $\sum t > 10^\circ\text{C} = 2560$ , индекс континентальности климата – 213 (очень континентальный) [9].

За 1972-2021 гг. острая засуха наблюдалась 20 лет, засуха средней степени – 15 лет, относительно благоприятными были 15 лет [10].

Размещение селекционных участков проводится по черному пару. Агротехника состоит из осенней вспашки, весенне-летних культиваций пара (в количестве 4-5-ти), в год посева, закрытия влаги и предпосевной культивации. Посев селекционных питомников проводят сеялками СКС-6-10, ССФК-7, посев размножаемых сортов при передаче на государственное испытание проводят сеялкой СН-16. При необходимости обрабатывают посевы инсектицидами в фазу молочной спелости зерна против вредителей. Уборку проводят комбайном САМПО-130.

Основным методом работы являлся классический метод ступенчатой гибридизации с последующим направленным индивидуальным отбором. В скрещивания вовлекают в основном свой местный материал: это перспективные номера конкурсного испытания 2-го года, но-

мера, находящиеся в селекционном питомнике оригинальных семян. Также в гибридизацию после изучения по важнейшим селекционным признакам вовлекают образцы из мировой коллекции института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова. Образцы из мировой коллекции стараются скрестить с местными формами. Для увеличения периода гибридизации и получения большего количества гибридных комбинаций мы проводим второй срок сева в гибридном питомнике. Ежегодно получаем 50-70 комбинаций. Затем полученные гибриды размножаются, а отбор начинаем с четвертого и пятого поколений.

В дальнейшем все идет по классической схеме:

1) селекционный питомник первого года (СП-1), повторность однократная, учетная площадь делянки – 0,38 м<sup>2</sup>, ежегодный объем прорабатываемого материала 16000-18000 номеров;

2) селекционный питомник 2-го года (СП-2), повторность однократная, учетная площадь делянки – 3,5 м<sup>2</sup>, ежегодный объем прорабатываемого материала 700-1000 номеров;

3) контрольный питомник (КП), повторность однократная, учетная площадь делянки – 8,5 м<sup>2</sup>, ежегодный объем прорабатываемого материала 500-600 номеров;

4) питомник конкурсного испытания первого года (КСИ-1), повторность трехкратная, размещение вариантов систематическое, учетная площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>, ежегодный объем прорабатываемого материала 135 номеров;

5) питомник конкурсного испытания 2-го года (КСИ-2), повторность трехкратная, размещение вариантов систематическое, учетная площадь делянки – 16 м<sup>2</sup>, ежегодный объем прорабатываемого материала 90 номеров.

В течение всего периода вегетации ячменя проводят фенологические наблюдения и учеты (учет повреждения вредителями, болезнями и др.) [11, 12]. Проводим математическую обработку урожайности номеров ячменя, полученных в конкурсном испытании 1-го и 2-го годов (по Минькач Т. В.) [13]. В конкурсном испытании 2-го года также определяем качественные показатели зерна.

В период проведения конкурсного испытания (КСИ-2), 2019 и 2020 гг. оказались в целом засушливыми на протяжении всего периода вегетации ячменя (таблица 1). ГТК за вегетационный период ячменя составил в 2019 г. – 0,39 ед., в 2020 г – 0,43-0,44 ед. 2022 год был благоприятным для роста и развития культуры, ГТК за период вегетации был равен 1,48-1,57 ед, причем хорошая влагообеспеченность в этом году была уже на начальных этапах развития культуры.

Таблица 1 – Погодные условия в годы проведения конкурсного испытания, Чебенковский АМП

Table 1 – Weather conditions during the years of the competitive test, Chebenkovsky AMP

| Метеозлементы /<br>Meteorological elements                                            | Месяц / Month |                |                |                    | Сумма осадков за<br>май-август,мм /<br>Amount of precipi-<br>tation in May-<br>August, mm |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|----------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                       | Май /<br>May  | Июнь /<br>June | Июль /<br>July | Август /<br>August |                                                                                           |
| 2019 год                                                                              |               |                |                |                    |                                                                                           |
| Осадки, мм / Precipitation, mm                                                        | 10,9          | 26,8           | 38,4           | 26,0               | 102,1                                                                                     |
| Среднесуточная температура, t°C / Average daily temperature, t°C                      | 17,8          | 21,5           | 22,3           | 18,8               |                                                                                           |
| ГТК за вегетационный период ячменя, ед. / SHC for the growing season of barley, units | 0,39          |                |                |                    |                                                                                           |
| 2020 год                                                                              |               |                |                |                    |                                                                                           |
| Осадки, мм / Precipitation, mm                                                        | 43,2          | 18,3           | 24,4           | 35,7               | 121,6                                                                                     |
| Среднесуточная температура, t°C / Average daily temperature, t°C                      | 15,6          | 19,1           | 24,1           | 20,1               |                                                                                           |
| ГТК за вегетационный период ячменя, ед. / SHC for the growing season of barley, units | 0,43-0,44     |                |                |                    |                                                                                           |
| 2022 год                                                                              |               |                |                |                    |                                                                                           |
| Осадки, мм / Precipitation, mm                                                        | 130,1         | 21,4           | 97             | 0,6                | 249,1                                                                                     |
| Среднесуточная температура, t°C / Average daily temperature, t°C                      | 12,1          | 19,1           | 22,2           | 23,6               |                                                                                           |
| ГТК за вегетационный период ячменя, ед. / SHC for the growing season of barley, units | 1,48-1,57     |                |                |                    |                                                                                           |

**Результаты и обсуждение.** В результате длительной (на создание сорта уходит 10-12 лет) и сложной работы появляются новые сорта. За всю историю селекции ярового ячменя в Оренбуржье (она была начата в 1937 году) на государственное сортоиспытание было передано 25 сортов, прошедших испытание и рекомендованных в производство, 16 сортов, из которых одним из авторов 15 сортов является Тишков Николай Иванович. В 1972 г он впервые в Оренбургской области посеял 170 сортообразцов ячменя из коллекции ВИР для их изучения и отбора по основным селекционным признакам [10].

По состоянию на 1 января 2022 года по яровому ячменю в Оренбургской области в районирование включены следующие сорта нашей селекции: Анна, Губернаторский, Лида, Лекарь, Миар, Натали, Оренбургский совместный, Первоцелинник, Т 12 и Чебенёк. Из них в федеральный список ценных по качеству сортов внесены сорта: Анна, Натали, Миар, Т 12, Оренбургский совместный, Лида, а также Оренбургский 11.

В области сортами нашей селекции в 2021-2022 гг. засеивалось 219...224 тыс. га пашни (58 % от площади посева культуры в регионе).

Оренбургские ячмени получают широкое распространение также и на полях соседних регионов – Татарстане и Башкортостане [10].

При налаженной селекционной работе процесс выведения новых сортов непрерывен. За 2019, 2020, 2022 гг. в конкурсном испытании 2-го года выделился новый номер (Нутанс 406/16). В 2022 году этот номер под названием Лекарь 3 передан на государственное сортоиспытание. Он получен путем индивидуального отбора из гибридной популяции пятого поколения, полученной от скрещивания (Линия 289/01×Субмедикум 305/01).

Сорт Лекарь 3 относится к разновидности нутанс. Колос двурядный с крупным зерном и длинными остями средней грубости, слаборасходящиеся (рисунок 1). Колос слегка суживающийся к вершине, длиной 7-9 см., рыхлый. Зерно эллиптической формы. Колос, зерно и ости имеют желтую окраску. Колосковая чешуя узкая, ланцетовидная, гладкая. Цветковая чешуя слабоморщинистая, с четко выраженной нервацией. Переход цветочной чешуи в ость постепенный. Основная щетинка зерна длинная, среднеопушенная. Стебель прочный. Куст полупрямостоячий. Новый сорт формирует растения высотой 52-62 см. Устойчивость к полеганию и осыпанию высокая. Засухоустойчивость 5 баллов.



Рисунок 1 – Перспективный сорт ярового ячменя Лекарь 3  
Figure 1 – A promising variety of spring barley Lekar 3

Сорт Лекарь 3 степного экотипа, раннеспелый, созревает в одно время со стандартным сортом Натали. Вегетационный период составляет 68-72 дня.

Основные хозяйственные и биологические признаки нового сорта представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Хозяйственная и биологическая характеристика сорта «Лекарь 3» в сравнении с сортом Натали (по данным конкурсного испытания).

Table 2 – Economic and biological characteristics of the «Lekar 3» variety in comparison with the Natalie variety (according to the competitive test).

| Показатели / Indicators                                                | Годы / Years | Лекарь 3 / Lekar 3 |                   | Натали / Natalie   |                   |
|------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
|                                                                        |              | по годам / by year | Среднее / average | по годам / by year | Среднее / average |
| Вегетационный период, дней / Vegetation period, days                   | 2019         | 71                 | 70                | 71                 | 70                |
|                                                                        | 2020         | 68                 |                   | 67                 |                   |
|                                                                        | 2022         | 72                 |                   | 73                 |                   |
| Высота растений, см / Plant height, cm                                 | 2019         | 53                 | 56                | 58                 | 60                |
|                                                                        | 2020         | 52                 |                   | 53                 |                   |
|                                                                        | 2022         | 62                 |                   | 68                 |                   |
| Выход зерна, % / Grain yield, %                                        | 2019         | 25,9               | 30,0              | 23,9               | 26,2              |
|                                                                        | 2020         | 29,4               |                   | 20,8               |                   |
|                                                                        | 2022         | 34,8               |                   | 33,9               |                   |
| Натура зерна, г/л. / Grain by nature, g/l.                             | 2019         | 658                | 669               | 645                | 656               |
|                                                                        | 2020         | 660                |                   | 650                |                   |
|                                                                        | 2022         | 688                |                   | 674                |                   |
| Пленчатость, % / Grain Captivity, %                                    | 2019         | 8,6                | 9,7               | 8,8                | 9,9               |
|                                                                        | 2020         | 9,8                |                   | 10,1               |                   |
|                                                                        | 2022         | 10,6               |                   | 10,8               |                   |
| Содержание сырого протеина, % / Crude protein content, %               | 2019         | 12,2               | 11,9              | 11,1               | 12,0              |
|                                                                        | 2020         | 13,6               |                   | 13,8               |                   |
|                                                                        | 2022         | 9,9                |                   | 11,0               |                   |
| Степень засухоустойчивости, балл / Degree of drought resistance, score | 2019         | 5                  | 5                 | 5                  | 4,7               |
|                                                                        | 2020         | 5                  |                   | 4                  |                   |
|                                                                        | 2022         | 5                  |                   | 5                  |                   |

Натура зерна у нового сорта больше, чем у стандарта, на 10-14 граммов на литр. Следует отметить, что оба сорта формируют высоконатурное зерно. Содержание сырого протеина в среднем за три года у сравниваемых сортов было одинаковым.

Во все годы конкурсного испытания урожайность нового сорта Лекарь 3 превышала урожайность стандарта (сорт Натали) (рисунок 2).

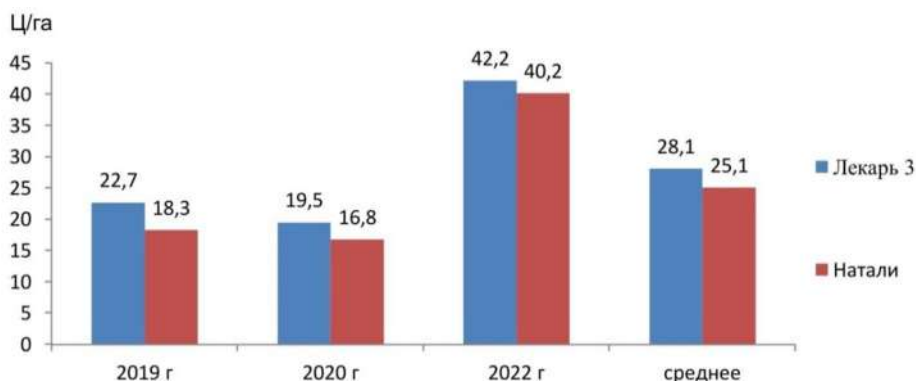


Рисунок 2 – Урожайность сорта Лекарь 3 в сравнении со стандартом – сорт Натали за годы конкурсного испытания

Figure 2 – The yield of the Lekar 3 variety in comparison with the standard is the Natalie variety over the years of competitive testing

Прибавка урожайности варьировала от 2,0 до 4,4 ц/га. В среднем за три года разница составила + 3,0 ц/га. Ввиду того что отбор селекционного материала часто ведем на фоне недостаточного увлажнения, мы получаем сорта более адаптированные к засухе. Поэтому наибольшая величина прибавки урожайности зерна сорта Лекарь 3 получена в засушливые годы: 2019 г – 4,4 ц/га и 2020 г – 2,7 ц/га.



Анализ структурных элементов урожайности показал, что прибавка по отношению к стандарту получена за счет более крупного зерна и большего количества зерен в колосе (таблица 3).

Таблица 3 – Структурные элементы урожайности нового сорта Лекарь 3 и стандарта Натали

Table 3 – Structural elements of the yield of the new variety Lekar 3 and the Natalie standard

| Показатели / Indicators                                      | Годы / Years | Лекарь 3 / Lekar 3 |                   | Натали / Natalie   |                   |
|--------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
|                                                              |              | по годам / by year | Среднее / average | по годам / by year | Среднее / average |
| Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g               | 2019         | 47,4               | 48,3              | 40,6               | 43,7              |
|                                                              | 2020         | 42,4               |                   | 38,1               |                   |
|                                                              | 2022         | 54,9               |                   | 52,4               |                   |
| Число зерен в колосе, шт. / Number of grains in an ear, pcs. | 2019         | 17                 | 17,3              | 15                 | 15,7              |
|                                                              | 2020         | 17                 |                   | 15                 |                   |
|                                                              | 2022         | 18                 |                   | 17                 |                   |

Наряду с продуктивностью немаловажными в оценке нового сорта являются экономические параметры. Мы провели расчет экономической эффективности по средней продуктивности (за три года) в ценах 2022 года (таблица 4). Норма выработки, расхода топлива и оплата труда на полевых работах брались из экономического отдела федерального центра.

Таблица 4 – Экономическая эффективность сорта Лекарь 3 по сравнению со стандартом (сорт Натали)

Table 4 – The economic efficiency of the Lekar 3 variety compared to the standard (Natalie variety)

| Показатели                                                          | Лекарь 3 / Lekar 3 | Натали (st.) / Natalie | Разница (+ / -) / Difference (+ / -) |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------------------------|
| Урожайность, ц/га / Yield, hwt/ha                                   | 28,1               | 25,1                   | + 3,0                                |
| Стоимость продукции с 1 га, руб. / Cost of production per 1 ha, RUB | 21075,0            | 18825,0                | + 2250,0                             |
| Затраты на 1 га, руб. / Costs per 1 ha, RUB                         | 11761,1            | 11536,5                | + 224,6                              |
| Себестоимость 1 тонны зерна, руб. / Cost of 1 ton of grain, RUB     | 4185,4             | 4596,2                 | - 410,8                              |
| Прибыль с 1 га, руб. / Profit from 1 ha, RUB                        | 9313,9             | 7288,5                 | + 2025,4                             |
| Уровень рентабельности, % / Profitability level, %                  | 79,2               | 63,2                   | + 16,0                               |

Из таблицы видно, что себестоимость одной тонны нового сорта снизилась на 410,8 рублей, прибыль с 1 га увеличилась более чем на 2000 рублей, что отразилось на уровне рентабельности – она увеличилась на 16 абсолютных процента.

**Выводы.** Намечившиеся подходы и направления в селекции ячменя за длительный период работы в Оренбуржье оказались правильными, на это указывает перечень сортов, допущенных в производство. Хозяйственно-биологические и экономические параметры нового сорта Лекарь 3 подтверждают, что эффективная селекция ярового ячменя в местных условиях продолжается до сих пор и, возможно, в будущем линейка сортов нашей селекции, включенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ, пополнится еще одним сортом.

**Conclusions.** The outlined approaches and directions in the selection of barley for a long period of work in the Orenburg region turned out to be correct, this is indicated by the list of varieties admitted to production. The economic, biological and economic parameters of the new variety Lekar 3 confirm that the effective selection of spring barley in local conditions continues to this day and perhaps in the future the line of varieties of our selection included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation will be replenished with another variety.

#### Библиографический список

1. Антонов С. М., Игнатъева Г. В., Сатарина З. Е. Селекция ячменя во Владимирском НИИСХ. Владимирский земледелец. 2010. № 3 (53.). С. 34-36.
2. Дубровская Н. Н. Влияние факторов погоды на урожайность сортов ячменя иностранной селекции. The scientific heritage. 2020. № 57. С. 3-4.

3. Ильин А. В. Селекция ярового ячменя на Краснокутской селекционно-опытной станции: монография. Саратов: ГНУ НИИСХ Юго-Востока Россельхозакадемии, ЭБС IPRbooks, 2011. 173 с.
4. Ерошенко Л. М., Ерошенко А. Н., Ромахин М. М., Ерошенко Н. А. Эффективность селекции ярового ячменя в Нечерноземье. Селекция, семеноводство и генетика. 2016. № 6 (12). С. 39- 41.
5. Аниськов Н. И., Поползухин П. В. Яровой ячмень в Западной Сибири (селекция, семеноводство, сорта): монография. Омск: ООО «Вариант-Омск», 2010. 388 с.
6. Зеленев А. В., Питоня В. Н., Сухарева Е. П., Беликина А. В. Селекция ярового ячменя в Нижнем Поволжье. Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 3 (67). С. 61-71.
7. Баталова Г. А. Зернофуражные культуры России. Труды по прикладной ботанике, генетики и селекции. Санкт-Петербург: ВИР, 2013. Т. 171. С. 131-135.
8. Кузнецова Т. Е., Левштанов С. А., Серкин Н. В., Несеренко В. В., Веретельникова Н. А., Останина Т. В. Методы и результаты селекции ярового ячменя на Кубани. Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 12. С. 20-22.
9. Тихонов В. Е., Кондрашова О. А., Неверов А. А. Агроклиматические ресурсы степного Предуралья: изменчивость и прогнозирование. Оренбургский НИИСХ. Оренбург: ООО «Агенство»Пресса», 2013. 324 с.
10. Зоров А. А., Тишков Н. И., Тишков Д. Н., Тимошенкова Т. А. Селекция ярового ячменя в Оренбуржье. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6 (92). С. 65-73.
11. Федин А. М., Роговский Ю. А., Исаева Л. В., Уханова О. И., Тришкин С. А., Кабалкина Н. А., Жеребной И. Г., Шишков П. С., Кикава Л. Д., Горпинченко Т. В., Демкин П. П. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. 2019. Вып. 1. 384 с.
12. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб.: ВИР, 2012. 63 с.
13. Минькач Т. В. Основы научных исследований в селекции и растениеводстве. Практикум. Благовещенск: Изд-во Дальневосточного государственного аграрного университета, 2019. 88 с.

#### References

1. Antonov S. M., Ignatieva G. V., Satarina Z. E. Selection of barley in the Vladimir Research Institute. Vladimir farmer. 2010. No 3 (53.). Pp. 34-36.
2. Dubrovskaya N. N. The influence of weather factors on the yield of barley varieties of foreign selection. The scientific heritage. 2020. No. 57. Pp. 3-4.
3. Ilyin A. V. Breeding of spring barley at the Krasnokutsk breeding and experimental station: monograph. Saratov: GNU Research Institute of the South-East of the Russian Agricultural Academy: EBS IPRbooks, 2011. 173 p.
4. Eroshenko L. M., Eroshenko A. N., Romakhin M. M., Eroshenko N. A. Efficiency of spring barley breeding in the Non-Chernozem region. Breeding, seed production and genetics. 2016. No 6 (12). Pp. 39- 41.
5. Aniskov N. I., Popolzukhin P. V. Spring barley in Western Siberia (breeding, seed production, varieties): monograph. Omsk: "Variant-Omsk", 2010. 388 p.
6. Zelenev A. V., Pitonya V. N., Sukhareva E. P., Belikina A. V. Breeding of spring barley in the Lower Volga region. News of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex. 2022. No 3 (67). Pp. 61-71.
7. Batalova G. A. Grain forage crops of Russia. Works on Applied Botany, genetics and breeding. Saint Petersburg: VIR, 2013. Vol. 171. Pp. 131-135.
8. Kuznetsova T. E., Levshatanov S. A., Serkin N. V., Neserenko V. V., Veretelnikova N. A., Ostanina T. V. Methods and results of spring barley breeding in the Kuban. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2015. Vol. 29. No 12. Pp. 20-22.
9. Tikhonov V. E., Kondrashova O. A., Neverov A. A. Agro-climatic resources of the steppe Urals: variability and forecasting. Orenburg Research Institute. Orenburg: LLC "Agency" The press", 2013. 324 p.
10. Zorov A. A., Tishkov N. I., Tishkov D. N., Timoshenkova T. A. Breeding of spring barley in Orenburg region. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2021. No 6 (92). Pp. 65-73.
11. Fedin A. M., Rogovsky Yu. A., Isaeva L. V., Ukhanova O. I., Trishkin S. A., Kabalkina N. A., Zherebnoy I. G., Shishkov P. S., Kikava L. D., Gorpichenko T. V., Demkin P. P. Methods of state variety testing of agricultural crops. 2019. I. 1. 384 p.
12. Methodological guidelines for the study and preservation of the world collection of barley and oats. St. Petersburg: VIR, 2012. 63 p.
13. Minkach T. V. Fundamentals of scientific research in breeding and crop production. Workshop Blagoveshchensk Publishing House of the Far Eastern State Agricultural University, 2019. 88 p.

#### Информация об авторах

**Камалеев Рамиль Дамирович**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции проса посевного отдела селекции и семеноводства зерновых культур ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29), e-mail: kamaleevramil79@yandex.ru

**Гречишкина Ольга Сергеевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции ярового ячменя отдела селекции и семеноводства зерновых культур ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29), e-mail: fncbc2022@mail.ru

#### Author's Information

**Kamaleev Ramil Damirovich**, Candidate of Agricultural Sciences, head of the Millet breeding laboratory of the Seed Breeding and Seed Production Department of grain Crops of the Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, 9 January str., 29), e-mail: kamaleevramil79@yandex.ru

**Grechishkina Olga Sergeevna**, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory of breeding of spring barley of the Department of breeding and seed production of grain crops of the Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, 9 January str., 29), e-mail: fncbc2022@mail.ru

## GEOINFORMATION ANALYSIS OF THE RELIEF OF THE SARPINSKY LAKES CATCHMENT AREA

<sup>1</sup>Kochkar M. M., <sup>1</sup>Vorobieva O. M., <sup>1</sup>Vdovenko A.V., <sup>2</sup>Generalova N. M.

<sup>1</sup>Volgograd State Agrarian University

<sup>2</sup>Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation  
of the Russian Academy of Sciences  
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: mmk\_7@mail.ru

Received 11.01.2024

Submitted 06.03.2024

### Summary

The calculated characteristics of the relief of the Sarpinsky Lakes make it possible to establish the likelihood of land degradation from the effects of water erosion for planning and carrying out anti-erosion protection of agricultural landscapes.

### Abstract

**Introduction.** The high proportion of agricultural landscapes and the active manifestation of degradation processes actualize the need to assess the landscape and ecological conditions of agricultural lands in the northern part of the Ergeninsky upland. Relief is the most important factor influencing erosion-hydrological processes, soil losses, and productivity of agrocenoses. The assessment of relief indicators with pronounced landscape heterogeneity of the region will contribute to the planning and design of sustainable erosively safe agroforestry landscapes and the preservation of soil fertility of agricultural lands. **Object.** The object of research is the catchment basin of the Sarpinsky Lakes. **Materials and methods.** Within the boundaries of the northern part of the Ergeninsky upland, the Sarpinsky Lakes catchment area of 214.3 thousand hectares, occupying 25% of the research region territory was allocated. The novelty of the study was the use of geoinformation mapping of the relief based on photogrammetric analysis of catchment areas satellite images. To study the geomorphological characteristics of the territory, Landsat 8, 9 satellite survey data and SRTM 3 data were used. **Results and conclusions.** The catchment basin of the Sarpinsky Lakes does not have significant permanent watercourses. The average steepness of the slopes is 1.40°, the maximum angles reach 12°. Territories with a height range from 60 to 80 m occupy about 19% of the catchment area, 80-100 m – 22%, 100-120 m – 27%. About 70% of the catchment area has a slope steepness of up to 1°, surfaces with a steepness of 1-2° occupy 23.2% of the area, 2-30° – about 5%. The northern exposure slopes occupy 42.4% of the catchment area, the southern – 25.4%, the eastern – 23.9%, and the western – 8.3%. An assessment of the economic development of these lands is given. An assessment of the economic development of these lands is given. Electronic thematic maps of elevations, slope angles and slope exposures allowing for design work on forest reclamation of agricultural landscapes have been developed. The use of remote sensing data and geoinformation technologies makes it possible to assess the current state of components and to carry out thematic mapping. As a result, the efficiency of planning and designing sustainable and productive agroforestry landscapes and anti-erosion forest reclamation of catchment areas increases.

**Keywords:** agroforestry, watersheds, geographic information systems, watershed relief.

**Citation.** Kochkar M. M., Vorobieva O. M., Vdovenko A. V., Generalova N. M. Geoinformation analysis of the relief of the Sarpinsky lakes Catchment area. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 116-125 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-14.

**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 630.232.22

## ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА ВОДОСБОРА САРПИНСКИХ ОЗЕР

<sup>1</sup>Кочкар М. М., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>1</sup>Воробьева О. М., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>1</sup>Вдовенко А. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>2</sup>Генералова Н. М., соискатель

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

<sup>2</sup>ФНЦ агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Резюме.** Расчетные характеристики рельефа Сарпинских озер позволяют установить вероятность деградации земель от воздействия водной эрозии для планирования и проведения противоэрозионной защиты агроландшафтов.

**Актуальность.** Высокая доля агроландшафтов и активное проявление процессов деградации актуализирует необходимость оценки ландшафтно-экологических условий сельскохозяйственных земель северной части Ергенинской возвышенности. Рельеф – важнейший фактор, влияющий на эрозионно-гидрологические процессы, почвенные потери, продуктивность агроценозов. Оценка показателей рельефа при выраженной ландшафтной неоднородности региона будет способствовать планированию и проектированию устойчивых эрозионно безопасных агролесоландшафтов, сохранению почвенного плодородия сельскохозяйственных земель. **Объект.** Объектом исследований является водосборный бассейн Сарпинских озер. **Материалы и методы.** В границах северной части Ергенинской возвышенности был выделен водосбор Сарпинских озер площадью 214,3 тыс. га, занимающий 25% территории региона исследований. Новизна исследования заключалась в применении методики геоинформационного картографирования рельефа на основе фотограмметрического анализа космоснимков водосборов. Для исследования геоморфологических характеристик территории были применены данные съемки спутником Landsat 8, 9 и данные SRTM 3. **Результаты и выводы.** Водосбор бассейна Сарпинских озер не имеет значимых постоянных водотоков. Средняя крутизна склонов составляет  $1,4^0$ , максимальные углы достигают  $12^0$ . Территории с диапазоном высот от 60 до 80 м занимают около 19% площади водосбора, 80-100 м – 22%, 100-120 м – 27%. Около 70% территории водосбора имеет крутизну склонов до  $1^0$ , поверхности с крутизной  $1-2^0$  занимают 23,2% площади,  $2-3^0$  – около 5%. Склоны северной экспозиции занимают 42,4% территории водосбора, южной – 25,4%, восточной – 23,9%, западной – 8,3%. Дана оценка хозяйственного освоения данных земель. Разработаны электронные тематические карты высотных отметок, углов наклона и экспозиции склонов, позволяющие осуществлять проектные работы по лесомелиорации агроландшафтов. Использование данных дистанционного зондирования и геоинформационных технологий дает возможность проводить оценку текущего состояния компонентов, осуществлять тематическое картографирование. В результате повышается эффективность проведения работ по планированию и проектированию устойчивых и продуктивных агролесоландшафтов, противозерозионному лесомелиоративному обустройству водосборов.

**Ключевые слова:** агролесоландшафты, водосборы, геоинформационные системы, рельеф водосборов.

**Цитирование.** Кочкарь М. М., Воробьева О. М., Вдовенко А. В., Генералова Н. М. Геоинформационный анализ рельефа водосбора Сарпинских озер. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 116-125. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-14.

**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.** Северная часть Ергенинской возвышенности, в границах Волгоградской области, традиционно используется для производства сельскохозяйственной продукции, в виде полевых и пастбищных угодий. Неблагоприятные проявления природных факторов в сочетании с неадаптированной агрохозяйственной деятельностью, отсутствием почвозащитной организации и учета ландшафтно-экологических особенностей территории, в частности рельефа, приводит к развитию процессов деградации сельскохозяйственных земель. Как следствие возрастают риски проявления катастрофических необратимых последствий (развития линейных форм эрозии, выдувание верхнего плодородного слоя почвы и др.) [1, 2, 3]. Проявление процессов деградации отмечается в 27 регионах Российской Федерации, суммарная площадь деградированных земель превышает 100 млн. га [4].

Северная часть Ергенинской возвышенности – это морфологическое продолжение Приволжской возвышенности в междуречье Волги и Дона, она вытянута в меридиональном направлении с севера на юг. Общая площадь региона 850,1 тыс. га. Рельеф возвышенности равнинный, представленный преимущественно субгоризонтальными поверхностями с крутизной менее  $2^0$  [5]. Расчлененность территории овражно-балочной сетью в среднем равна  $0,76 \text{ км/км}^2$ .

Сельскохозяйственное использование земель доходит до 80% от общей площади. В структуре земельных ресурсов пашня занимает 54%. Крайне низки показатели естественной и искусственной лесистости, менее 2,5%. Существующие на сегодняшний день защитные лесонасаждения не образуют законченных систем, в полной мере не выполняют мелиоративные и почвозащитные функции. Их доля в агроландшафтах существенно ниже рекомендованных нормативных показателей для сухостепной зоны [6]. Текущее состояние лесонасаждений в целом характеризуется как неудовлетворительное.



Для северной части Ергенинской возвышенности одной из основных форм опустынивания сельскохозяйственных ландшафтов является эрозия почв, где интенсивность почвенных потерь во многом зависит от характеристик рельефа местности. Современные методы исследований, в том числе геоинформационный анализ водосборов, позволяют провести оценку рельефа и текущих процессов деградации в агроландшафтах [7, 8, 9].

Цель исследований заключалась в оценке потенциальной эрозионной опасности на основе анализа геоморфологических характеристик территории исследований, показателей крутизны и экспозиции склонов с разработкой соответствующих тематических карт.

**Материалы и методы.** Объектом исследований являлся водосборный бассейн Сарпинских озер.

Территория водосбора Сарпинских озер (рисунок 1) расположена в восточной части Ергенинской возвышенности.

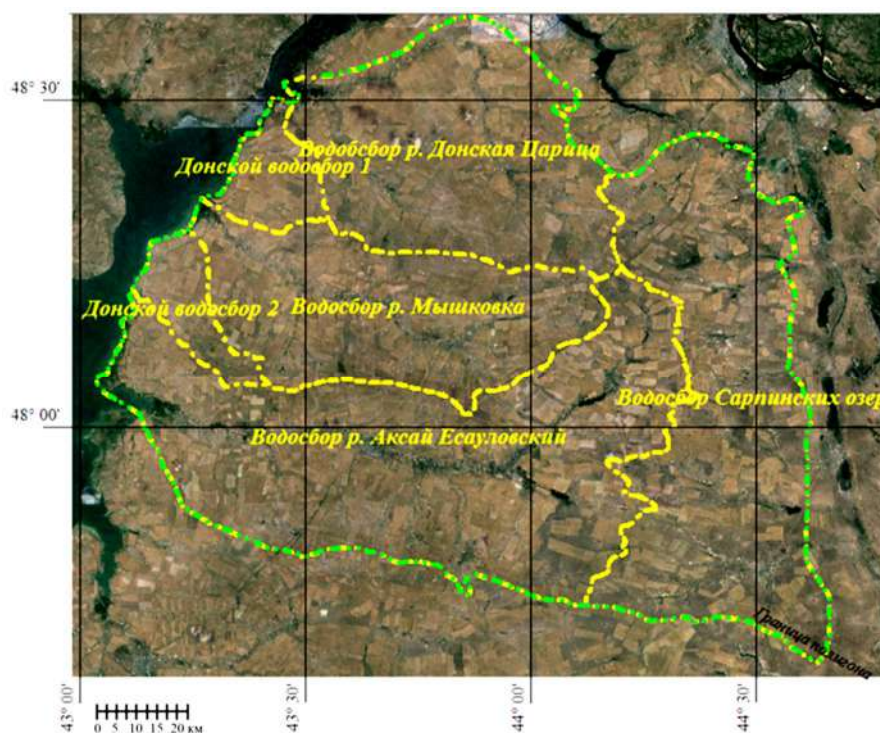


Рисунок 1 – Космокарта водосбора Сарпинских озер в восточной части Ергенинской возвышенности  
Figure 1 – A space map of the Sarpinsky Lakes catchment area in the eastern part of the Ergeninsky upland

Водосбор Сарпинских озер в восточной части Ергенинской возвышенности является волжским водосбором, вторым по площади в северной части Ергенинской возвышенности. Географически данный водосбор расположен между 48°27' и 47°42' с. ш. Протяженность водосбора в направлении с севера на юг 82,5 км, максимальная ширина – 41,4 км.

Методика определения геоморфологических характеристик основана на использовании цифровых моделей рельефа (ЦМР) и ГИС-технологий для создания векторных карт контуров водосборов на основе космоснимков [10, 11].

На основе ЦМР разрабатываются тематические карты крутизны, уклонов склонов и изолинейные карты рельефа [12].

Картографические программы, находящиеся в свободном доступе, например QGIS, имеют инструменты анализа пространственных данных, что обеспечивает разработку картографических моделей. Тематическое картографирование с использованием инструмента создания изолиний позволяет провести дискретное отображение данных о рельефе территории исследований с созданием карт крутизны, уклонов и экспозиции склонов.

Методика анализа рельефа заключается в следующем:

- по цифровой модели рельефа выделяются линии основных водоразделов выбранного водосбора;

- по топографической карте и космокарте уточняются линии водоразделов;
- строится граница изучаемого основного водосбора;
- в границах водосбора строится карта водосборов низших порядков для уточнения пространственной локализации и расчлененности;
- выделяются контуры водосборов низших порядков, и производится расчет характеристик водосбора, их статистическая обработка;
- по цифровой модели рельефа строится изолинейная карта высот и уточняется по топографической карте и космокарте инструментом редактирования изолиний;
- разрабатывается ЦМР с метрическими координатами для возможности построения производных карт;
- на основе ЦМР разрабатывается карта крутизны склонов, карта уклонов, карта экспозиции склонов;
- проводится анализ рельефа по линии профиля в выбранном направлении, рекомендуется поперечный профиль от водораздела через тальвег до водораздела;
- рассчитываются характеристики профиля с определением формы, углов наклона и уклона склонов и их статистических параметров;
- по ЦМР строится трехмерная модель рельефа.

**Результаты и их обсуждение.** При проведении геоинформационного анализа рельефа водосбора были построены линии 215 водотоков, суммарная протяженность которых составила 897,2 км. Оценивались водотоки длиной по тальвегу не менее 250 м и глубиной понижения не менее 1 м от общего уровня местности. Пространственные характеристики рельефа водосборного бассейна Сарпинских озер приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Пространственные характеристики рельефа водосбора Сарпинских озер  
Table 1 – Spatial characteristics of the relief of the Sarpinsky Lakes catchment area

| Площадь,<br>Га / Area, ha | Ср. высота, м /<br>Average height, m | Мин. высота, м /<br>Min. Height, m | Макс. высота, м /<br>Max. Height, m | Станд. откл.<br>высот, м /<br>Standard. Elevation deviation, m | Макс. крутизна<br>склона, °<br>[уклон, %] /<br>Max. Slope steepness, °<br>[slope, %] | Ср. крутизна<br>склона, °<br>[уклон, %] / Average slope steepness, °<br>[slope, %] | Ст. откл.<br>крутизны, ° /<br>Standard deviation of steepness, |
|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 214292                    | 89,9                                 | 8                                  | 162                                 | 29,12                                                          | 11,92 [21,11]                                                                        | 1,39 [2,43]                                                                        | 1,05                                                           |

Водосборный бассейн Сарпинских озер занимает площадь 214,3 тыс. га. К особенностям территории относится отсутствие постоянных водотоков. Суходольно-балочная сеть, как правило, не разделена на самостоятельные водосборы. При этом значение крутизны склонов, в среднем  $1,39^{\circ}$ , самое высокое из всех крупных водосборов северной части Ергенинской возвышенности.

При изучении орографических особенностей водосборного бассейна Сарпинских озер и анализа рельефа были построены гипсометрические профили высот в направлениях с запада на восток и с севера на юг. Профиль рельефа "запад-восток" водосбора показан на рисунке 2.

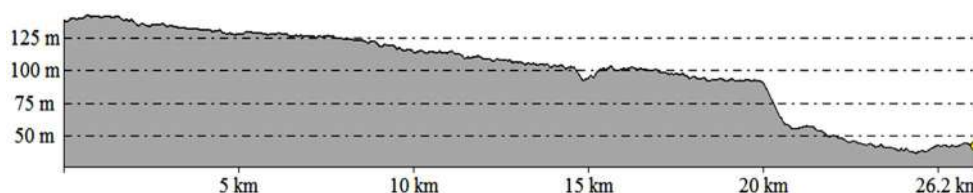


Рисунок 2 – Профиль рельефа в направлении запад-восток  
Figure 2 – Relief profile in the west-east direction

Типичный для изучаемого водосборного бассейна профиль протяженностью 26,2 км в основном проходит по водораздельным и приводораздельным участкам, с перепадом высот 98,2 м. Анализ профиля указывает на незначительный средний угол наклона склона  $0,22^{\circ}$ , при максимальной крутизне  $4,53^{\circ}$ . Восточная часть склона по рассматриваемому профилю заканчивается относительно резким понижением высоты рельефа с 91 до 63 м, при протяженности 1,1 км.

Профиль рельефа водосбора Сарпинских озер в направлении с севера на юг представлен на рисунке 3.

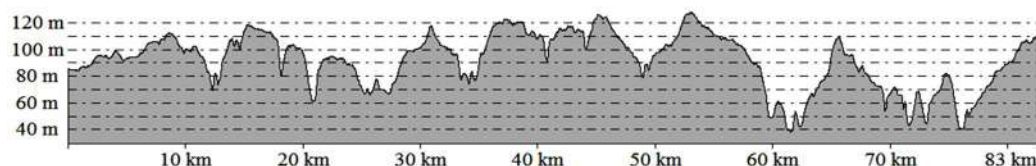


Рисунок 3 – Профиль рельефа в направлении север – юг  
Figure 3 – Relief profile in the north-south direction

На гипсометрическом профиле, построенном в направлении север – юг протяженностью 82,5 км и перепадом высот 24,2 м, средняя крутизна склонов составила  $0,02^{\circ}$ , максимальный угол наклона склона  $10,34^{\circ}$ . Отметим наличие на профиле 25 значимых врезов, при средней длине наклонных поверхностей в направлении от водоразделов до тальвегов равной 3,3 км.

Анализ рельефа исследуемого водосборного бассейна по профилям с эрозионной расчлененностью территории  $0,43 \text{ км/км}^2$  выявил преобладание поверхностей с крутизной уклонами до  $1^{\circ}$ . Между тем отсутствие почвозащитной организации территории и законченных систем защитных лесонасаждений делают агроландшафты водосборного бассейна Сарпинских озер уязвимыми для проявления процессов эрозии и дефляции почв. Пахотные склоны нуждаются в противоэрозионном лесомелиоративном обустройстве с учетом выявленных показателей рельефа.

Для формирования информационно-картографического обеспечения планируемых агролесомелиоративных работ на территории исследований разработаны тематические карты рельефа, крутизны и экспозиции склонов.

Высотные отметки местности, в частности превышение между водораздельными линиями и тальвегами конкретного водосбора, определяют базис эрозии и потенциальную опасность проявления эрозионных процессов. Изолинейная карта высот территории водосбора Сарпинских озер представлена на рисунке 4.

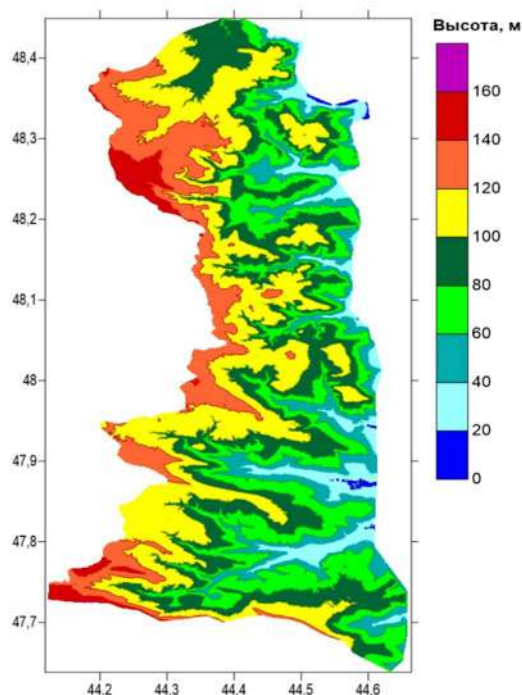


Рисунок 4 – Изолинейная карта высот территории водосбора Сарпинских озер  
Figure 4 – Isolinear elevation map of the Sarpinsky Lakes catchment area

Гистограмма распределения высотных отметок на территории водосборного бассейна Сарпинских озер представлена на рисунке 5.

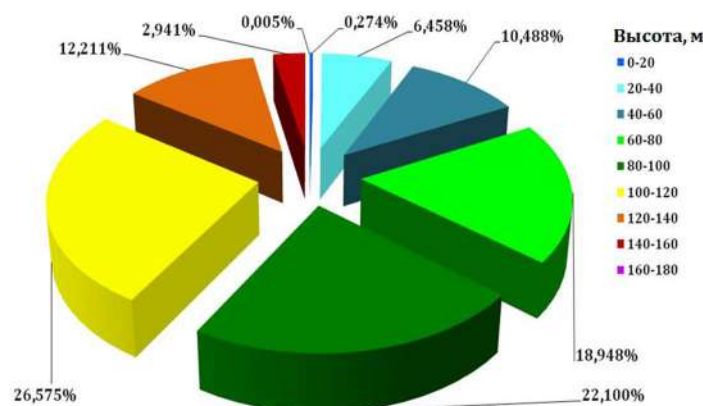


Рисунок 5 – Распределение территории водосбора Сарпинских озер по высотам  
Figure 5 – Distribution of the Sarpinsky Lakes catchment area by altitude

Площадь территории с диапазоном высот рельефа от 60 до 80 м занимает около 19%, 80-100 м – 22%, 100-120 м – 27%,

Изолинейная карта распределения углов наклона склонов на территории водосборного бассейна Сарпинских озер представлена на рисунке 6.

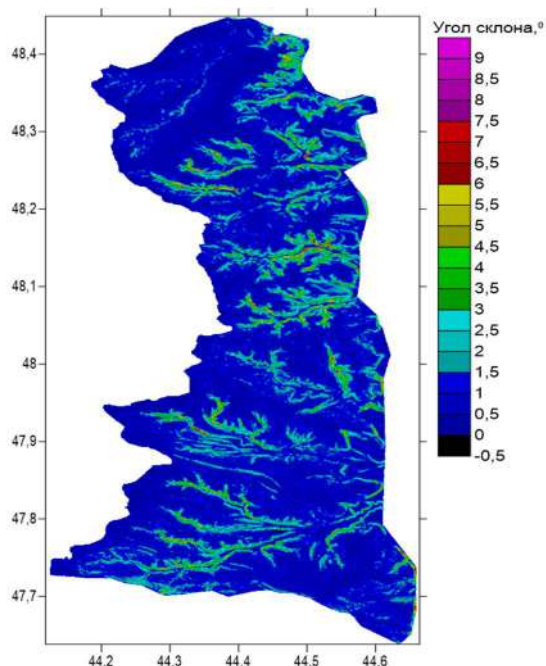


Рисунок 6 – Карта диапазонов крутизны склонов водосбора Сарпинских озер  
Figure 6 – Map of slope steepness ranges for the Sarpinsky Lakes catchment area

Использование картографических данных распределения углов наклона склонов дает возможность соотнесения земель по крутизне с имеющимися площадными и координатными характеристиками по противозерозным земельным фондам (приводораздельному, присетевому, гидрографическому). Полученные расчетные данные способствуют качественному планированию и проектированию почвозащитных лесомелиоративных мероприятий в условиях исследуемого водосборного бассейна [13, 14].

Гистограмма распределения углов наклона склонов территории водосборного бассейна Сарпинских озер представлена на рисунке 7.



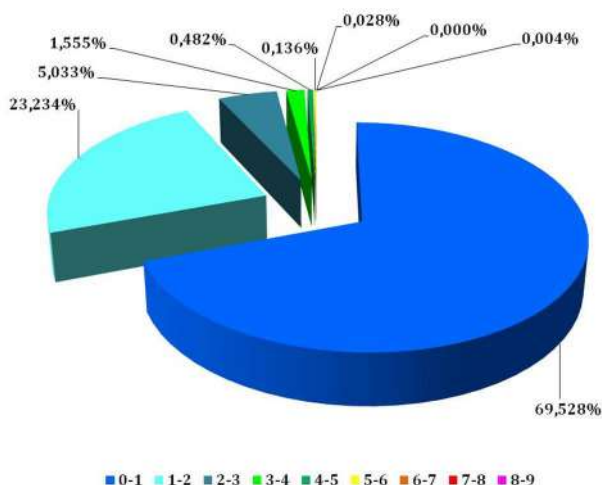


Рисунок 7 – Распределение территории водосбора Сарпинских озер по углам наклона склонов

Figure 7 – Map of slope steepness ranges for the Sarpinsky Lakes catchment area

Оценка территории водосборного бассейна Сарпинских озер по крутизне указывает на преобладание склонов с крутизной от 0 до 2° (93%). На землях гидрографического фонда максимальная крутизна склонов 11,92°, свидетельствует о высокой потенциальной эрозионной опасности территории. Несмотря на довольно большой перепад высот, рельеф водосборного бассейна Сарпинских озер является типичным равнинным, субгоризонтальным. Поверхности в основном имеют небольшие углы наклонов, склоны балок преимущественно выположены. В целом территория водосбора благоприятна для организации сельскохозяйственной деятельности в виде полевых и пастбищных угодий.

При противозерозионной организации территории необходим учет имеющихся экспозиционных различий. Экспозиция склонов определяет интенсивность поверхностного стока и величину почвенных потерь. На рисунке 8 приведена карта экспозиции склонов водосборного бассейна Сарпинских озер.

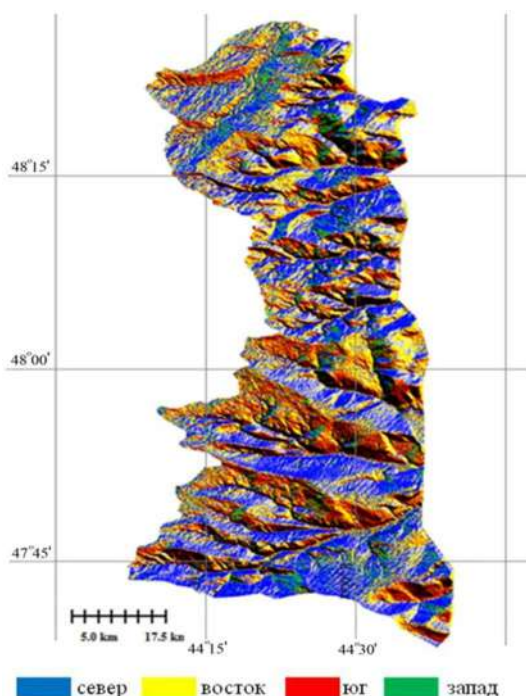


Рисунок 8 – Экспозиция склонов водосбора Сарпинских озер

Figure 8 – Exposition of the slopes of the Sarpinsky Lakes catchment area

Согласно полученным данным поверхности и водотоки территории водосбора Сарпинских озер ориентированы в основном на восток, что указывает на преимущественно северную и южную экспозицию берегов балок.

Гистограмма распределения водосбора Сарпинских озер по экспозиции склонов представлена на рисунке 9.

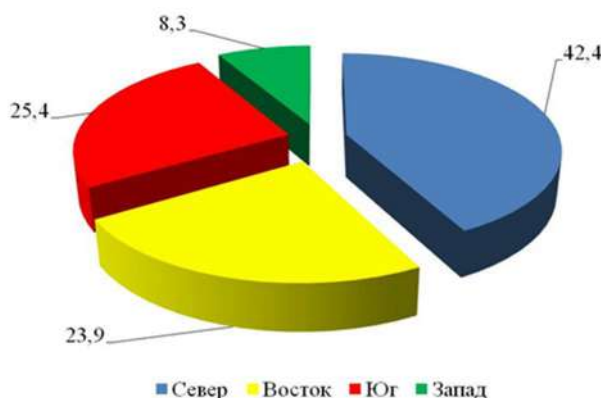


Рисунок 9 – Распределение склонов водосбора Сарпинских озер по экспозиции, %  
Figure 9 – Distribution of the slopes of the Sarpinsky Lakes catchment area by exposure, %

Для территории водосборного бассейна Сарпинских озер доминирующими по площади являются склоны северной экспозиции (42,4%), промежуточные показатели у склонов южной (25,4%) и восточной экспозиции (23,9%), наименьшая доля у склонов западной экспозиции (8,3%).

Визуализация трехмерного изображения рельефа Сарпинских озер показана на рисунке 10.

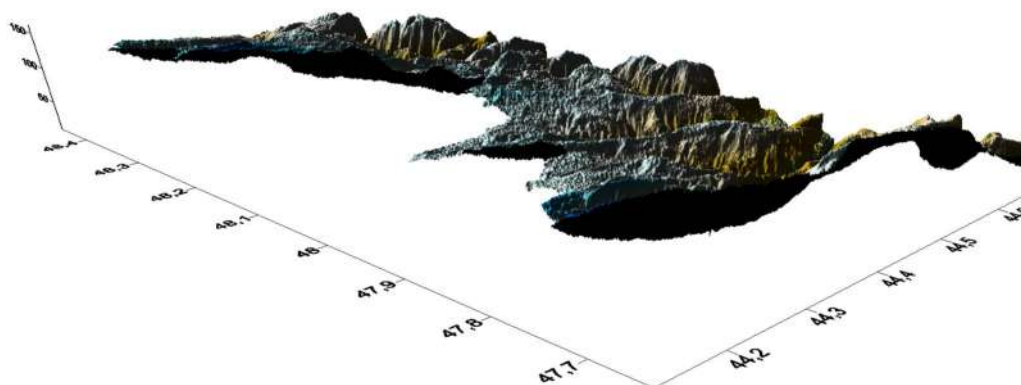


Рисунок 10 – Трехмерная карта рельефа водосбора Сарпинских озер  
Figure 10 – Three-dimensional relief map of the Sarpinsky Lakes catchment area

**Заключение.** Агроландшафты северной части Ергенинской возвышенности подвержены эрозионным процессам и опустыниванию, они нуждаются в комплексном агролесомелиоративном обустройстве с использованием разработанного информационно-картографического обеспечения агролесомелиоративных работ.

Для агроландшафтов водосборного бассейна Сарпинских озер с использованием геоинформационного картографического анализа была дана оценка и составлены карты пространственных характеристик рельефа, влияющих на развитие эрозионных процессов.

Полученные расчетные характеристики рельефа Сарпинских озер дают возможность установить вероятность деградации земель в следствие воздействия водной эрозии, что особенно важно для планирования и проведения противозерозионной защиты агроландшафтов. Составленные карты рельефа, крутизны и экспозиции склонов могут быть использованы для лесомелиоративного почвозащитного обустройства и формирования эрозионно безопасных устойчивых агроландшафтов северной части Ергенинской возвышенности.

**Conclusions.** Agrolandscapes of the northern part of the Ergeninskaya Upland, subject to erosion processes and desertification, need comprehensive agroforestry reclamation with the use of developed information and cartographic support for agroforestry reclamation works.

For the agrolandscapes of the drainage basin of the Sarpinsky Lakes, using geoinformation cartographic analysis, an assessment was made and maps of the spatial characteristics of the relief that affect the development of erosion processes were compiled.

The obtained calculated characteristics of the relief of the Sarpinsky Lakes make it possible to determine the probability of land degradation from the impact of water erosion, which is especially important for planning and carrying out anti-erosion protection of agricultural landscapes. The compiled maps of relief, steepness and exposure of slopes can be used for forest reclamation of soil protection and the formation of erosion-safe sustainable agricultural landscapes in the northern part of the Ergeninskaya Upland.

#### Библиографический список

1. Belyakov A. M., Koshelev A. V. Manifestation of degradation processes in agricultural landscapes of the dry-steppe zone in Volgograd region. *Arid Ecosystems*. 2023. V. 13. № 1. Pp. 105-114.
2. Рулев А. С., Беляков А. М., Сарычев А. Н. Исследование проявления дефляции почв в условиях Волгоградской области. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2016. № 2 (42). С. 101-107.
3. Yuferev V. G., Pleskachev Y. N., Vdovenko A. V., Vorontsova E. S., Zavalin A. A., Fomin S. D. Degradation of landscapes in the south of the Privolzhsky upland. *Journal of Forest Science*. 2019. V. 65. № 5. Pp. 195-202.
4. Шинкаренко С. С., Барталев С. А., Берденгалиева А. Н., Дорошенко В. В. Спутниковый мониторинг процессов опустынивания на юге Европейской России в 2019-2022 гг. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 5. С. 319-327.
5. Кочкар М. М., Воробьева О. М., Вдовенко А. В., Генералова Н. М. Геоинформационный анализ рельефа водосбора р. Мышкова северной части Ергенинской возвышенности. *Научно-агрономический журнал*. 2023. № 3 (122). С. 34-39.
6. Кулик К. Н. Современное состояние защитных лесонасаждений в Российской Федерации и их роль в смягчении последствий засухи и опустынивания земель. *Научно-агрономический журнал*. 2022. № 3 (118). С. 8-13.
7. Ovchinnikov A. S., Litvinov E. A., Rulev A. S., Fomin S. D., Kochkar' M. M., Vorob'eva O. M. Remote cartographic assessment of the erosion condition of agrolandscapes. *Journal of Forest Science*. 2017. No 63. Pp. 485-489.
8. Рулев А. С., Юферева В. Г. Геоинформационный анализ рельефа южной части Ергенинской возвышенности. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2017. № 1 (45). С. 41-46.
9. Шинкаренко С. С., Выприцкий А. А., Васильченко А. А., Берденгалиева А. Н. Анализ влияния антропогенных нагрузок на процессы опустынивания в Северном Прикаспии по спутниковым данным. *Исследование Земли из космоса*. 2023. № 3. С. 44-57.
10. Kulik K. N., Petrov V. I., Yuferev V. G., Tkachenko N. A., Shinkarenko S. S. Geoinformational analysis of desertification of the Northwestern Caspian. *Arid Ecosystems*. 2020. V. 10. № 2. Pp. 98-105.
11. Новочадов В. В., Рулев А. С., Юферева В. Г., Иванцова Е. А. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно трансформированных территорий юга России. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2019. № 1 (53). С. 151-158.
12. Юферева В. Г., Ткаченко Н. А. Картографирование и моделирование агроландшафтов с использованием геоинформационных систем. *Научно-агрономический журнал*. 2020. № 4 (111). С. 23-28.
13. Kulik K. N., Belyaev A. I., Pugacheva A. M. The role of protective afforestation in drought and desertification control in agro-landscapes. *Arid Ecosystems*. 2023. V. 13. № 1. Pp. 1-10.
14. Барабанов А. Т. Обоснование роли и места стокорегулирующих мероприятий в борьбе с деградацией почв и опустыниванием земель. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2023. № 1 (69). С. 36-46.

#### References

1. Belyakov A. M., Koshelev A. V. Manifestation of degradation processes in agricultural landscapes of the dry-steppe zone in Volgograd region. *Arid Ecosystems*. 2023. V. 13. № 1. Pp. 105-114.
2. Rulev A. S., Belyakov A. M., Sarychev A. N. Study of the manifestation of soil deflation in the conditions of the Volgograd region. *Izvestia NV AUC: science and higher professional education*. 2016. No 2 (42). Pp. 101-107.
3. Yuferev V. G., Pleskachev Y. N., Vdovenko A. V., Vorontsova E. S., Zavalin A. A., Fomin S. D. Degradation of landscapes in the south of the Privolzhsky upland. *Journal of Forest Science*. 2019. V. 65. № 5. Pp. 195-202.
4. Shinkarenko S. S., Bartalev S. A., Berdengalieva A. N., Doroshenko V. V. Satellite monitoring of desertification processes in the south of European Russia in 2019-2022. *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 2022. V. 19. No 5. Pp. 319-327.
5. Kochkar M. M., Vorob'eva O. M., Vdovenko A. V., Generalova N. M. Geoinformation analysis of the relief of the Myshkova river catchment area in the northern part of the Ergeninskaya upland. *Scientific Agronomy Journal*. 2023. № 3 (122). Pp. 34-39.
6. Kulik K. N. The current state of protective forest plantations in the Russian Federation and their role in mitigating the effects of drought and land desertification. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. № 3 (118). Pp. 8-13.
7. Ovchinnikov A. S., Litvinov E. A., Rulev A. S., Fomin S. D., Kochkar' M. M., Vorob'eva O. M. Remote cartographic assessment of the erosion condition of agrolandscapes. *Journal of Forest Science*. 2017. No 63. Pp. 485-489.

8. Rulev A. S., Yuferev V. G. Geoinformation analysis of the relief of the southern part of the Ergeninskaya Upland. *Izvestia NV AUC: science and higher professional education*. 2017. No 1 (45). Pp. 41-46.
9. Shinkarenko S. S., Vypritskiy A. A., Vasilchenko A. A., Berdengalieva A. N. Analysis of the impact of anthropogenic loads on desertification processes in the Northern Caspian Sea using satellite data. *Exploring the Earth from Space*. 2023. № 3. Pp. 44-57.
10. Kulik K. N., Petrov V. I., Yuferev V. G., Tkachenko N. A., Shinkarenko S. S. Geoinformational analysis of desertification of the Northwestern Caspian. *Arid Ecosystems*. 2020. V. 10. № 2. Pp. 98-105.
11. Novochadov V. V., Rulev A. S., Yuferev V. G., Ivantsova E. A. Remote sensing and mapping of the state of anthropogenically transformed territories in the south of Russia. *Izvestia NV AUC: Science and higher professional education*. 2019. № 1 (53). Pp. 151-158.
12. Yuferev V. G., Tkachenko N. A. Mapping and modeling of agricultural landscapes using geographic information systems. *Scientific Agronomy Journal*. 2020. № 4 (111). Pp. 23-28.
13. Kulik K. N., Belyaev A. I., Pugacheva A. M. The role of protective afforestation in drought and desertification control in agro-landscapes. *Arid Ecosystems*. 2023. V. 13. № 1. Pp. 1-10.
14. Barabanov A. T. Justification of the role and place of measures to regulate runoff in the fight against soil degradation and desertification. *Izvestia NV AUC: science and higher professional education*. 2023. № 1 (69). Pp. 36-46.

## Информация об авторах

**Кочкар Максим Михайлович**, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26), ORCID: 0000-0003-1458-0731, e-mail: <url> mmk\_7@mail.ru  
**Воробьева Ольга Михайловна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26), ORCID 0000-0001-6299-4977, e-mail: agro034@mail.ru  
**Вдовенко Анастасия Васильевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26), ORCID 0000-0003-2253-3783, e-mail: anastasiya.vdovenko@mail.ru  
**Генералова Наталья Михайловна**, соискатель, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 97).

## Author's Information

**Kochkar Maksim Mikhailovich**, Candidate of agricultural sciences, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky pr., 26), ORCID:0000-0003-1458-0731, e-mail: mmk\_7@mail.ru  
**Vorobieva Olga Mikhailovna**, Candidate of Agricultural Sciences, Volgograd state agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky pr., 26) ORCID 0000-0001-6299-4977, e-mail: agro034@mail.ru  
**Vdovenko Anastasia Vasilievna**, Candidate of Agricultural Sciences, Volgograd state agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky pr., 26) ORCID 0000-0003-2253-3783, e-mail: anastasiya.vdovenko@mail.ru  
**Generalova Natalia Mikhailovna**, Applicant, Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky pr., 97).

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-15

GLOBAL PLANNING STRATEGY FOR THE RESTORATION OF DEGRADED  
AND DESERTIFIED ECOSYSTEMS

Kulik A. K., Vlasenko M. V.

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

Corresponding author E-mail: kulikak79@yandex.ru

Received 11.02.2024

Submitted 20.03.2024

**The work was carried out within the framework of the implementation of the project of national importance No. 123072100084-4 "Expansion of the system of climate and environmental monitoring and forecasting in the territory of the Russian Federation in order to provide adaptation solutions in sectoral and regional contexts, including combating desertification"**

## Abstract

**The aim of the research** was to reveal the current global progress and landmark results in the field of preventing the negative effects of desertification and degradation. The research objectives included: obtaining materials from public access data from various search engines (Web of Science Core Collections, Scopus) and their classification, describing the results and summarizing the main successes and significant achievements. **Materials and methods.** A polysystem methodological approach was used to search and synthesize information. The study is based on a structured review of modern world scientific research, from which it is possible to highlight knowledge about the current development of global trends in the field of driving factors of desertification and degradation, as well as ways and methods of their prevention. **Results and conclusions.** There are four main research areas: 1) the main driving forces of desertification and degradation; 2) remote sensing of the Earth from space and digitalization of desertification monitoring; 3) the role of biotechnologies in eliminating and preventing degradation and desertification processes; 4) global, regional and national programs in the field of solving climate problems, restoring and preserving biodiversity. The driving mechanism of desertification under the complex influence of an extremely dry climate



and intensive human activity is considered based on the analysis of modern data. Much attention was paid to regions where there is rapid population growth, which relies mainly on natural resources as a source of livelihood. A global strategy for planning the restoration of degraded and desolate lands in arid, subarid and dry subhumid regions is presented. The modern nature and mechanism of desertification risk management to increase the stability of disturbed ecosystems are shown.

**Keywords:** land degradation, desertification risks, remote sensing of territories, strategy to combat desertification.

**Citation.** Kulik A. K., Vlasenko M. V. Global planning strategy for the restoration of degraded and desertified ecosystems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 125-141 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-15.

**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 no conflict of interest.

УДК 504.06:528.88

## ГЛОБАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ И ОПУСТЫНЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

Кулик А. К., кандидат сельскохозяйственных наук  
Власенко М. В., кандидат сельскохозяйственных наук

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

**Работа проводилась в рамках реализации проекта общегосударственного значения  
№ 123072100084-4 «Расширение системы климатического и экологического мониторинга  
и прогнозирования на территории Российской Федерации в целях обеспечения адаптационных  
решений в отраслевом и региональном разрезах, включая борьбу с опустыниванием»**

**Целью исследований** являлось раскрытие текущего мирового прогресса и знаковых результатов в области предотвращения негативных последствий опустынивания и деградации. В задачи исследований входило: получение материалов из данных общего доступа различных поисковых систем и их классификация, описание результатов и обобщение основных успехов и знаковых достижений. **Материалы и методы.** Для поиска и синтеза информации был использован полисистемный методологический подход. Исследование основано на структурированном обзоре современных мировых научных исследований, из которых можно выделить знания о текущем развитии мировых тенденций в области движущих факторов опустынивания и деградации, а также способов и методов их предотвращения. **Результаты и выводы.** Выделено четыре основных исследовательских направления: 1) основные движущие силы опустынивания и деградации; 2) дистанционное зондирование Земли из космоса и цифровизация мониторинга опустынивания; 3) роль биотехнологий в ликвидации и предотвращении процессов деградации и опустынивания; 4) глобальные, региональные и национальные программы в сфере решения климатических проблем, восстановления и сохранения биоразнообразия. Рассмотрен движущий механизм опустынивания под комплексным влиянием экстремально сухого климата и интенсивной деятельности человека на основе анализа современных данных. Большое внимание уделялось регионам, где отмечается быстрый рост населения, которое в качестве источника средств к существованию полагается в основном на природные ресурсы. Представлена мировая стратегия планирования восстановления деградированных и опустыненных земель в аридных, субаридных и сухих субгумидных регионах. Показан современный характер и механизм управления рисками опустынивания для повышения стабильности нарушенных экосистем.

**Ключевые слова:** деградация земель, риски опустынивания земель, дистанционное зондирование территорий, стратегия борьбы с опустыниванием.

**Цитирование.** Кулик А. К., Власенко М. В. Глобальная стратегия планирования восстановления деградированных и опустыненных экосистем. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 125-141. DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-15.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Introduction.** Land degradation on a global scale is an indicator of the state of land calculated by integrating three sub-indicators (trends in soil cover, carbon stocks and land productivity), in which a negative change in any of them is interpreted as degradation. Land degradation can be

defined as the depletion of an ecosystem, a decrease in its ability to fulfill its natural role, and the loss of land resilience to climate change and land use. The causes and consequences of degradation often occur simultaneously, suppressing or aggravating each other [1]. The level of such interactions depends on the dominant climatic, geological, topographic systems and management [2]. Improper management of land resources is one of the consequences of degradation [3, 4].

The concepts of "degradation" and "desertification" are closely interrelated. The process of interaction between land degradation and aridization, including droughts, and manifesting itself as an acute environmental problem, is characterized as desertification. In other words, desertification refers to degradation in arid, subarid and dry subhumid regions, which account for 47% of the world's land. Desertification is the result of interactions between biological, physical, social, political, cultural and economic factors.

About 33% of the total land area of the Earth (> 4,900 million hectares) is subject to degradation and desertification, which makes these territories extremely vulnerable to overexploitation and improper land use [5, 6, 7]. Currently, the processes of degradation and desertification threaten the balance of ecosystems and the livelihoods of 38% of the world's population in arid, subarid and dry subhumid regions of the world. The scale of anthropogenic changes makes ecosystem restoration an integral part of humanity's survival strategy. People in the affected areas prefer to migrate to better places. The economic development of these regions is ultimately also under threat [8].

It is difficult to find a single explanation for the causes of desertification due to the breadth, complexity and dynamism of this process. The soil and vegetation complex and climate of different regions have different natural conditions and an unequal contribution to the desertification process. It is often difficult to determine the vulnerability of ecosystems to the risk of desertification and to uncover the driving forces of the evolution of this process.

The problems associated with the ecological systems of drylands are as follows, Figure 1.

The stability of ecosystems is determined by their ability to reorganize and restore their fundamental structure and functioning processes under the influence of stressful factors (drought, fire, overgrazing) [10]. A prerequisite for understanding the stability of the environment and related factors is the monitoring and analysis of the state of ecosystems, which is important for effective management, the introduction of rational farming methods and the promotion of the conservation of soil and plant resources. Incorrect indicators can lead to ineffective management decision-making methods. To accurately assess the quality of the environment, it is necessary to analyze factors that have significant characteristics and can be combined [11].

The relevance of research lies in the need to identify areas at risk of desertification and degradation in order to restore them and prevent the emergence of new foci, improve socioeconomic indicators, reduce losses and environmental damage, and strengthen food security.

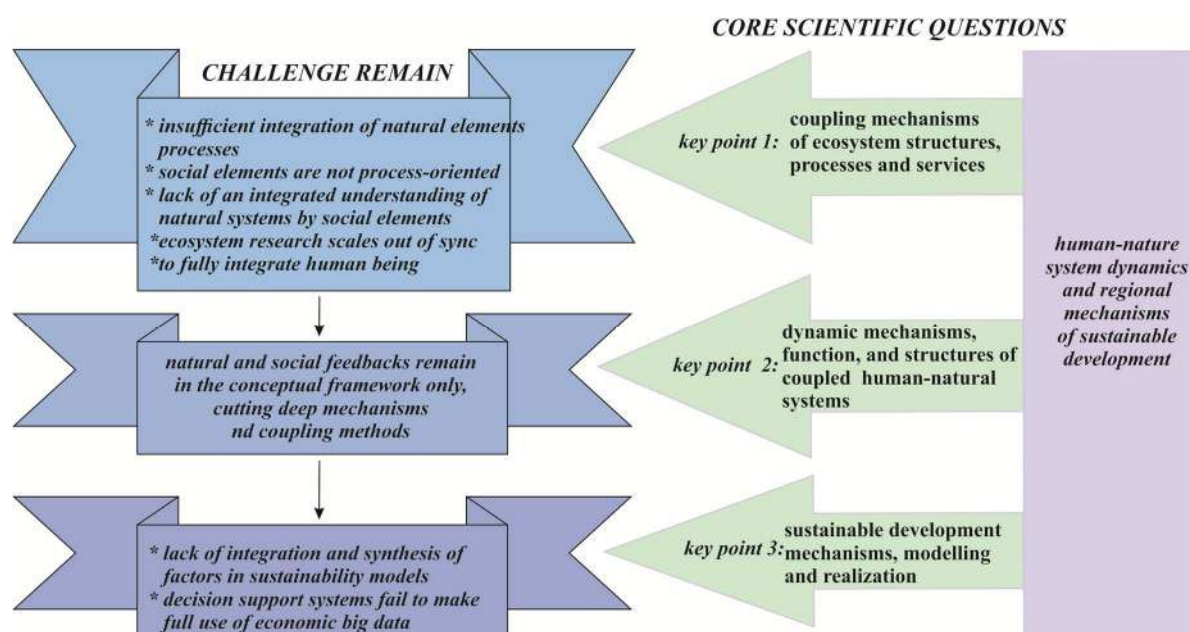


Figure 1 – Key scientific issues and challenges for drylands [9]

**1. Research methods.** The purpose of the research was to identify the current global progress and landmark results in the field of preventing the negative effects of desertification and degradation.

The research objectives included: obtaining materials from public access data from various search engines (Web of Science Core Collections, Scopus) and their classification, describing the results and summarizing the main successes and significant achievements. The criteria for the selection of literature included: keywords, years of research, regions of research, etc., Table 1. Although there has been a very large amount of research on this issue, we have selected the necessary minimum to try to uncover this problem in terms of several key issues. 112 publications were reviewed. The analysis was carried out based on the data of articles and monographs published from 2000 to the present. Much attention was paid to regions where there is rapid population growth, which relies mainly on natural resources as a source of livelihood.

Table 1 – Criteria for selecting information sources for problem analysis

| Indicators                                                                                                                                              | Information                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Years of research:                                                                                                                                   | 2000-2023                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 2. Keywords:                                                                                                                                            | Degradation, desertification risk, climate, anthropogenic factor, remote sensing, desertification control strategy, loss of biodiversity, adaptation to climate change, overexploitation of pastures.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3. Research regions:                                                                                                                                    | Arid, subarid and dry subhumid regions of the world, whose lands are subject to degradation and desertification processes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 4. The focus of the reviews:                                                                                                                            | Ecology, agriculture, adaptive land use, agroforestry, planning, management.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5. Justification of the choice to include data from the information source:                                                                             | The processes of analysis and synthesis (evaluation of the main results obtained taking into account the review and comparison with other studies), focus and target audience.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 6. Information on the number of documents that have been assessed for compliance with the criteria and included in the review, indicating their source: | 112 papers, including those published in the periodical press Web of Science Core Collections and Scopus: Agriculture – 1, Agronomy – 2, Am. Meteorol. Soc. – 1, Arid Ecosystems – 8, Arid Environments – 1, Adaptive feed production – 1, Atmosphere – 1, Case Studies in Chemical and Environmental Engineering – 2, Catena – 2, Climate Change – 1, Climate Services – 1, Cham. – 1, Comptes Rendus Biologies – 1, Conserv Biol. – 1, Current Science – 1, Earth Syst. Environ. – 1, Earth System Governance – 4, Ecol. Indic. – 1, Environ Monit Assess. – 2, Environ. Impact Assess. – 1, Environmental Politics – 1, Environmental Research Letters – 1, Exploration of the Earth from space – 1, Euphytica – 1, Global Environmental Change – 1, Geoderma Reg. – 1, Geology, Geography and global energy – 1, Geographical environment and living systems – 1, Geographical Bulletin – 1, Journal of Resources and Ecology – 1, The Journal of Environment & Development – 1, J Adv Nurs. – 1, Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. – 1, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science – 1, Land – 5, Land Degrad. Dev. – 2, Natural Hazards – 1, Nat Ecol Evol. – 1, Nigeria journal of education, healthand technology research (njehetr) – 1, New Forests – 1, Nature Journal of Cleaner Production – 1, Nature communications – 1, Plants – 2, Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education 1, Reg. Res. Russ. – 1, Rend. Fis. Acc. Lincei. – 1, Remote Sensing – 7, Remote Sensing of Environment – 1, Renewable and Sustainable Energy Reviews – 1, Research on Crops – 1, Sci. Total Environ. – 1, Sensors – 1, Sustainability – 8, Scientific African – 2, Science of The Total Environment – 3, Water Polic – 1, Fundamental and applied climatology – 1; as well as 19 monographs or chapters from monographs. |

A polysystem methodological approach was used to search and synthesize information. The study is based on a structured review of modern world scientific research, from which it is possible to highlight knowledge about the current development of global trends in the field of driving factors of desertification and degradation, as well as ways and methods of their prevention. The research method is based on a scientific understanding of methods for managing the potential of degraded and desolate territories from various points of view. The method is transparent, comprehensive, and independent and is confirmed by use in the fields of various sciences [12].

The materials presented do not cover all aspects of the issue under study, as the information on it is too extensive. Only the most relevant topics were considered. There are four main research areas: 1) the main driving forces of desertification and degradation; 2) remote sensing of the Earth from space and digitalization of desertification monitoring; 3) the role of biotechnologies in eliminating and preventing degradation and desertification processes; 4) global, regional and national programs in the field of solving climate problems, restoring and preserving biodiversity.

## **2. Results and discussions.** 2.1 *The main drivers of desertification and degradation.*

The processes of degradation and desertification are nonlinear processes influenced by many factors [13, 14]. The main driving forces of desertification and degradation are climate change (temperature rise, low rainfall, wind conditions) and anthropogenic pressure (intensification of agriculture, expansion of arable land, deforestation, growth of livestock and overgrazing) [15, 16, 17, 18, 19]. Soil pollution, salinization, and loss of biodiversity are facilitated by the use of inorganic fertilizers, pesticides, and irrigation systems [20]. Areas with higher elevation and higher terrain slope have a higher risk of desertification [21].

Population growth, irrational extraction of natural resources and minerals, and urbanization also has a great impact on the expansion of degraded lands [22]. Demographic pressure accelerates the processes of fertility depletion, erosion, acidification, salinization and soil compaction. The increase in resource consumption due to the overpopulation of the planet leads to their depletion, especially where there is excessive reliance on these resources. According to experts, the world's population will reach 9.7 billion by 2050, and 10.9 billion by 2100 [23]. Most of the projected growth will come from poor countries whose populations depend on natural sources for their livelihood. 25% of the world's population growth will be concentrated in Central and South Asia, 25% in sub-Saharan Africa and Southeast Asia. This will significantly affect the expansion of degraded and desolate lands [24].

The climate factor is one of the primary problems in the prevention of degradation and desertification. Over time, in many parts of the world, the winter season is getting colder and the summer season is getting hotter [25]. The average air temperature on the Earth's surface has increased by about 1°C since 1900 by 2023. By 2100, air temperatures in the Mediterranean region are expected to rise by 1.20-7.07°C, in the Caribbean – by 0.94-4.18°C, in the Indian Ocean – by 1.05-3.77°C, in the North Pacific – by 1.00-4.17°C [26]. Droughts, as one of the manifestations of climate change, affect vast territories and are one of the most serious natural disasters, cause socio-economic losses and environmental damage, pose a threat to agriculture and food security around the world, and affect rising food prices [22, 24]. In Europe, the largest increase in drought losses (up to 10%) due to a reduction in regional agricultural production is observed in the southern and western parts, and the total annual losses from drought amount to 9 billion euros per year [13]. In China, where this problem has become nationwide, economic losses from drought in a dynamic scenario can reach  $86.84 \pm 38.06$  billion US dollars [14]. Damage to terrestrial arid ecosystems has far-reaching consequences.

Droughts are subject to global climatic patterns, but are conditioned by regional climatic conditions [27, 28]. Recently, the global climate environment has become drier. An increase in the frequency of droughts, their maximum duration and maximum intensity is observed in many parts of the world [16]. The most serious aridization trends are observed in Australia, the Middle East, South and North Africa, the Amazon basin, Europe and Central Asia, which puts these regions at risk of further land degradation [17].

Drought is becoming a serious problem for agricultural production in many parts of Africa. Sub-Saharan Africa is the most severely affected by degradation in the world [15]. Long-term droughts are common here, which some scientists perceive as a transitional phase of climate change. Their duration in the semi-arid tropics of Nigeria ranges from a month to 80 months [29]. In the Korahe zone of the Somali regional state of Ethiopia, an increase in the frequency of droughts since 2015 has led to a lack of water, a decrease in the quantity and quality of feed and mass deaths of livestock [30].

In India, climate change is expected to reduce GDP by 10% by 2100 [26]. Since the early 2000s, 24 out of 29 states (96.4 million hectares or 29.3% of the total area of the country) have already been exposed to various mechanisms of degradation and desertification here [31, 32]. A



particularly large number of drought episodes are predicted in central India in the sub-basins of Vardha, Vainganga, Pranita, parts of Indravati and Lower Godavari, which will affect the reduction of rice production. During the worst drought, 41% of rice production losses were recorded here. The frequency of severe and extreme droughts in this region will increase [33].

Aridity of the climate and irrational land use practices are important factors of desertification in Asian countries. In Southeast Asia, precipitation is projected to decrease, increase and widespread droughts in the next 30-90 years (Thailand, Malaysia, Singapore, Indonesia, Philippines, and Vietnam) [34].

In South Korea, the period of the worst drought in the last 50 years on a national scale occurred in 2014-2015. The scale of damage caused by the dry period continues to grow [35].

In Europe, the areas most susceptible to degradation and desertification are in the Mediterranean region (Portugal, Spain, Italy, Greece, and Turkey). The number of unstable areas here is growing every year. In the European Union and the United Kingdom, the total annual losses from drought are expected to increase to  $\geq 65$  billion euros per year (currently 9 billion euros per year). The largest increase in losses is observed in the southern and western parts of Europe, where a 10% reduction in regional agricultural production is likely as a result of drought [13]. The territories of Southern and Southeastern Europe are seriously affected by climate change and an increase in the frequency and intensity of droughts. In Romania, the desertification process affects territories in the central part of the Dobrudja plateau ( $1,236 \text{ km}^2$ , of which  $147.65 \text{ km}^2$  is pasture), in the center and east of the Romanian Plain ( $5,253.87 \text{ km}^2$ ), in the south of the Western Plain ( $2,431.92 \text{ km}^2$ ). The sandy area in the west of the Romanian plain was prone to desertification due to the destruction of the irrigation system and the decrease in the area of forests and forest protection belts [36].

In the semi-arid Certan region in northeastern Brazil, where the area of degraded land in 2015 reached  $246,783 \text{ km}^2$  (total area of  $1.13$  million  $\text{km}^2$ ), droughts resulted in losses of rain-fed crops, reduction of water reserves in lakes and reservoirs and conflicts between water users. Climate forecasts indicate that the frequency and number of droughts will increase in the future, which may have far-reaching negative socio-economic consequences [28, 37].

Drought is also a common occurrence in the Australian climate. But despite the fact that there are many adaptation strategies in Australia aimed at solving drought problems, these approaches are ineffective, especially given the forecasts of an increased risk of drought due to anthropogenic influence [38].

## 2.2 Remote sensing of the Earth from space and digitalization of desertification monitoring.

Monitoring the condition of desolate and degraded areas is essential for the development of plans to limit their impact. Remote sensing of the Earth plays an important role in assessing the degradation and desertification of territories, greatly facilitating research of problem regions and providing access to extensive sets of geospatial data. When conducting remote sensing of the Earth, it is important to use a set of data with global coverage, which are freely available and reflect: population density (WorldPop), demography (DHS), population migration (Integrated Public Use Microdata Series International and Migration Flows), etc. State security data is only available through FEWSNET and NASA. Data on land and water resources can be obtained from intact Forest Landscapes (IFL), NASA's GRACE trends (for gravity recovery and climate experiment), etc. [4].

Modern technologies of remote sensing of the Earth from space have also improved the monitoring, assessment and prediction of the onset of dry periods. Indicators and indexes that correspond to the objectives of the Strategic Framework of the United Nations Convention to Combat Desertification are freely available [39]. Earth observation data from space provide for analysis for large-scale monitoring such indicators as Albedo, evapotranspiration, land surface temperature, as well as various assessment index systems: normalized vegetation index (NDVI), normalized difference vegetation index (GNDVI), soil-adjusted vegetation index (SAVI), wet index, heat Index (LST), Drought Index (NDBSI), Earth Remote Sensing Environmental Index (RSEI), etc. The remote sensing method implements fast data extraction with high accuracy, on a large scale and with long time series.

Currently, particularly active research of desolate and degraded territories using remote sensing of the Earth from space is being conducted in China, where desolate lands reach 27.2% of the total area of the country ( $261.16$  million  $\text{km}^2$ ). Highly vulnerable areas are the Gobi Desert,

the lower reaches of rivers and the oasis-desert transition zones [40]. According to experts, dry periods will continue to intensify on the mainland of the country. When the temperature rises to 4 °C, according to static and dynamic scenarios, economic losses from drought can reach  $164.00 \pm 67.58$  and  $86.84 \pm 38.06$  billion US \$ [14]. The relationship between the development of desertification and the benefits of land use shows a strong correlation and remains relatively stable [41].

Monitoring of the Qilian Mountains of the Tibetan Plateau (China) based on three remote sensing indicators (Albedo, GNDVI and FVC) using the Google Earth Engine (GEE) platform for accessing Landsat 5/7/8 remote sensing data showed spatial and temporal changes in desertification areas from 2000 to 2020. The main reason for the risk of desertification is climate change and natural disasters. The role of human activity (inappropriate land use methods, deforestation, overgrazing) on the occurrence of the risk of desertification has been proven. Currently, the region is experiencing a decrease in the risk status of desertification. But due to climate change, this status is projected to increase [21].

Remote sensing also gives good results in diagnosing changes in the state of the land after the work carried out aimed at restoring and improving the territories. In the Ulanbug Desert (China), under the combined influence of human activity and climate change, there is an upward trend in NDVI (from 2007 to 2022: 0.0015 per year). This indicates the restoration of vegetation [42]. In the central part of the Mongolian Highlands of China, the share of the region with an upward NDVI trend increased from 52.2% in 2000-2009 to 67.9% in 2010-2019. Forecasts show that the overall NDVI trend in these territories will be stable with a slight decrease in the future, and the recovery potential will be higher for pasture ecosystems and water bodies [43].

Using a modified model of the vegetation index adjusted for MSAVI-Albedo soil, a tendency to decrease desertification in the sandy lands of China has been revealed. The factors influencing the change in the status of the territory were: soil, meteorology, topography, economic development, demography, agriculture [44].

In Gansu Province (China), desolate lands occupy 45.2% (19.2 million hectares) of the province's land area. When constructing a modified model of the Earth Remote Sensing Ecological Index (MRSEI) using a combination of RSEI, NDVI, WET, LST, NDBSI and the desertification index (DI) in Lanzhou city, it was revealed that the deterioration in the quality of the ecological environment was caused by an anthropogenic factor combined with temperature and precipitation [45].

A significant ecologic and ecological problem is rocky desertification, which includes soil erosion, reduced land productivity, land degradation, and similarity to a desert landscape. Desertification of karst rocks affects local agriculture and forestry, hinders sustainable socio-economic development [46]. Remote sensing technologies are the main means of monitoring the desertification of rocks, and allow obtaining data from remote areas. Thus, the analysis of the structure and function of the landscape of the South Chinese karst on the Guizhou Plateau, which is the largest ecologically vulnerable area, using the Shannon diversity indices (SHDI), homogeneity (SEDI), fragmentation (FN), distribution (CONTAG), fractional dimension (FD) and aggregation (AI) indicates stabilization and ecological restoration of the landscape [47].

In the south of the European part of Russia, according to ERA5-Land data, between the climatic periods 1991-2020 and 1961-1990, processes that influenced the development of desiccation of the territory were identified: positive trends in the divergence of air humidity in the steppe zone and negative trends in the dry steppe zone [48]. The satellite indicator of land degradation (albedo) shows a significant positive trend of degradation in arid subhumid and semi-arid areas and an unstable positive trend in subhumid regions of Russia. In the subhumid and dry subhumid zones of the East European and West Siberian plains, the frequency of droughts reaches 3-5 in 10 years [6].

Analysis of the dynamics of land productivity in Uzbekistan for the period 2001-2020 using the materials of the Terra-MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) system indicates that the practice of rational land management leads to a decrease in the proportion of degraded lands compared to the average (from 25-40% to 10-20%). This trend indicates the success of regional policies that help to adapt to adverse climate changes. The instability of the ongoing changes is confirmed by the high dynamics of degraded foci and improved lands, depending on climatic fluctuations [49].

Decreasing trends in NDVI (15.1%) are observed in some areas of Romania over the period 2001-2020 [36].

In the north-east of Brazil, there was no convincing evidence of a significant impact of precipitation patterns on the spatial distribution of degraded lands. The best representation of degraded lands was provided by RESTREND analysis, or forecasting annual NDVI based on historical annual precipitation, calculating the difference between observed and predicted NDVI, and applying the nonparametric Mann-Kendall trend test to a linear trend line [28, 50].

The development of Earth remote sensing technologies and the popularity of machine learning algorithms have led to the emergence of effective methods for assessing the above-ground biomass of desert plant communities. Studies conducted in the Ulanbuk Desert (China) have established that the aboveground biomass forecasting model based on LiDAR data is a valuable tool for assessing the productivity of desert ecosystems, can be used in carbon reserves research and environmental assessment of the region [51].

When studying modern spatial and temporal changes in vegetation in China using artificial neural networks (INS) from 1980 to 2018, it was found that the average annual air temperature and the average annual concentration of carbon dioxide in the atmosphere have a strong influence on the interannual variability of FPAR. FPAR or fraction of absorbed photosynthetically active radiation is a biophysical parameter used to assess vegetation productivity and carbon fluxes in terrestrial ecosystems. The highest FPAR values in different parts of China's terrestrial ecosystems were found over forests: in the South – 0.59, in the South-East – 0.57, in the Central – 0.52, in the South-West – 0.50 and in the North-East – 0.39. Low FPAR values were found in meadows and desert areas: in the Northwestern part of China and the Tibetan Plateau – 0.20, in Inner Mongolia – 0.25, in Northern China – 0.36 [52].

When assessing land sensitivity to desertification, the MEDALUS multifactorial flexible land use Model has performed well, which takes into account a large number (14-98) indicators of sensitivity to desertification as the main quality indicators and is successfully used worldwide: Italy [53], Greece [7; 54], Turkey [55], India [56], Asia [57, 58].

### *2.3 The role of biotechnologies in the elimination and prevention of degradation and desertification processes*

The assessment of land potential carried out within the framework of the Global Agroecological Zones Study (GAEZ) showed that the land balance is very unevenly distributed across regions and countries. The countries with transition economies, where there is practically no vacant land, have the least potential of land resources for rain-fed agriculture. The lands of developing countries, especially Latin America and the Caribbean, as well as sub-Saharan Africa, have great potential ([https://www.fao.org/3/y4252e/y4252e06.htm#P4\\_3](https://www.fao.org/3/y4252e/y4252e06.htm#P4_3), the date of access to the link is 19.12.2023), table 2.

Climatic fluctuations, land degradation and desertification, or, conversely, their improvement, contribute to changes in the scale and characteristics of land resources in arid, subarid and dry subhumid areas. The dominant causes of fluctuations in rain-fed agricultural production are droughts and aggressive farming. Climate change and loss of biodiversity are closely related concepts. Climate change inevitably affects soil moisture, plant phenology and habitat, and leads to a sharp decrease in crop yields. According to [59], conducting aggressive agriculture can affect the reduction of crop yields by 50% in 2050.

Such fluctuations can be countered by investments in irrigation or food imports, but this is not always feasible or economically justified. Biotechnologies are economical and practical measures [60]. Their effectiveness varies widely. To combat soil erosion, sandy desertification and ecosystem degradation, restoration of plantations and grasslands is widely used worldwide, which involve the formation of vegetation cover capable of improving carbon dioxide absorption, evaporation and transpiration, as well as reducing erosion and improving the physico-chemical properties of soils [61]. Afforestation is the most important and successful means of securing sandy massifs, serves as a carbon repository, mitigates the effects of climate change, is an important tool for replenishing groundwater reserves, and plays a vital role in maintaining ecological balance and improving the living conditions of people in arid regions [62].

The demand for food, wood, improved communications (roads), and the need for living space for the population over the past 8 thousand years have led to the loss of >1/2 of the world's forest area [63]. Currently, deforestation is occurring at the fastest rate in Africa and South America. In West Africa, since the 1980s, there has been a decrease in the number of 79% of tree spe-

cies, most of them were of great socio-economic importance [64]. At the end of 2018, there was a catastrophic increase in the rate of deforestation in the Amazon basin of Brazil [65]. Deforestation also remains a serious problem for many countries in Asia, Oceania and Central America. However, some developing countries (Bangladesh, Algeria, Vietnam, India, China, etc.), realizing the potential of forest plantations in restoring the environment, mitigating the effects of climate change, ensuring food security and reducing poverty, are increasing the area of forests [66].

Table 2 – Lands with the potential for the production of rain-fed crops  
([https://www.fao.org/3/y4252e/y4252e06.htm#P4\\_3](https://www.fao.org/3/y4252e/y4252e06.htm#P4_3), the date of access to the link is 19.12.2023)

| Countries                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Total area, million hectares | Total usable land, million hectares (%) | Potentially very suitable land, million hectares | Potentially suitable, million hectares | Potentially moderately suitable lands, million hectares | Potentially poorly suitable land, million hectares | Potentially unsuitable lands, million hectares |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Developing countries, including:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 7302                         | 2782 (38)                               | 1109                                             | 1001                                   | 400                                                     | 273                                                | 4520                                           |
| <i>Sub-Saharan Africa (43 countries)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2287                         | 1031 (45)                               | 421                                              | 352                                    | 156                                                     | 103                                                | 1256                                           |
| <i>Latin America and the Caribbean (35 countries)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2035                         | 1066 (52)                               | 421                                              | 431                                    | 133                                                     | 80                                                 | 969                                            |
| <i>The Middle East/North Africa (20 countries)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1158                         | 99 (9)                                  | 4                                                | 22                                     | 41                                                      | 32                                                 | 1059                                           |
| <i>East Asia (22 countries)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1401                         | 366 (26)                                | 146                                              | 119                                    | 53                                                      | 48                                                 | 1035                                           |
| <i>South Asia (6 countries)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 421                          | 220 (52)                                | 116                                              | 77                                     | 17                                                      | 10                                                 | 202                                            |
| Industrialized countries (Austria, Belgium, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Ireland, Italy, Luxembourg, Netherlands, Portugal, Spain, Sweden, United Kingdom; Iceland, Malta, Norway, Switzerland; Canada, USA; Australia, New Zealand; Israel, Japan, South Africa)                                                                                                          | 3248                         | 874 (27)                                | 155                                              | 313                                    | 232                                                     | 174                                                | 2374                                           |
| Countries with economies in transition (Albania, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Czech Republic, Hungary, Poland, Romania, Slovakia, Slovenia, The former Yugoslav Republic of Macedonia, Yugoslavia; Armenia, Azerbaijan, Belarus, Georgia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Moldova, Russian Federation, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan; Estonia, Latvia, Lithuania ) | 2305                         | 497 (22)                                | 67                                               | 182                                    | 159                                                     | 88                                                 | 1808                                           |
| The world (including some countries not covered by this study)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 13400                        | 4188 (31)                               | 1348                                             | 1509                                   | 794                                                     | 537                                                | 9211                                           |

Pasture lands are resources and serve as a "reserve" for the economic development of livestock breeders. As an intermediate link in the study of ecologically vulnerable areas, pastures provide important information for a proper understanding of the relationship between man and the earth [67]. Modern methods of agroforestry are used as an integrated land management system by small farmers around the world. Livestock breeders, in order not to depend on changes in the natural environment, apply a strategy of adaptation of pasture farming to changing conditions, which make it possible to prepare for possible extreme climatic events. The characterization of droughts is one of the primary conditions for the development of measures to improve pasture ecosystems. Studying the effect of drought on vegetation contributes to effective productivity management and prevention of natural disaster risks [18, 68]. Many plant growers are engaged in mulching, changing planting dates, cultivating drought-resistant and salt-resistant crops, afforestation, reducing production to reduce crop losses, reducing the load of animals on grazed are-



as [69, 70, 71, 72, 73]. The unsatisfactory condition of arid, subarid and dry subhumid pasture ecosystems indicates the need to use phytomelioration methods that have high bioenergetic and economic efficiency. At the same time, cultivated plants must be compatible with the nature of the area and the factors that affect them [74, 75]. The effects of desertification can be mitigated by drought- and salt-resistant plant species, which play an important role in fixing sand, restoring vegetation, are considered an important source of feed for livestock and food for humans, and increase soil fertility [8, 76]. In Central America, it is practiced to plant more than a dozen species of plants on plots of no more than one tenth of a hectare. In the Mediterranean region of Europe, especially in Spain and Portugal, a system of extensive forest pastures has proven itself well. In India, the agroforestry farming system produces high yields of wheat (4-5 tons/ha) and wood with a 10-year crop rotation of trees. Often, the ultimate goal of these practices is not the cultivation of trees, but the production of human food and animal feed [64].

*2.4 Global, regional and national programs in the field of solving climate problems, restoring and preserving biodiversity.*

The current estimated rate of decline in global biodiversity is 10-100 times higher than the average rate over the past 10 million years. In order to identify the drivers and consequences of this decline, it is important to understand the processes that support biodiversity, assess the successes and failures of historical and modern biodiversity management strategies, and identify the best ways to conserve it [77]. An analysis of the current global situation, the driving factors affecting the sensitivity of lands to desertification, a forecast of evolutionary trends and an understanding of the main contradictions help formulate a strategy for effectively combating desertification. The basis for creating effective projects for the restoration of various ecosystems (atmosphere, biosphere, hydrosphere) is to understand the interactions between them and model future changes on a national, regional and global scale [78, 79].

Global warming is an urgent international political topic. Various initiatives to mitigate the effects of climate change around the world have been discussed for a long time. Factors such as the historically established view of environmental policy as a domestic or international problem and the official role of ministries in international climate negotiations play a special influence on the development of legal approaches developed to address the challenges of mitigating the effects of climate change. In order to achieve the Sustainable Development Goals, which are aimed at solving the global climate problem, the cooperation of all countries and stakeholders is necessary. As a result of the UN Conference on Environment and Development, held in Rio de Janeiro, the United Nations Framework Convention on Climate Change (1994) was adopted, which was approved by 194 States. The UN Climate Change Conference in Glasgow (2021) set goals aimed at reaching a climate agreement to keep global warming below 2°C compared to pre-industrial levels, which will require zero CO<sub>2</sub> emissions between 2030 and 2050 [80, 81, 82, 83, 84, 85].

At the regular session of the Assembly of Heads of State of the African Union, held in Ethiopia (2007), 11 countries adopted the initiative of the Pan-African Great Green Wall project. The initiative involves the construction of 7,000 km of reforestation zones and is aimed at managing natural resources, combating desertification and poverty of the population [86]. The Egyptian National Program to Combat Desertification is being implemented on the territory of Egypt, which ranks first in the world in terms of the phenomenon of desertification among countries, and where 30 thousand acres of the best agricultural lands fall into disrepair every year. It includes regional projects in various agricultural ecological areas, such as: "Assessment and monitoring of desertification", "Improvement of pastures", "Stabilization of sand dunes", "Irrigated agriculture", "Rain-fed agriculture" [3]. Protective measures (controlled seasonal grazing, protected areas, etc.) contributed to the reduction of sand movement on Tunisian lands [87].

In India, 91.2 million hectares of land (27.8% of the geographical extent of the country) were degraded over the period 2015-2016, and 97.85 million hectares (29.7% of the geographical extent of the country) over the period 2018-2019. Moreover, >1/2 of the area of degraded lands falls on rain-fed agricultural land and forest. The increase in the area of desolate lands in India was observed in 28 of the 31 states and union territories in the period from 2011 to 2019. In order to prevent degradation and desertification, India has successfully implemented the "Integrated Watershed Management Program", "Desert Development Program" (1995), "National Afforestation Program" (2000), "National Action Program to Combat Desertification" (2001). India is working to restore 26 million hectares of degraded land by in 2030 [3, 88].

In the USA, the Law on Agriculture (2014) reduced the total number of environmental protection programs by almost 2 times due to their consolidation or liquidation. Four main strategies for the conservation of soil and water resources have emerged: the removal of environmentally sensitive lands from agricultural production; improvement of the environment on cultivated agricultural lands; protection of natural resources and agricultural lands; solving regional environmental problems. The "Regional Partnership Program in the field of nature Protection" received a lot of funding. Within the framework of one initiative, the "Wetland Reserves Program", the "Pasture Reserves Program" and the "Agricultural Land Protection Program" were combined, which were focused on environmentally sensitive lands. The "Agricultural Water Resources Improvement Program", the "Joint Conservation Partnership Initiative", the "Chesapeake Bay Watershed Program" and the "Great Lakes Basin Soil Erosion and Sediment Control Program" have been merged [89, 90]. The Environmental Quality Incentives (EQIP) environmental program is working for farmers, ranchers and forest owners, which is aimed at improving water and air quality, preserving groundwater and surface waters, reducing soil erosion, improving wildlife habitat, mitigating the effects of drought [9]. In 2023, the Environmental Protection Service of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation (NRCS) additionally increased 19.5 billion US \$ for the implementation of the "environmental quality under the incentive program", "conservation management program", the Program "Provision of conservation easement" and the "Conservation regional partnership program" aimed at climate optimization of agriculture (<https://www.nrcs.usda.gov/programs-initiatives>, the date of access to the link is 19.12.2023).

In northeastern Brazil, the emergence of desolate lands is facilitated by irrational land management, especially during dry periods [91]. The effects of the 2012-2017 drought on these lands bring to the fore the solution of issues to reduce the social and economic vulnerability of small farms [92].

The fight against degradation and desertification is currently being actively conducted in Asia, where investments in projects to combat desertification have significantly reduced the area of desertification, and the trend of environmental degradation has begun to be restrained. In China, to minimize the economic consequences of drought, the "National Emergency Plan for Flood and Drought Management" was issued, a number of modern programs and technologies for drought prevention and drought resistance were developed: "Integrated management of soil and water conservation and erosion", "Lakes, meadows and sandy areas", "Protection and restoration of desert meadows", "Integrated protection and systematic management of mountains, water resources and forests", "Restoration of degraded forests", "Three Northern Protective forests", other regional programs that improve the quality of the ecological environment and reduce the area and degree of desertification [14, 44, 45, 66].

After the implementation of a number of projects on environmental protection, afforestation and the return of land to agricultural use ("Protective belt of the Three Northerns", "Natural protection of forests", "Ecological Migrant"), since 2000, a slowdown in degradation and improvement of the ecological situation has been observed in the territories of the Alxa League desert area. During the period 2000-2020, desertification was prevented on an area of 4211.9 km<sup>2</sup> [93].

Protected areas have a significant deterrent effect on the expansion of desertification. The creation of the Qilian Mountains National Park had a positive impact on combating desertification in the northeastern outskirts of the Tibetan Plateau (China). Projects for the restoration of forests and grasses, the conservation of soils and water resources were effectively implemented in this territory, environmental control over the development of deposits was carried out, and rotational grazing systems were used [21]. Over the past 20 years, the proportion of lands subjected to extremely severe desertification has been significantly reduced (from 29.22% to 5.62%) by programs to combat desertification on the Mu Us sandy land in China (one of the nine most environmentally sensitive areas in the world). [44]. The Slope Land Transformation program also plays a significant role in improving the ecological environment and ensuring rural development. Over 20 years, the program has doubled the forest fund, and the poverty rate has decreased by 7.5%. The program contributed to an increase in farm income by 5.2% [94].

The consequences of the drying up of the Aral Sea have significantly affected the entire Central Asian region, especially Uzbekistan and Kazakhstan. The development of Aralkum, which is currently a source of severe salt and dust storms, has led to the degradation of two million hec-

tares of former arable land, reduced yields due to increased salinity and environmental degradation for the local population [95, 96]. In order to minimize the effects of desertification and mitigate environmental stress, a project on afforestation of the dried seabed was launched in the Aral Sea region. Testing of large-scale plantings was carried out on sandy and moderately saline areas. It is predicted that the project will improve the hydro-climatic regime, protect the soil from wind erosion, weaken the influence of hot winds, mitigate droughts, and increase the yield of forage crops [97, 98, 99].

In Russia, desertification issues are particularly relevant for the territory in the south-east of the European part of the country [19, 49, 100, 101, 102, 103, 104, 105]. In the semi-arid zone of the Northwestern Caspian Sea, the loss of pasture productivity as a result of desertification annually reaches 1052.7 thousand fodder units and increases with increasing aridity of the climate and deterioration of soil and hydrological conditions [106]. Modern, large deflationary foci of light soils are rapidly expanding, and the possibility of their self-growth in the foreseeable future is practically excluded [107]. The intensification of desertification processes and the high rate of land degradation are characteristic of the Astrakhan region and the Republic of Kalmykia, which have turned into an ecological disaster zone [6, 108, 109]. Regular dust storms on the Black Lands and Kizlyar pastures cover valuable territories with sand, such as the UNESCO Kizlyar Bay Biosphere Reserve [67, 110, 111]. Federal Targeted Programs (FTP) aimed at the development of agricultural land reclamation through agroforestry, phytomelioration and cultural measures are widely supported in the regions [112].

The plans for cooperation between China, Mongolia and the Russian Federation to prevent the effects of droughts, degradation and desertification, and preserve the integrity of ecosystems include the creation of an "economic belt: China-Mongolia-Russia» [40].

**Conclusions.** The analysis of modern literature sources on research related to the concepts of "degradation" and "desertification" is carried out. 112 works were analyzed and systematized, as a result of which a global strategy for planning the restoration of degraded and desolate lands in arid, subarid and dry subhumid regions was revealed. The main conclusions include the following theses:

1. Modern studies of desert and arid ecosystems devoted to the driving mechanisms, spatial risks and evolutionary processes of degradation and desertification have led to significant scientific results. Particularly great successes in this area have been achieved in the monitoring and assessment of degraded and desolate lands by remote sensing methods. The sensitivity of lands to desertification has spatial heterogeneity and temporal dynamics. Remote sensing provides large-scale, long-term data support for monitoring territories and allows for effective analysis of the evolution of desertification.

2. A promising area is the application of technologies for managing the biodiversity of desolate and degraded lands. Studies of long-term dynamic changes in arid, subarid and dry subhumid territories of the Earth have shown that environmental projects give impetus to the restoration of ecological balance, vegetation growth, and ensure overall economic growth. National biodiversity strategies and action plans are the main means of combating the factors leading to the loss of biodiversity and play a key role in curbing the growth of desertification.

3. Global climate change, depletion of non-renewable resources, loss of biodiversity, degradation and desertification are global problems and require international cooperation and practical interactions to solve them. If management measures are not applied to improve land quality in areas that have been degraded and desertification, millions of people will be at risk of hunger and poverty. To combat desertification, it is necessary to continue the implementation of programs aimed at sustainable land use: agroforestry landscaping, the development of environmentally sustainable farming models, the introduction of effective irrigation methods.

**Закключение.** Проведен анализ современных литературных источников по исследованиям, связанным с понятиями «деградация» и «опустынивание». Проанализировано и систематизировано 112 работ, в результате чего выявлена мировая стратегия планирования восстановления деградированных и опустыненных земель в аридных, субаридных и сухих субгумидных регионах. Основные выводы включают следующие тезисы:

1. Современные исследования пустынных и засушливых экосистем, посвященные движущим механизмам, пространственным рискам и эволюционным процессам деградации и опустынивания, привели к существенным научным результатам. Особенно большие успехи в данной области были достигнуты в вопросах мониторинга и оценки деградированных и опустыненных земель методами дистанционного зондирования. Чувствительность земель к опустынива-

нию имеет пространственную неоднородность и временную динамику. Дистанционное зондирование предоставляет крупномасштабную, долговременную поддержку данных для мониторинга территорий и позволяет проводить эффективный анализ эволюции опустынивания.

2. Перспективным направлением является применение технологий управления биоразнообразием опустыненных и деградированных земель. Исследования долгосрочных динамических изменений аридных, субаридных и сухих субгумидных территорий Земли показали, что экологические проекты придают импульс восстановлению экологического баланса, росту растительности, обеспечивают общий экономический рост. Национальные стратегии и планы действий в области сохранения биоразнообразия являются главным средством борьбы с факторами, приводящими к утрате биоразнообразия, и играют ключевую роль в сдерживании роста опустынивания.

3. Глобальное изменение климата, истощение невозобновляемых ресурсов, утрата биоразнообразия, деградация и опустынивание являются мировыми проблемами и для решения требуют международного сотрудничества и практических взаимодействий. Если в районах, подвергшихся деградации и опустыниванию, не применять управленческие меры для улучшения качества земель, то под угрозой голода и нищеты окажутся миллионы людей. Для борьбы с опустыниванием необходимо продолжать реализацию программ, направленных на устойчивое землепользование: агролесомелиоративное обустройство ландшафтов, разработку экологически устойчивых моделей земледелия, внедрение эффективных методов орошения.

#### References

1. Wang Sh., Zhen L., Luo Q., Wei Y.-J., Xiao Y. Comprehensive Analysis of Ecological Restoration Technologies in Typical Ecologically Vulnerable Regions around the World, Sustainability. 2021. V. 13 (23). 13290.
2. El-Swaify S. A. Assessing Multiple, Concurrent and Interactive Land and Soil Degradation Processes. Global Degradation of Soil and Water Resources. Springer, Singapore, 2022/
3. AbdelRahman M. A. E. An overview of land degradation, desertification and sustainable land management using GIS and remote sensing applications, Rend. Fis. Acc. Lincei. 2023. No 34. Pp. 767–808.
4. López-Carr D., Pricope N. G., Mwenda K. M., et al. A Conceptual Approach towards Improving Monitoring of Living Conditions for Populations Affected by Desertification, Land Degradation, and Drought, Sustainability. 2023. No 15(12). 9400.
5. Al-Obaidi J. R., Yahya M., et al. The environmental, economic, and social development impact of desertification in Iraq: a review on desertification control measures and mitigation strategies, Environ Monit Assess. 2022. V. 194. P. 440.
6. Zolotokrylin A. N., Cherenkova E. A., Titkova T. B., Aridization of drylands in the European part of Russia: Secular trends and links to droughts, Reg. Res. Russ. 2020. No 84. Pp. 207–217.
7. Karavitis C. A., Tsismelis D. E., Oikonomou P. D., et al. A desertification risk assessment decision support tool (DRAST). Catena. 2020. V. 187. P. 104413.
8. Tariq A., Ullah A., Sardans J., et al. Alhagi sparsifolia: An ideal phreatophyte for combating desertification and land degradation, Science of The Total Environment. 2022. V. 844. 157228.
9. Yu P., Qiuying Zh., Yuanzhan Ch., et al. Resilience, Adaptability, and Regime Shifts Thinking: A Perspective of Dryland Socio-Ecology System. Journal of Resources and Ecology. 2021. No 12 (3). Pp. 376–383.
10. Pyke D. A., Boyd C. S. Manipulation of Rangeland Wildlife Habitats. Rangeland Wildlife Ecology and Conservation, Springer, Cham, 2023.
11. Mitri G., Nasrallah G., Gebrael K., et al. Assessing land degradation and identifying potential sustainable land management practices at the subnational level in Lebanon. Environ Monit Assess. 2019. No 191. P. 567.
12. Wong G., Greenhalgh T., Westhorp G., et al. RAMESES publication standards: Meta-narrative reviews. J Adv Nurs. 2013. No 69 (5). Pp. 987–1004.
13. Naumann G., Cammalleri C., Mentaschi L., Feyen L. Increased economic drought impacts in Europe with anthropogenic warming. Nature Climate Change. 2021. No 11 (6). Pp. 485–491.
14. Han F., Ling H., Deng X., et al. Weakened economic impacts with future intensifying drought in Chinese mainland, Journal of Cleaner Production. 2023. V. 428. 139473.
15. Mythili G., Goedecke J. Economics of land degradation in India. In Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development. Springer: Cham, Germany, 2016. 686 p.
16. Chiang F., Mazdiyasn O., AghaKouchak A. Evidence of anthropogenic impacts on global drought frequency, duration, and intensity. Nature communications. 2021. No 12 (1). 2754.
17. Li H., Li Z., Chen Y., Xiang Y., et al. Drylands face potential threat of robust drought in the CMIP6 SSPs scenarios. Environmental Research Letters. 2021. No 16 (11). 114004.
18. Pickering J., Hickmann T., Bäckstrand K., et al. Democratizing sustainability transformations: Assessing the transformative potential of democratic practices in environmental governance. Earth System Governance. 2022. V. 11. 100131.
19. Kulik K. N., Petrov V. I., Yuferev V. G., et al. Geoinformational Analysis of Desertification of the Northwestern Caspian. Arid Ecosystems. 2020. No 10 (2). Pp. 98–105.
20. De Graaff M. A., Hornslein N., Throop H. L., Kardol P., van Diepen L. T. Effects of agricultural intensification on soil biodiversity and implications for ecosystem functioning: a meta-analysis. Academic Press Inc, 2019. V. 155. Pp. 1–44.



21. Zijin L., Si Jianhua, Deng Y. Assessment of Land Desertification and Its Drivers in Semi-Arid Alpine Mountains: A Case Study of the Qilian Mountains Region, Northwest China. *Remote Sensing*. 2023. V. 15 (15). 3836.
22. Giuliani G., Mazzetti P., Santoro M., Nativi S., et al. Knowledge Generation Using Satellite Earth Observations to Support Sustainable Development Goals (SDG): A Use Case on Land Degradation. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2020. No 88. 102068.
23. da Silva Pinto V. R. M., Javier T., et al. Socio-Environmental Vulnerability to Drought Conditions and Land Degradation: An Assessment in Two Northeastern Brazilian River Basins. *Sustainability*. 2023. No 15 (10). 8029.
24. Maja M. M., Ayano S. F. The Impact of Population Growth on Natural Resources and Farmers' Capacity to Adapt to Climate Change in Low-Income Countries, *Earth Syst. Environ.* 2021. V. 5. Pp. 271–283.
25. Joy Saha, Showmita Subrin Ria, Jakia Sultana, Urmi Akter Shima, Md Mahadi Hasan Seyam, Rahman Md. M. Assessing seasonal dynamics of land surface temperature (LST) and land use land cover (LULC) in Bhairab, Kishoreganj, Bangladesh: A geospatial analysis from 2008 to 2023. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. 2024. No 9. 100560.
26. Asibey M. O., Cobbinah P. B. The Evidence for Climate Change on Our Planet. *The Palgrave Handbook of Global Sustainability*. Palgrave Macmillan, Cham, 2023. Pp. 223–238.
27. Hayes M., Svoboda M., Wall N., Widhalm M. The Lincoln Declaration on Drought Indices: Universal Meteorological Drought Index Recommended, *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 2011. V. 92. Pp. 485–488.
28. Paredes-Trejo F., Alves Barbosa H., Antunes Daldegan G., et al. Impact of Drought on Land Productivity and Degradation in the Brazilian Semiarid Region. *Land*. 2023. No 12 (5). 954.
29. Adejuwon J. O., Dada E., Temporal analysis of drought characteristics in the tropical semi-arid zone of Nigeria. *Scientific African*. 2021. V. 14. e01016.
30. Lelamo L. L., Shenkut B. T., Abdilahi A. H. Drought characteristics and pastoralists' response strategies in Korahey zone, Somali regional state, Eastern Ethiopia, *Scientific African*. 2022. V. 16. e01254.
31. Sriroop Ch., Roy M., McDonald L. M., Emendack Y. Land Degradation–Desertification in Relation to Farming Practices in India: An Overview of Current Practices and Agro-Policy Perspectives, *Sustainability*. 2023. No 15 (8). 6383.
32. Dash P. K., Panigrahi N., Mishra A. Identifying opportunities to improve digital soil mapping in India: A systematic review. *Geoderma Reg.* 2022. No 28. e00478.
33. Bharambe K. P., Shimizu Y., Kantoush S. A., Sumi T., M. Saber, Impacts of climate change on drought and its consequences on the agricultural crop under worst-case scenario over the Godavari River Basin. *India. Climate Services*. 2023. No 2. 100415.
34. Shadman F., Sadeghipour S., Moghavvemi M., R. Saidur, Drought and energy security in key ASEAN countries, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. No 53. Pp. 50–58.
35. Hong I., Lee J. H., Cho H. S. National drought management framework for drought preparedness in Korea (lessons from the 2014–2015 drought). *Water Policy*. 2016. No 18 (S2). Pp. 89–106.
36. Ontel I., Sorin Ch., Irimescu A., et al. Assessing the Recent Trends of Land Degradation and Desertification in Romania Using Remote Sensing Indicators. *Remote Sensing*. 2023. No 15 (19). 4842.
37. Cunha A. P. M. A., Zeri M., Leal K. D., et al. Extreme Drought Events over Brazil from 2011 to 2019. *Atmosphere*. 2019. No 10 (642).
38. Kiem A. S., Austin E. K. Drought and the future of rural communities: Opportunities and challenges for climate change adaptation in regional Victoria, Australia. *Global Environmental Change*. 2013. No 23 (5). Pp. 1307–1316.
39. UNCCD – United Nations Convention to Combat Desertification. Outcomes of the Work of the Committee on Science and Technology on a Monitoring Framework for the Strategic Objective on Drought; ICCD/COP(14)/CST/7-ICCD/CRIC(18)/4; UNCCD: Bonn, Germany, 2019. Pp. 1–15.
40. Yazhou Zhao, et al. Spatiotemporal Changes and Driving Force Analysis of Land Sensitivity to Desertification in Xinjiang Based on GEE. *Land*. 2023. No 12 (4). 849.
41. Wang Zhuoran, Eerdun Hasi Research on the Development of Deserticulture and Desertification Land Use Benefits Evaluation in Ordos City. *Land*. 2023. No 12 (6).
42. Yan Yujie, Junyu Zhou, Wei Feng, et al. Study of Changes in the Ulan Buh Desert under the Dual Impacts of Desert Farmland Development and Climate Change. *Plants*. 2023. No 12 (19). 3510.
43. Yan Yujie, Zhiming Xin, Xuying Bai, et al. Analysis of Growing Season Normalized Difference Vegetation Index Variation and Its Influencing Factors on the Mongolian Plateau Based on Google Earth Engine. *Plants*. 2023. No 12 (13). 2550.
44. Xinyang J., Jinzhong Yang, Jianyu Liu, et al. Analysis of Spatial-Temporal Changes and Driving Forces of Desertification in the Mu Us Sandy Land from 1991 to 2021. *Sustainability*. 2023. No 15 (13). 10399.
45. Duo Linghua, Junqi Wang, Fuqing Zhang, Yuanping Xia, Sheng Xiao, He B. J. Assessing the Spatiotemporal Evolution and Drivers of Ecological Environment Quality Using an Enhanced Remote Sensing Ecological Index in Lanzhou City, China. *Remote Sensing*. 2023. No 15 (19). 4704.
46. Cai J., Yu W., Fang Q., et al. Extraction of Rocky Desertification Information in the Karst Area Based on the Red-NIR-SWIR Spectral Feature Space. *Remote Sensing*. 2023. No 15 (12). 3056.
47. Tian Shu, Xiong K., Zhang N. Response of the Desertification Landscape Patterns to Spatial–Temporal Changes of Land Use: A Case Study of Salaxi in South China Karst. *Land*. 2023. No 12 (8). 1557.
48. Titkova T. B., Zolotokrylin A. N. Summer climatic changes in the south of European Russia. *Fundamental and applied climatology*. 2022. No 8 (1). Pp. 107–121.
49. Kust G., Andreeva O., Shklyayeva D. Application of the Concept of Land Degradation Neutrality for Remote Monitoring of Agricultural Sustainability of Irrigated Areas in Uzbekistan. *Sensors*. 2023. No 23 (14). 6419.
50. De Santiago D. B., Barbosa H. A., Filho W. L. F. C., et al. Variability of Water Use Efficiency Associated with Climate Change in the Extreme West of Bahia. *Sustainability*. 2022. No 14. 16004.

51. Xie D., Huang H., Feng L., Sharma R. P., et al. Aboveground Biomass Prediction of Arid Shrub-Dominated Community Based on Airborne LiDAR through Parametric and Nonparametric Methods. *Remote Sensing*. 2023. No 15 (13). 3344.
52. Zhang Yuxin, Wang J., Watson A. E. Rapid Vegetation Growth due to Shifts in Climate from Slow to Sustained Warming over Terrestrial Ecosystems in China from 1980 to 2018. *Remote Sensing*. 2023. No 15 (15). 3707.
53. Egidi G., Cividino S., Paris E., et al. Assessing the impact of multiple drivers of land sensitivity to desertification in a Mediterranean country. *Environ. Impact Assess. Rev.* 2021. No 89. 106594.
54. Kairis O., et al. Identifying degraded and sensitive to desertification agricultural soils in Thessaly, Greece, under simulated future climate scenarios. *Land*. 2022. No 11. 395.
55. Uzuner C., Dengiz O. Desertification risk assessment in Turkey based on environmentally sensitive areas. *Ecol. Indic.* 2020. V. 114. 106295.
56. Joy R., Das S. Monitoring land sensitivity to desertification using the ESAI approach and evaluation of the key indicators: A spatio-temporal study in India. *Land Degrad. Dev.* 2021. No 32. Pp. 3045–3061.
57. Jiang L., Bao A., Jiapaer G., et al. Monitoring land sensitivity to desertification in Central Asia: Convergence or divergence? *Sci. Total Environ.* 2019. No 658. Pp. 669–683.
58. Shao W., Wang Q., Guan Q., et al. Environmental sensitivity assessment of land desertification in the Hexi Corridor, China. *Catena*. 2023. No 220. 106728.
59. Cherlet M., Hutchinson C., et al. *World Atlas of Desertification*, Publications Office of the European Union. Luxembourg, 2018.
60. Borlaug N. E. Sixty-two years of fighting hunger: personal recollections. *Euphytica*. 2007. No 157. Pp. 287–297.
61. Brandt M., Rasmussen K., Peñuelas J., et al. Human population growth offsets climate-driven increase in woody vegetation in sub-Saharan Africa. *Nat Ecol Evol.* 2017. V. 1. 0081.
62. Ekhuemelo D. O., Amonum J. I., Usman I. A. Importance of forest and trees in sustaining water supply and rainfall. *Nigeria journal of education, health and technology research (njehetr)*. 2016. No 8. Pp. 273–280.
63. Shimada M., et al. New global forest/non-forest maps from ALOS PALSAR data (2007–2010). *Remote Sensing of Environment*. 2014. No 155. Pp. 13–31.
64. Wade T. I., Ndiaye O., Mauclore M., et al. Biodiversity field trials to inform reforestation and natural resource management strategies along the African Great Green Wall in Senegal. *New Forests*. 2018. No 49. Pp. 341–362.
65. Nair P. K. R., Kumar B. M., Nair V. D. *Historical Developments: The Coming of Age of Agroforestry. An Introduction to Agroforestry*. Springer, Cham, 2021. Pp. 3–20.
66. Martin M., Nair C. T. S. *Forestry, World agriculture: towards 2015/2030. An FAO perspective*, 2003. Pp. 177–197.
67. Xiong Kangning, Cheng He, Yongkuan Chi Research Progress on Grassland Eco-Assets and Eco-Products and Its Implications for the Enhancement of Ecosystem Service Function of Karst Desertification Control. *Agronomy*. 2023. No 13 (9). 2394.
68. Shinkarenko S. S., Jamirzoev G. S., Vasilchenko A. A. The problem of desertification in the UNESCO Kizlyar Bay Biosphere Reserve. *Geographical Bulletin*. 2021. No 4 (59). Pp. 99–112.
69. Ayanlade A., Radeny M., Morton J. F., Muchaba T. Rainfall variability and drought characteristics in two agro-climatic zones: An assessment of climate change challenges in Africa. *Science of the Total Environment*. 2018. V. 630. Pp. 728–737.
70. Letsoalo N., Samuels I., Cupido C., Ntombela K., et al. Coping and adapting to drought in semi-arid Karoo rangelands: Key lessons from livestock farmers. *Journal of Arid Environments*. 2023. No 219. 105070.
71. Vlasenko M. V. Influence of protective forest plantings and microrelief on the productivity of forage lands in the sarpinskaya. *Arid Ecosystems*. 2014. No 4 (4). Pp. 304–308.
72. Zvolinsky V. P., Fedorova V. A., Mukhortova T. V., et al. Technology of creation of stable fodder phytocenoses in conditions of irrigation of the North-Western Caspian Sea. *Adaptive feed production*. 2016. No 1. Pp. 68–75.
73. Turko S. Yu., Rybashlykova L. P., Vlasenko M. V. Agroecological aspects of cultivating granary crop for the restoration of degraded lands under arid zone: A review. *Research on Crops*. 2023. No 24 (3). Pp. 618–627.
74. Shamsutdinov Z. S., Shamsutdinov N. Z. Biogeocenotic principles and methods of degraded pastures phytomelioration in Central Asia and Russia. *Prospects for Saline Agriculture. Tasks for vegetation science*. 2002. V. 37.
75. Toderich C. N., Goldshtein R. I., Aparin W. B., Idzikowska K., Rashidova G. S. *Environmental State and an Analysis of Phytogenetic Resources of Halophytic Plants for Rehabilitation and Livestock Feeding in Arid and Sandy Deserts of Uzbekistan. Sustainable Land Use in Deserts*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2001.
76. Choge S., Mbaabu P. R., Mukuria G. Muturi, Chapter 5 – Management and control of the invasive *Prosopis juliflora* tree species in Africa with a focus on Kenya. *Prosopis as a Heat Tolerant Nitrogen Fixing Desert Food Legume*. Academic Press, 2022. Pp. 67–81.
77. Hovick T. J., Duchardt C. J., Duquette C. A. *Rangeland Biodiversity. Rangeland Wildlife Ecology and Conservation*. Springer. Cham., 2023.
78. Longjun C. *UN Convention to Combat Desertification*. 2019. Pp. 238–251.
79. Marquardt J., Fünfgeld A., Elsässer J. P. Institutionalizing climate change mitigation in the Global South: Current trends and future research. *Earth System Governance*. 2023. No 15. 100163.
80. Aamodt S. Environmental ministries as climate policy drivers: Comparing Brazil and India. *The Journal of Environment & Development*. 2018. No 27.4. Pp. 355–381.
81. Dubash N. K. Varieties of climate governance: the emergence and functioning of climate institutions. *Environmental Politics*. 2021. No 30 (1). Pp. 1–25.
82. Cardona Santos E. M., Kinniburgh F., Schmid S., et al. Mainstreaming revisited: Experiences from eight countries on the role of National Biodiversity Strategies in practice. *Earth System Governance*. 2023. No 16. 10017.
83. Ribeiro T. L. Institutional outcome at the subnational level – Climate commitment as a new measurement. *Earth System Governance*. 2023. No 16. 100176.

84. Kuh K. F. The Law of Climate Change Mitigation: An Overview, Encyclopedia of the Anthropocene. Elsevier. 2018. Pp. 505-510.
85. Zhao Y., Yang Sh., Liu L., et al. Variations and driving mechanisms of desertification in the southeast section of the China-Mongolia-Russia Economic Zone. Science of the Total Environment. 2023. No 887. 164004.
86. Guissé A., Boëtsch G., Ducourneau A., Goffner D., Gueye L., L'Observatoire hommes-milieus international Tessékéré (OHMi): un outil de recherche pour étudier la complexité des écosystèmes arides du Sahel. Comptes Rendus Biologies. 2013. V. 336 (5–6). Pp. 273-277.
87. Ameni Khatteli, Tlili A., Chaieb M., Ouassar M. Effects of Wind Erosion Control Measures on Vegetation Dynamics and Soil-Surface Materials through Field Observations and Vegetation Indices in Arid Areas. Southeastern Tunisia. Sustainability. 2023. V. 15 (19). 14256.
88. Sreenivas K., Sujatha G., Mitran T., et al. Decadal changes in land degradation status of India. Current Science. 2021. No 121 (4). Pp. 539-550.
89. Merenlender A. M., Huntsinger L., Guthey G., et al. Land trusts and conservation easements: who is conserving what for whom. Conserv Biol. 2004. No 18 (1). Pp. 65–76.
90. Cockerill C., Napier T. L., Minardi R., Davidson D. Eight Decades of USDA Soil and Water Conservation Policies and Programs. Global Degradation of Soil and Water Resources. Springer, Singapore, 2022.
91. Silva Pinto Vieira R. M. D., Tomasella J., Barbosa A. A., et al. Desertification Risk Assessment in Northeast Brazil: Current Trends and Future Scenarios. Land Degrad. Dev. 2021. No 32. Pp. 224–240.
92. Marengo J. A., Cunha A. P. M., Nobre C. A., Ribeiro Neto G. G., et al. Assessing drought in the drylands of northeast Brazil under regional warming exceeding 4°C. Natural Hazards. 2020. No 103. Pp. 2589-2611.
93. Xie Jiali, Zhixiang Lu, Shengchun Xiao, Changzhen Yan The Latest Desertification Process and Its Driving Force in Alxa League from 2000 to 2020. Remote Sensing. 2023. No 15 (19). 4867.
94. Zhao Rong, Tianyu Jia, He Li, Could the Sloping Land Conversion Program Promote Farmers' Income in Rocky Desertification Areas? – Evidence from China, Sustainability. 2023. No 15 (12). 9295.
95. Novitskiy Z. B. Phytomelioration in the Southern Aralkum. Aralkum – a Man-Made Desert. Ecological Studies. 2012. V. 218. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.
96. Gafurova L., Juliev M. Soil Degradation Problems and Foreseen Solutions in Uzbekistan. Regenerative Agriculture. Springer, Cham, 2021.
97. Semenov O. E., Shapov A. I., Galaeva O. S., Idrisova V. P. Wind deflation and sand and salt deposition form the drained part of the Aral sea bottom. Arid Ecosystems. 2006. No 12 (29). Pp. 47–58.
98. Kuzmina Z. V., Treshkin S. Y. Phytomelioration of Solonchaks in the Uzbekistan Pre-Aral Region Under Recent Climate Change. Aralkum – a Man-Made Desert. Ecological Studies. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. V. 218.
99. Dimeyeva L. A., Permitina V. N., Sultanova B. M., et al. Evaluation of the restoration dynamics of the Artemisia terrae-albae communities in the northern part of the Aral Sea region. Arid Ecosystems. 2017. V. 7. Pp. 256-264.
100. Kulik K. N. Agroforestry mapping and phytoecological assessment of arid landscapes. All-Russian Research Institute of Agroforestry. Volgograd, 2004. 248 p.
101. Lazareva V. G., Bananova V. A., Dung N. V. Phytoecological mapping of the North-West Pre-Caspian area. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. No 9. 012055.
102. Bananova V. A., Lazareva V. G., Petrov K. M. Trends of desertification processes in the north-western part of the Caspian. Geology, Geography and global energy. 2021. No 1 (80). Pp. 77-86.
103. Lazareva V. G., Bananova V. A., Nguyen V. Z., Seratirova V. V. Dynamics of vegetation of pastures of the North-Western Caspian Sea under the influence of climatic fluctuations. Geographical environment and living systems. 2023. No 1. Pp. 31-39.
104. Vlasenko M. V., Rybashlykova L. P., Turko S. Yu. Restoration of Degraded Lands in the Arid Zone of the European Part of Russia by the Method of Phytomelioration. Agriculture. 2022. No 12 (3). 437.
105. Zolotokrylin A. N., Cherenkova E. A., Titkova T. B. Bioclimatic Subhumid Zone of Russian Plains: Droughts, Desertification, and Land Degradation. Arid Ecosystems. 2018. No 8. Pp. 7-12.
106. Vlasenko M. V., Kulik A. K., Salugin A. N. Evaluation of the Ecological Status and Loss of Productivity of Arid Pasture Ecosystems of the Sarpa Lowland. Arid Ecosystems. 2019. No 9 (4). Pp. 273–281.
107. Manaenkov A. S., Rybashlykova L. P. Increasing the Efficiency of Plant-Cover Restoration in the Modern Focus of Deflation on Pastures of the Northwestern Caspian Region. Arid Ecosystems. 2020. No 10. Pp. 358-367.
108. Dedova E. B., Goldvarg B. A., Tsagan-Mandzhiev N. L. Land Degradation of the Republic of Kalmykia: Problems and Reclamation Methods. Arid Ecosystems. 2020. V. 10. Pp. 140–147.
109. Salugin A. N., Vlasenko M. V. Mathematical models of the dynamic stability of arid pasture ecosystems in the south of Russia. Agronomy. 2022. No 12.
110. Vdovenko A. V., Vlasenko M. V., Turko S. Yu. Phytomeliorative state of forage lands in the astrakhan region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2013. No 3 (31). Pp. 86-91.
111. Shinkarenko S. S., Vypritsky A. A., Vasilchenko A. A., Berdengalieva A. N. Analysis of the impact of anthropogenic loads on desertification processes in the Northern Caspian Sea by satellite data. Exploration of the Earth from space. 2023. No 3. Pp. 44-57.
112. Kulik K. N., Vlasenko M. V. Experience in implementing major national projects to combat degradation and desertification in Russia. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. 2024. No 9. 100583.

## Информация об авторах

**Кулик Алексей Константинович**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией гидрологии агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 97), ORCID: 0000-0001-5927-7336, e-mail: kulikak79@yandex.ru

**Власенко Марина Владимировна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6356-2225>, e-mail: vlasencomarina@mail.ru

## Author's Information

**Kulik Aleksey Konstantinovich**, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: 0000-0001-5927-7336, e-mail: kulikak79@yandex.ru

**Vlasenko Marina Vladimirovna**, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6356-2225>, e-mail: vlasencomarina@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-16

## STUDYING THE EFFECTIVENESS OF INNOVATIVE BRANDS OF MINERAL FERTILIZERS IN THE CULTIVATION OF CHICKPEAKES ON LIGHT CHESTNUT SOILS IN THE VOLGOGRAD REGION

Sidorov A. N., Chamurliiev O. G., Chamurliiev G. O., Kholod A. A., Vasina I. A.

Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: sash-ka2008@mail.ru

Received 11.10.2023

Submitted 13.02.2024

**Introduction.** Possessing high drought and heat tolerance, chickpeas provide more stable yields compared to other leguminous crops. Stable high market conditions for its grain make this crop economically attractive for many farms in the Lower Volga region. However, the relatively low yield of chickpeas forces scientists to search for effective methods to increase the productivity of this crop. The emergence of new brands of mineral fertilizers on the market contributes to the study of this urgent problem. **Purpose of research.** Evaluation of the effectiveness of pre-sowing application of various forms of complex fertilizers on the yield of chickpeas on light chestnut soils. **Object.** The object of the study was the chickpea variety Volzhanin. **Materials and methods.** In accordance with the stated goal and objectives of the study, a scheme of field experiment for applying mineral fertilizers to chickpeas was developed, including the following options: 1). APAVIVA NP 12:52; 2). APAVIVA NP(S) 20:20(14); 3). APAVIVA NPK(S) 15:15:15(10); 4). APAVIVA NPK(S) 8:19:29(3); 5). APAVIVA NPK(S) 10:20:20(6); 6). APAVIVA NPK(S) 8:24:24(3). Place of the experiment: Volgograd region, Gorny settlement, crop rotation plot in the Innovation Village National Democratic Institution of the Volgograd State Agrarian University. Agrochemical characteristics: the soil of the experimental plot is light chestnut, heavy loamy, humus 1.7%, pH level 7.5. Content of ammonium nitrogen (NH<sub>4</sub>) – 5.5 mg/kg, nitrate nitrogen (NO<sub>3</sub>) – 12.5 mg/kg, mobile phosphorus (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 40.8 mg/kg, exchangeable potassium (K<sub>2</sub>O) – 338 mg/kg soil. Conducting a small-plot field experiment (plot size – 20 m<sup>2</sup>, option - 80 m<sup>2</sup>). Total experience area: 480 m<sup>2</sup>. Repetition – 4 times. The previous crop was spring barley, after harvesting which deep moldboard plowing at 0.25-0.27 m with a PN – 4 – 35 plow was used as the main soil treatment. **Results and conclusions.** During research on the application of mineral fertilizers, it was found that the height of plants according to the experimental options ranged from 29.7 to 31.7 cm on the options NP(S) 20:20(14), NPK(S) 10:20:20(6), NPK(S) 15:15:15(10), plants were taller than on the variants NP 12:52, NPK(S) 8:24:24(3) and NPK(S) 8:19:29(3) by 1-2 cm, respectively. The number of formed beans in the NPK(S) 8:24:24(3) variant was maximum – 28 pieces. on variants NPK(S) 10:20:20(6), NPK(S) 15:15:15(10) the number of beans decreased to 27 and the smallest number was formed on variants NP(S) 20:20(14), NPK(S) 8:19:29(3), NP 12:52 – 26, 25 and 24 pieces, respectively. The number of grains per plant for all experimental variants did not differ significantly from 29 to 31 pieces. but the grain weight was different, which in turn affected the yield. The maximum yield was recorded in the NPK(S) 8:19:29(3) option – 2.47 t/ha. On the NPK(S) 15:15:15(10) and NP 12:52 options, the yield decreased to 2.32 and 2.24 t/ha. The lowest rates of less than 2 t/ha were observed in the variants NPK(S) 8:24:24(3), NP(S) 20:20(14), NPK(S) 10:20:20(6) – 1.97, 1.93 and 1.87 t/ha, respectively. Pre-sowing application of NP 12:52, NPK(S) 15:15:15(10), NPK(S) 8:19:29(3) at a dose of 150 kg/ha helps to obtain a yield of 2.24 to 2.47 tons /ha with production profitability from 197 to 242%.

**Keywords:** mineral fertilizers, chickpea cultivation, chickpea cultivation technologies, chickpea yield, mineral fertilizer brands.

**Citation.** Sidorov A. N., Chamurliiev O. G., Chamurliiev G. O., Kholod A. A., Vasina I. A. Studying the effectiveness of innovative brands of mineral fertilizers in the cultivation of chickpeakes on light chestnut soils in the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 141-148 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-16.

**Author's contribution.** All authors listed in this article were directly involved in the research and processing of the data obtained. All authors have read and approved the final version submitted.

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



УДК 635.657:631.82:631.445.51

**ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ МАРОК МИНЕРАЛЬНЫХ  
УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НУТА НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ  
ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ****Сидоров А. Н.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник**Чамурлиев О. Г.**, доктор сельскохозяйственных наук, директор НИИ**Чамурлиев Г. О.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**Холод А. А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник**Васина И. А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ассистентФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Актуальность.** Обладая высокой засухоустойчивостью и жаровыносливостью, нут формирует более стабильные урожаи в сравнении с другими зернобобовыми культурами. Высокая конъюнктура рынка на его зерно делает эту культуру экономически привлекательной для многих хозяйств Нижневолжского региона. Однако сравнительно невысокая урожайность нута побуждает учёных заниматься поиском эффективных приёмов повышения продуктивности этой культуры. Появление на рынке инновационных марок минеральных удобрений может способствовать решению этой актуальной проблемы. **Цель исследований.** Оценка эффективности допосевного внесения новых форм комплексных удобрений на урожайность нута на светло-каштановых почвах. **Объект.** Объектом исследования был сорт нута Волжанин. **Материалы и методы.** В соответствии с поставленной целью и задачами исследования была разработана схема полевого опыта по внесению минеральных удобрений марки АРАВИВА под нут, включающая следующие варианты: 1) NP 12:52; 2) NP(S) 20:20(14); 3) NPK(S) 15:15:15(10); 4) NPK(S) 8:19:29(3); 5) NPK(S) 10:20:20(6); 6) NPK(S) 8:24:24(3). Место проведения опыта: Волгоградская область, п. Горный, севооборотный участок в НОДП «Инновационная деревня» Волгоградского ГАУ. Агрохимическая характеристика пахотного слоя светло-каштановой тяжелосуглинистой почвы опытного поля, гумус 1,7 %, pH 7,5, содержание аммонийного азота ( $\text{NH}_4^+$ ) – 5,5 мг/кг, нитратного азота ( $\text{NO}_3^-$ ) – 12,5 мг/кг, подвижного фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) – 40,8 мг/кг, обменного калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ) – 338 мг/кг почвы. Проведение полевого мелкоделяночного опыта (размер делянки – 20 м<sup>2</sup>, варианта – 80 м<sup>2</sup>). Общая площадь опыта: 480 м<sup>2</sup>. Повторность – 4-х кратная. Предшествующей культурой являлся яровой ячмень, после уборки которого в качестве основной обработки почвы применялась глубокая отвальная вспашка на 0,25 – 0,27 м. плугом ПН – 4 – 35. **Результаты и выводы.** В ходе проведения исследований по оценке действия минеральных удобрений установлено, что высота растений по вариантам опыта колебалась от 29,7 до 31,7 см. При этом на вариантах NP(S) 20:20(14), NPK(S) 10:20:20(6), NPK(S) 15:15:15(10), растения были выше, чем на вариантах NP 12:52, NPK(S) 8:24:24(3) и NPK(S) 8:19:29(3) на 1-2 см соответственно. Количество сформировавшихся бобов у растений нута на варианте NPK(S) 8:24:24(3) было максимальным – 28 шт.; на вариантах NPK(S) 10:20:20(6), NPK(S) 15:15:15(10) число бобов снизилось до 27, а наименьшее их количество сформировалось у растений на вариантах NP(S) 20:20(14), NPK(S) 8:19:29(3), NP 12:52 – 26, 25 и 24 шт. соответственно. Количество зерен с одного растения по всем вариантам опыта варьировалось незначительно от 29 до 31 шт., а вот масса зерна имела существенные различия, что отразилось на формировании урожайности по вариантам опыта. Максимальная урожайность была зафиксирована на варианте NPK(S) 8:19:29(3) – 2,47 т/га. На вариантах NPK(S) 15:15:15(10) и NP 12:52 урожайность снизилась до 2,32 и 2,24 т/га. Наименьшие показатели (менее 2 т/га) отмечены на вариантах NPK(S) 8:24:24(3), NP(S) 20:20(14), NPK(S) 10:20:20(6) – 1,97, 1,93 и 1,87 т/га соответственно. Предпосевное внесение NP 12:52, NPK(S) 15:15:15(10), NPK(S) 8:19:29(3) в дозе 150 кг/га способствует получению урожайности от 2,24 до 2,47 т/га с рентабельностью производства от 197 до 242%.

**Ключевые слова:** минеральные удобрения, возделывание нута, технологии возделывания нута, урожайность нута, марки минеральных удобрений.

**Цитирование.** Сидоров А. Н., Чамурлиев О. Г., Чамурлиев Г. О., Холод А. А., Васина И. А. Изучение эффективности инновационных марок минеральных удобрений при возделывании нута на светло-каштановых почвах Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 141-148. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-16.

**Авторский вклад.** Все авторы, указанные в настоящей статье, принимали непосредственное участие в проведении исследований и обработке полученных данных. Все авторы ознакомлены с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** На малогумусных светло-каштановых почвах Нижневолжского региона, характеризующихся избытком тепла в летнее время и частыми засухами, положительно зарекомендовал себя нут – теплолюбивая и засухоустойчивая зернобобовая культура. Его семена отличаются повышенным содержанием белка, углеводов и жира, наличием многих микроэлементов и некоторых витаминов [4].

Нут – ценная однолетняя зернобобовая культура. Она характеризуется самой высокой питательной ценностью среди всех зернобобовых культур, большим количеством витаминов и других биологически ценных веществ. Это обуславливает высокий спрос на зерно нута, которое используется как для продовольственных, так и для кормовых целей [9].

Агротехническая особенность нута заключается в том, что он обогащает почву азотом и является ценной органической массой – насыщает пахотный горизонт фосфором, калием, кальцием и улучшает структуру почвы. Благодаря симбиозу со специфическими бактериями нут усваивает атмосферный азот и синтезирует физиологически активные соединения, а корневые выделения имеют высокую кислотность, что способствует растворению фосфатов [2, 15].

Нут неприхотлив к предшественнику: его можно сеять после кукурузы на силос, льна, рапса. Но наибольшую урожайность получают после чёрных паров и зерновых культур. Главное условие при посеве нута – хорошо выровненное поле, слабая засоренность и отсутствие многолетних корневищных и двудольных сорняков на поле. В свою очередь нут является отличным предшественником для большинства сельхозкультур. Урожайность озимой пшеницы после нута такая же, как и после чёрного пара, а иногда даже превышает её. В 2023 году посевные площади под нут в Волгоградской области составили 92 тыс. га при средней урожайности 1,92 т/га [10].

**Материалы и методы.** В соответствии с поставленной целью и задачами исследования была разработана схема полевого опыта по внесению минеральных удобрений под нут, включающая следующие варианты:

1. АРАВИВА NP 12:52 (аммофос) – контроль;
2. АРАВИВА NP(S) 20:20(14) (сульфоаммофос);
3. АРАВИВА NPK(S) 15:15:15(10) (комплексное удобрение с серой);
4. АРАВИВА NPK(S) 8:19:29(3) (комплексное удобрение с серой);
5. АРАВИВА NPK(S) 10:20:20(6) (комплексное удобрение с серой);
6. АРАВИВА NPK(S) 8:24:24(3) (комплексное удобрение с серой).

Место проведения опыта: Волгоградская область, п. Горный, севооборотный участок в НОДП «Инновационная деревня» Волгоградского ГАУ. Агрохимическая характеристика: почва опытного участка светло-каштановая тяжелосуглинистая, гумус 1,7%, уровень pH 7,5. Содержание аммонийного азота ( $\text{NH}_4$ ) – 5,5 мг/кг, нитратного азота ( $\text{NO}_3$ ) – 12,5 мг/кг, подвижного фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) – 40,8 мг/кг, обменного калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ) – 338 мг/кг почвы.

Проведение полевого мелкоделяночного опыта (размер делянки – 20 м<sup>2</sup>, варианта – 80 м<sup>2</sup>). Общая площадь опыта – 480 м<sup>2</sup>. Повторность – 4-х кратная. Объектом исследования был сорт Волжанин. Предшествующей культурой являлся яровой ячмень, после уборки которого в качестве основной обработки почвы применялась глубокая отвальная вспашка на 0,25 – 0,27 м. плугом ПН – 4 – 35.

Весенние работы включали несколько технологических операций: покровное боронование зубowymi боронами в два следа; две культивации, включающие обработку на 0,10 – 0,12 м и последующую под посев нута на 0,06–0,08 м. При проведении предпосевной культивации было внесено по 150 кг в ф.в. каждого вида минеральных удобрений по вариантам опыта.

Посев семян нута провели на глубину 0,06 м, когда температура почвы в этом слое составила 12 – 14 °С. Норма высева составила 600 тыс/га всхожих семян. Подсчет биологической урожайности определяли за 10 дней до уборки. Убирали нут прямым комбайнированием по делянкам опыта.

Определение структуры урожая проведено по методике, согласно основам научных исследований в агрономии. Статистическая обработка данных проведена методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [6].

**Результаты и обсуждение.** Климат зоны проведения опытов резко континентальный и достаточно изменчивый. Температура воздуха по многолетним значениям достаточно высокая и составляет +8,7 °С. Жаркими днями в июле-августе среднегодовая температура воздуха может достигать до +39...+45 °С, а в очень холодные месяцы январь-февраль температура в отдельные дни может опускаться до -36...-41°С. Жаркими днями июля или августа температура поверхности почвы способна повыситься до 60 °С. Холодными зимами максимальная глубина промерзания почвы бывает 80 см. Относительная влажность воздуха летом бывает низкой и опускается до 47%, зимой – высокая и достигает 83%. Летом влажность воздуха может опускаться ниже 30%, что является характерным для засушливых и суховейных периодов. Среднегодовое количество осадков за год равняется 278 мм. Однако кварталы осадки распределяются неравномерно [7, 14].

В теплый период года выпадает более половины атмосферных осадков. В это время дожди в большей степени имеют ливневый характер, в результате чего уменьшается их продуктивность [5].



Рисунок 1 – Количество выпавших осадков за время вегетации нута, 2022-2023 гг.

Figure 1 – Amount of precipitation during the chickpea growing season, 2022-2023

Анализируя рисунок 1, можно отметить, что количество выпавших осадков было близко к среднегодовым значениям. Так, в 2022 году в мае осадков выпало на 23 мм больше, чем в 2023 г., в июне 2022 г в период цветения – плодообразования количество осадков было ниже на 11 мм по сравнению с 2023 г., а в период формирования зерна в июле 2022 осадков выпало на 12 мм меньше. Несмотря на разное количество осадков по месяцам, их сумма за период вегетации была практически одинаковой и составила в 2022 г 93,3 мм а, в 2023 г – 97 мм.

Таблица 1 – Структура урожая нута в опыте 2022-2023 гг.

Table 1 – The structure of the chickpea harvest in the experiment, 2022-2023

| Вариант / Variant              | Высота растений, см / Plant height, cm | Количество бобов, шт / Number of beans, pcs | Количество зерен с растения, шт / Number of grains per plant, pcs | Масса зерна с растения, г / Grain weight per plant, g | Биологическая урожайность, т/га / Biological yield, t/ha |
|--------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1. ARAVIVA NP 12:52 (контроль) | 30,7                                   | 24                                          | 29                                                                | 4,48                                                  | 2,24                                                     |
| 2. ARAVIVA NP(S) 20:20(14)     | 31,3                                   | 26                                          | 30                                                                | 3,86                                                  | 1,93                                                     |
| 3. ARAVIVA NPK(S) 15:15:15(10) | 31,7                                   | 27                                          | 31                                                                | 4,64                                                  | 2,32                                                     |
| 4. ARAVIVA NPK(S) 8:19:29(3)   | 29,7                                   | 25                                          | 30                                                                | 4,94                                                  | 2,47                                                     |
| 5. ARAVIVA NPK(S) 10:20:20(6)  | 31,3                                   | 27                                          | 30                                                                | 3,74                                                  | 1,87                                                     |
| 6. ARAVIVA NPK(S) 8:24:24(3)   | 30,7                                   | 28                                          | 31                                                                | 3,96                                                  | 1,98                                                     |

НСП<sub>05</sub> – 0,19 (2022 г.);

НСП<sub>05</sub> – 0,20 (2023 г.).

Большое значение для получения высоких урожаев нута имеет применение минеральных удобрений. В первую очередь, необходимо способствовать развитию корневой системы. Если у нута будет слабо развитая корневая система, то толку от растения не будет: это один из самых важных органов, он «работает» весь сезон и при повреждении корней растение может и вовсе погибнуть [8, 16].

Нут, как бобовая культура, прежде всего, нуждается в фосфорном и калийном питании. При обработке семян ризоторфином или азотовитом он может две трети своей потребности в азоте удовлетворить в результате симбиотической азотфиксации. В некоторых случаях целесообразно внесение азотных удобрений, оказывающих положительное влияние на растения в первые фазы роста и развития. Максимальное потребление питательных веществ отмечается в период цветения – начало созревания семян. Нормы удобрений рассчитываются в зависимости от эффективного плодородия почв и уровня планируемой урожайности. Удобрения следует вносить под основную обработку, за исключением азота, который вносится под предпосевную культивацию, и  $P_{10...20}$  вносят при посеве в рядки в виде гранулированного суперфосфата [3].

Мы применяем удобрения с повышенным содержанием фосфора, так как это способствует развитию мощной корневой системы. Нужно учитывать, что при внесении удобрений в почву важную роль будет играть их растворимость – чем лучше растворимость, тем выше их усваиваемость растением [1].

Что касается микроэлементов для нута, то они необходимы ему в очень небольших количествах, однако реакция на их дефицит всегда бывает очень острой, особенно при симбиотической азотфиксации. Недостаток их резко снижает, а иногда исключает фиксацию азота воздуха. Наибольшую важность представляют бор и молибден. Молибден участвует в процессах фиксации азота из атмосферы клубеньковыми бактериями. Бор стимулирует образование завязей, предупреждает их опадение, способствует развитию репродуктивных органов и проводящих сосудов, оказывает положительное влияние на синтез ряда ферментов [11, 12, 13].

В ходе проведения исследований по внесению минеральных удобрений установлено, что высота растений по вариантам опыта колебалась от 29,7 до 31,7 см на вариантах NP(S) 20:20(14), NPK(S) 10:20:20(6), NPK(S) 15:15:15(10), растения были выше, чем на вариантах NP 12:52, NPK(S) 8:24:24(3) и NPK(S) 8:19:29(3) на 1-2 см соответственно.

Количество сформировавшихся бобов на варианте NPK(S) 8:24:24(3) было максимальным – 28 шт. на вариантах NPK(S) 10:20:20(6), NPK(S) 15:15:15(10) количество бобов снизилось до 27 и наименьшее количество сформировалось на вариантах NP(S) 20:20(14), NPK(S) 8:19:29(3), NP 12:52 – 26, 25 и 24 шт соответственно.

Количество зерен с растения по всем вариантам опыта различалось не значительно от 29 до 31 шт. а вот масса зерна была различной, что в свою очередь повлияло на формирование урожайности.

Максимальная урожайность зафиксирована на варианте NPK(S) 8:19:29(3) – 2,47 т/га. На вариантах NPK(S) 15:15:15(10) и NP 12:52 урожайность снизилась до 2,32 и 2,24 т/га. Наименьшие показатели менее 2 т/га отмечены на вариантах NPK(S) 8:24:24(3), NP(S) 20:20(14), NPK(S) 10:20:20(6) – 1,97, 1,93 и 1,87 т/га соответственно.

Одним из наиболее затратных элементов технологии, которые формируют общие затраты на выращивание культуры, являются удобрения. Анализ экономической эффективности возделывания нута при использовании различных фонов минерального питания показал, что внесение сульфоаммофоса NP(S) 20:20(14) было с наименьшими затратами – 32879 руб./га при уровне рентабельности – 193%. На варианте NPK(S) 15:15:15(10) затраты возросли на 2070 руб., рентабельность при этом повысилась на 38%. При внесении аммофоса NP 12:52 затраты были максимальными – 37647 руб., а рентабельность была ниже наилучшего варианта на 45%. Применение NPK(S) 8:19:29(3) способствовало существенному повышению затрат до 36098 руб. с максимальной эффективностью – 242%. При практически одинаковых затратах наименьший эффект зарегистрирован на вариантах NPK(S) 10:20:20(6) и NPK(S) 8:24:24(3). Здесь рентабельность снизилась на 64 и 78% соответственно.



Экономическая эффективность рассчитывалась по данным технологических карт хозяйства. Цена реализации нута в среднем за годы исследований составила 50 тыс. руб. за тонну.

Таблица 2 – Экономическая эффективность возделывания нута Волжанин, 2022-2023 гг.

Table 2 – Economic efficiency of cultivation chickpea Volzhanin, 2022-2023

| Вариант / Variant              | Урожайность, т/га / Yield, t/ha | Затраты, руб. на 1 га / Costs, RUB per 1 hectare | Себестоимость, руб./т / Self cost, rub./t | Стоимость валовой продукции, руб./га / Cost of gross output, rub/ha | Чистый доход на 1 т, руб. / Net income per 1 ton, rub | Рентабельность, % / Rent, % |
|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1. ARAVIVA NP 12:52 (контроль) | 2,24                            | 37647                                            | 16806                                     | 112000                                                              | 33194                                                 | 197                         |
| 2. ARAVIVA NP(S) 20:20(14)     | 1,93                            | 32879                                            | 17035                                     | 96500                                                               | 32965                                                 | 193                         |
| 3. ARAVIVA NPK(S) 15:15:15(10) | 2,32                            | 34949                                            | 15064                                     | 116000                                                              | 34936                                                 | 231                         |
| 4. ARAVIVA NPK(S) 8:19:29(3)   | 2,47                            | 36098                                            | 14614                                     | 123500                                                              | 35386                                                 | 242                         |
| 5. ARAVIVA NPK(S) 10:20:20(6)  | 1,87                            | 35329                                            | 18892                                     | 93500                                                               | 31108                                                 | 164                         |
| 6. ARAVIVA NPK(S) 8:24:24(3)   | 1,98                            | 35512                                            | 17935                                     | 99000                                                               | 32065                                                 | 178                         |

**Выводы.** В результате проведенных исследований, по сравнительной оценке, влияния инновационных марок минеральных удобрений на рост и развитие растений нута установлено, что на вариантах NP(S) 20:20(14), NPK(S) 10:20:20(6), NPK(S) 15:15:15(10), растения были выше на 1-2 см чем на вариантах NP 12:52, NPK(S) 8:24:24(3) и NPK(S) 8:19:29(3).

Внесение NPK(S) 8:24:24(3), NPK(S) 10:20:20(6), NPK(S) 15:15:15(10) в дозе 150 кг/га увеличивает количество бобов на 2-4 шт. с растения.

Предпосевное внесение NP 12:52, NPK(S) 15:15:15(10), NPK(S) 8:19:29(3) в дозе 150 кг/га способствует получению урожайности от 2,24 до 2,47 т/га с рентабельностью производства от 197 до 242%.

**Conclusions.** As a result of comparative experience in studying the effect of mineral fertilizers on the growth and development of chickpea plants, it was established that in the variants NP(S) 20:20(14), NPK(S) 10:20:20(6), NPK(S) 15: 15:15(10), the plants were 1-2 cm taller than on the variants NP 12:52, NPK(S) 8:24:24(3) and NPK(S) 8:19:29(3).

Application of NPK(S) 8:24:24(3), NPK(S) 10:20:20(6), NPK(S) 15:15:15(10) at a dose of 150 kg/ha increases the number of beans by 2-4 pcs per plant.

Pre-sowing application of NP 12:52, NPK(S) 15:15:15(10), NPK(S) 8:19:29(3) at a dose of 150 kg/ha helps to obtain a yield of 2.24 to 2.47 tons /ha with production profitability from 197 to 242%.

#### Библиографический список

1. Амангалиев Б. М., Жусупбеков Е. К., Байтаракова К. Ж. Влияние применения способов основной обработки почвы и удобрения на урожайность нута в Алматинской области. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2021. Т. 13. № 4. С. 5-16.
2. Балашов В. В., Балашов А. В., Малахова А. А., Балашов В. А. Влияние гидротермических условий на элементы структуры урожая и урожайность сортов нута на каштановых почвах Волгоградской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2. С. 17-23.
3. Бондаренко А. Н. Влияние ростостимулирующих препаратов на продуктивность и экономическую эффективность нута в условиях светло-каштановых солонцеватых почв Астраханской области. Аграрная Россия. 2019. № 1. С. 24-26.
4. Бондаренко А. Н. Эффективность влияния адаптированных технологий возделывания на урожайность зернобобовых культур в Астраханской области. Аграрная Россия. 2019. № 11. С. 24-27.
5. Бородычёв В. В., Пимонов К. И., Михайличенко Е. Н. Агрохимическая оценка применения минеральных удобрений и биопрепаратов при возделывании нута в Ростовской области. Плодородие. 2018. № 1 (100). С. 34-37.
6. Бородычёв В. В., Семенов А. С. К вопросу повышения эффективности использования водных ресурсов при возделывании нута в условиях естественного увлажнения. Научная жизнь. 2018. № 2. С. 36-38.
7. Долматов А. П., Куприянов Д. А. Влияние дробного и дифференцированного внесения минеральных удобрений на урожайность и качество зерна нута в биологизированном земледелии Оренбургского Предуралья. Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 1. С. 197-203.
8. Михальков Д. Е., Губанов В. С. Зависимость урожайности нута от приёмов основной обработки почвы и стимуляторов роста. Аграрная Россия. 2023. № 7. С. 9-12.
9. Михайличенко Е. Н., Пимонов К. И., Данилов А. Н., Гусакова Н. Н. Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на урожайность нута на черноземе южном. Аграрный научный журнал. 2018. № 4. С. 16-21.

10. Насиев Б. Н. Совершенствование системы возделывания зернобобовых культур в Западном Казахстане. Кормопроизводство. 2017. № 11. С. 21-22.
11. Пимонов К. И., Михайличенко Е. Н. Агрохимическая оценка применения минеральных удобрений и биопрепаратов при возделывании нута в Ростовской области. Плодородие. 2018. № 1 (100). С. 34-37.
12. Плескачев Ю. Н., Киричкова И. В., Васина И. А. Влияние биопрепаратов и микроэлементов на урожайность нута. Аграрная Россия. 2022. № 9. С. 7-10.
13. Полетаев И. С., Солодовников А. П., Четвериков Ф. П., Хадыкин А. В., Губов В. И. Эффективность минеральных удобрений при возделывании озимых культур, нута и подсолнечника в условиях Саратовского Левобережья. Аграрный научный журнал. 2022. № 7. С. 37-40.
14. Сычев В. Г., Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н. Усовершенствованные агротехнологические приемы возделывания нута. Плодородие. 2023. № 2 (131). С. 34-37.
15. Gururaj Sunkad, Deepa H., Shruthi T. H., Dinesh Singh. Chickpea wilt: status, diagnostics and management. Indian Phytopathology. 2019. Pp. 1-9.
16. Chang Liu, Guo Yahui, Cheng Yu., He Q. An investigation on the production and stability of chickpea bean sprout beverage. Journal of Food Processing and Preservation. 2019. V. 43. P. 14143.

#### References

1. Amangaliev B. M., Zhussupbekov E. K., Baitarakova K. Zh. Influence of the Application of Methods of Basic Soil Cultivation and Fertilizer on the Yield of Chickpeas in the Almaty Region. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2021. V. 13. № 4. Pp. 5-16.
2. Balashov V. V., Balashov A. V., Malakhova A. A., Balashov V. A. Influence of Hydrothermal Conditions on Elements of Yield Structure and Yield of Chickpea Varieties on Chestnut Soils of the Volgograd Region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2018. № 2. Pp. 17-23.
3. Bondarenko A. N. Effect of Growth-Stimulating Preparations on Productivity and Economic Efficiency of Chickpeas in Conditions of Light Chestnut Saline Soils of the Astrakhan Region. Agrarian Russia. 2019. № 1. Pp. 24-26.
4. Bondarenko A. N. Effectiveness of the Influence of Adapted Cultivation Technologies on the Yield of Leguminous Crops in the Astrakhan Region. Agrarian Russia. 2019. № 11. Pp. 24-27.
5. Borodychev V. V., Pimonov K. I., Mikhailichenko E. N. Agrochemical Assessment of the Use of Mineral Fertilizers and Biopreparations in the Cultivation of Chickpeas in the Rostov Region. Fertility. 2018. № 1 (100). Pp. 34-37.
6. Borodychev V. V., Semenenko A. S. On the Issue of Improving the Efficiency of Water Resources Use in the Cultivation of Chickpeas in the Conditions of Natural Moisture. Scientific Life. 2018. № 2. Pp. 36-38.
7. Dolmatov A. P., Kupriyanov D. A. Influence of Fractional and Differentiated Application of Mineral Fertilizers on the Yield and Quality of Chickpea Grain in Biologized Agriculture of the Orenburg Cis-Urals. Animal husbandry and fodder production. 2018. V. 101. № 1. Pp. 197-203.
8. Mikhalkov D. E., Gubanov V. S. Dependence of chickpea yield on methods of basic tillage and growth stimulators. Agrarian Russia. 2023. № 7. Pp. 9-12.
9. Mikhailichenko E. N., Pimonov K. I., Danilov A. N., Gusakova N. N. Influence of Mineral Fertilizers and Biological Preparations on Chickpea Yield on Southern Chernozem. Agrarian Scientific Journal. 2018. № 4. Pp. 16-21.
10. Nasiev B. N. Improvement of the system of cultivation of leguminous crops in Western Kazakhstan. Fodder production. 2017. № 11. Pp. 21-22.
11. Pimonov K. I., Mikhailichenko E. N. Agrochemical Assessment of the Use of Mineral Fertilizers and Biological Preparations in the Cultivation of Chickpeas in the Rostov Region. Fertility. 2018. № 1 (100). Pp. 34-37.
12. Pleskachev Y. N., Kirichkova I. V., Vasina I. A. Influence of Biopreparations and Trace Elements on Chickpea Yield. Agrarian Russia. 2022. № 9. Pp. 7-10.
13. Poletaev I. S., Solodovnikov A. P., Chetverikov F. P., Khadykin A. V., Gubov V. I. Efficiency of Mineral Fertilizers in the Cultivation of Winter Crops, Chickpeas and Sunflower in the Conditions of the Saratov Left Bank. Agrarian Scientific Journal. 2022. № 7. Pp. 37-40.
14. Sychev V. G., Tyutyuma N. V., Bondarenko A. N. Improved agrotechnological methods of chickpea cultivation. Fertility. 2023. № 2 (131). Pp. 34-37.
15. Gururaj Sunkad, Deepa H., Shruthi T. H., Dinesh Singh. Chickpea wilt: status, diagnostics and management. Indian Phytopathology. 2019. Pp. 1-9.
16. Chang Liu, Guo Yahui, Cheng Yu., He Q. An investigation on the production and stability of chickpea bean sprout beverage. Journal of Food Processing and Preservation. 2019. V. 43. P. 14143.

#### Информация об авторах

**Сидоров Александр Николаевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: sash-ka2008@mail.ru

**Чамурлиев Омарий Георгиевич**, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, директор НИИ, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: attika.ge@yandex.ru

**Чамурлиев Георгий Омаринович**, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: giorgostsamourlidis@mail.ru

**Холод Анатолий Александрович**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: olodok2009@rambler.ru

**Васина Ирина Александровна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: aleksandrina.ira@yandex.ru

#### Author's Information

**Sidorov Aleksander Nikolaevich**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Av., 26), e-mail: sash-ka2008@mail.ru

**Chamurliov Omary Georgievich**, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Director of the Research Institute, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Av., 26), e-mail: attika.ge@yandex.ru

**Chamurliov Georgiy Omarievich**, Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Av., 26), e-mail: giorgostsamourlidis@mail.ru

**Kholod Anatoly Aleksandrovich**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Av., 26), e-mail: olodok2009@rambler.ru

**Vasina Irina Aleksandrovna**, Candidate of Agricultural Sciences, Assistant, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Av., 26), e-mail: aleksandrina.ira@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-17

## ANALYSIS OF THE EFFECT OF DIFFERENT DOSES OF BIAGUM FERTILIZER ON THE MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF ANNUAL APPLE SEEDLINGS

Zykov A. V., Egorova K. I., Yunin V. A.

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal Scientific  
Agroengineering Center VIM (IEEP – branch of FSAC VIM)  
Saint Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: sznii@internet.ru

Received 05.02.2024

Submitted 15.03.2024

*The research was carried out within the framework of the research topic FGUN-2022-0010 "Develop environmentally friendly technologies, machine complexes and equipment for managing agricultural ecosystems in intensive and organic production of agricultural products", IAEF branch of the Federal State Budgetary Institution FNATS VIM (St. Petersburg)*

### Summary

The article discusses the morphological parameters of annual apple seedlings in the technology of growing them using biologically active fertilizer "Biagum", prepared on the basis of bird droppings. The results of the study show that the rational dose of fertilizer application during planting is 2 t/ha, but during the correlation analysis it was found that the growth rates of seedlings significantly depend on the apple variety, the studied varieties differ significantly in terms of growth rates depending on the doses of fertilizer application

### Abstract

**Introduction.** One of the conditions for effectiveness when planting orchards is the use of high-quality planting material, and an important mechanism for influencing their growth is the application of both organic and mineral fertilizers. The desire to get a faster response from seedlings and ignorance of the consequences of excessive application of fertilizer leads to an unreasonable increase in application rates. In addition to economic inexpediency, there is also an environmental side of the problem; uncontrolled application of fertilizers can disrupt the mineral balance of the soil and negatively affect the productivity of the ecosystem. The way to increase growth and obtain environmentally friendly products is the rational use of fertilizers, with strict adherence to doses, timing and methods of application. **Materials and methods.** When conducting research, a systematic approach was used to study the influence of soil conditions on the development of apple tree seedlings using generally accepted methods of conducting experiments: the morphology of fruit and berry plants and methods for studying it, accounting for plant development, guidelines for diagnosing the mineral nutrition of apple trees and other horticultural crops. According to the program and methodology, when planting experimental plots with annual apple tree seedlings, an analysis of the initial state of nutrients and morphological parameters of the plant was carried out. Recording and recording of indicators of growth and increase in the diameter of the root collar was carried out once every 14 days, with the results being recorded in an observation log. **Object of study:** annual apple tree seedlings of three varieties on a pome rootstock on sod-podzolic loamy cultivated soil with various doses of organic fertilizer Biagum. **Purpose of the study:** to establish the dependence of the influence of different doses of biologically active organic fertilizer Biagum on the morphological parameters of annual fruit seedlings. **Results.** Research has shown that the survival rate of annual apple tree seedlings at all doses was 100%; during a phytosanitary analysis, it was established that the planting material is not susceptible to disease and can be used in further research. It has been established that the greatest increase in the height of seedlings in all apple tree varieties is observed at a fertilizer dose of 2 t/ha; the yield of first grade seedlings ac-

according to GOST – R 59653-2021 increased by 25% compared to the control. **The scientific novelty of the work lies in:** identifying patterns of seedling development depending on the doses of fertilizer applied. **Conclusions.** It has been established that the use of organic fertilizer Biagum has the greatest effect on annual apple tree seedlings of the “Autumn Striped” variety at a fertilizer dose of 2 t/ha. For the Antonovka variety, the greatest increase was obtained in the indicator “rootstock diameter” at 1 t/ha. application of fertilizers. The Biagum fertilizer has the least effect on seedlings of the “Ladoga” variety; the growth is lower than that of the control variant, and the “Autumn Striped” variety has the greatest effect.

**Keywords:** annual apple seedlings, morphological parameters of seedlings, organic fertilizers, soil fertility.

**Citation.** Zykov A. V., Egorova K. I., Yunin V. A. Analysis of the effect of different doses of Biagum fertilizer on the morphological parameters of annual apple seedlings. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 148-156 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-17.

**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 631.879:634.1.03

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ УДОБРЕНИЯ БИАГУМ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОДНОЛЕТНИХ САЖЕНЦЕВ ЯБЛОНЬ

Зыков А. В., научный сотрудник

Егорова К. И., младший научный сотрудник

Юнин В. А., кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) –  
филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках выполнения темы НИР FGUN-2022-0010 «Разработать экологически чистые технологии, комплексы машин и оборудование для управления сельскохозяйственными экосистемами при интенсивном и органическом производстве сельскохозяйственной продукции», ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (г. Санкт-Петербург)

**Аннотация.** Одним из условий эффективности при закладке плодовых садов является использование качественного посадочного материала, а важным механизмом воздействия на их рост является внесение как органических, так и минеральных удобрений. Желание получить более быструю реакцию саженцев и незнание последствий избыточного внесения удобрений ведет к необоснованному завышению норм их внесения. Помимо экономической нецелесообразности есть и экологическая сторона проблемы, бесконтрольное внесение удобрений может нарушать минеральный баланс почвы и отрицательно влиять на продуктивность экосистемы. Путь к повышению прироста и получению экологически чистой продукции – рациональное использование удобрений, при строгом соблюдении доз, сроков и способов внесения. **Материалы и методы.** При проведении исследований использовался системный подход к изучению влияния почвенных условий на развитие саженцев яблонь по общепринятым методам проведения экспериментов: морфология плодовых и ягодных растений и методы её изучения, учёт развития растений, методические указания по диагностике минерального питания яблони и других садовых культур. Согласно программе и методике при закладке опытных делянок с однолетними саженцами яблони был проведен анализ начального состояния питательных веществ и морфологических параметров растений. Учет и снятие показателей прироста и увеличения диаметра корневой шейки проводили раз в 14 дней, с занесением результатов в журнал наблюдений. **Объект исследования:** однолетние саженцы яблони трех сортов на семечковом подвое на дерново-подзолистой суглинистой окультуренной почве с различными дозами органического удобрения Биагум. **Цель исследований:** установление зависимостей влияния различных доз биологически активного органического удобрения Биагум на морфологические параметры однолетних плодовых саженцев. **Результаты.** Исследования показали, что приживаемость однолетних саженцев яблони при всех дозах равнялась 100%, в ходе фитосанитарного анализа установлено, что посадочный материал не подвержен болезням и может использоваться в дальнейших исследованиях. Установлено, что наибольший прирост высоты саженцев у всех сортов яблони наблюдается при дозе внесения удобрений 2 т/га, выход саженцев первого сорта согласно ГОСТ – Р 59653-2021 по сравнению с контролем увеличился на 25%. **Научная новизна работы заключается в:** выявлении за-



кономерностей развития саженцев в зависимости от доз вносимого удобрения. **Выводы.** Установлено, что использование органического удобрения Биагум наибольшее влияние оказывает на однолетние саженцы яблони сорта Осеннее полосатое при дозе внесения удобрений 2 т/га. Для сорта Антоновка наибольший прирост получен у показателя «диаметр подвоя» при 1 т/га, внесения удобрений. Наименьшее влияние удобрение Биагум оказывает на саженцы сорта Ладога, прирост ниже, чем у контрольного варианта, а наибольший имеет сорт Осеннее полосатое.

**Ключевые слова:** однолетние саженцы яблонь, морфологические параметры саженцев, органические удобрения, почвенное плодородие.

**Цитирование.** Зыков А. В., Егорова К. И., Юнин В. А. Анализ влияния различных доз удобрения Биагум на морфологические параметры однолетних саженцев яблонь. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 148-156. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-17.

**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.

**Резюме.** В статье рассмотрены изменения морфологических показателей однолетних сеянцев яблони при их выращивании с использованием биологически активного удобрения Биагум, приготовленного на основе птичьего помета. Результаты исследования показывают, что рациональная доза внесения удобрений при посадке составляет 2 т/га, однако в ходе корреляционного анализа установлено, что темпы роста сеянцев существенно зависят также от сорта яблони, изучаемые сорта существенно различаются по показателям темпа роста в зависимости от доз внесения удобрений.

**Введение.** Плоды и ягоды являются незаменимыми продуктами питания в рационе человека, они обладают лечебными свойствами, способствуют профилактике многих заболеваний. В плодах и ягодах содержатся сахара, органические кислоты, витамины, Р-активные вещества, пектины, дубильные, красящие, ароматические вещества, минеральные соли, многие из которых не встречаются ни в каких других продуктах.

Одним из условий закладки эффективных плодовых садов является использование качественного посадочного материала, соответствующего ГОСТ Р 59659-2021. Перспективными для традиционных садов на Северо-Западе являются семечковые подвои яблони, и важным механизмом воздействия на их рост и продуктивность является внесение как органических, так и минеральных удобрений. Желание получить более быструю реакцию саженцев и незнание последствий избыточного внесения удобрений ведет иногда к необоснованному завышению вносимых норм. Помимо экономической нецелесообразности есть и экологическая сторона проблемы: бесконтрольное внесение удобрений может нарушать минеральный баланс почвы и отрицательно сказываться на продуктивности агроценоза, как системы [1, 2]. В то же время, путь к повышению урожайности и получению экологически чистой продукции – не в отказе от применения удобрений и других средств повышения плодородия, а в их рациональном использовании – со строгим соблюдением доз, сроков и способов внесения [3, 4, 5]. Этими соображениями определяется актуальность проводимого нами исследования с гипотезой о не пропорциональном развитии саженца яблонь при увлечении дозы органических удобрений.

**Методы исследования.** Исследования по изучению влияния различных доз биологически активного органического удобрения Биагум на рост однолетних саженцев яблони предусматривали изучение морфологических параметров: высота прироста и увеличение корневой шейки. Используемые сорта: Осеннее полосатое, Антоновка обыкновенная и Ладога, включены в государственный реестр селекционных достижений по Северо-Западному региону РФ и могут быть использованы в качестве объекта исследования. В ходе исследования выход стандартных саженцев яблони 1 и 2 сорта при использовании различных доз биологически активного органического удобрения определялся филиалом ФГБУ «Россельхозцентр» по Ленинградской, Мурманской областями и Республике Карелия, согласно ГОСТ Р 59563-2021. Оценка фитосанитарного состояния саженцев на карантинные и некарантинные объекты проводилась ФГБУ «ВНИИЗЖ».

Общая методика проведения исследований составлена с учетом программно-методических указаний по агротехническим опытам с плодовыми и ягодными культурами, программы и методики сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур и методических рекомендаций по учету, наблюдениям, анализам, обработке данных в опытах с плодовыми и ягодными саженцами, методических указаний по усовершенствованной системе фитосанитарии в питомниководстве [6, 7, 8].

Исследования проводились с различными дозами биологически активного органического удобрения – Биагум, приготовленного на основе куриного помета индустриальным способом в биоконвекторе ИАЭП – филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ [9, 10]. На основе предварительного анализа литературы и поисковых исследований определили, что нормы внесения органических удобрений в дозе 0, 1, 2, 3 т/га (соответствующее внесению азота в 0, 17, 34, 51 кг/га) оказывают наиболее существенное влияние на развитие растений [11, 12, 13].

При закладке эксперимента каждый сорт яблони был высажен блоками по 50 штук в 5 рядов по схеме 0,15х0,15 м. Схема посадки однолетних саженцев яблони приведена на рисунке 1.

При проведении исследований велась оценка состояния подвоев, привоев и зон прививок саженцев яблони (оценка состояния саженцев велась по состоянию листовой части, высоты свежих побегов, и диаметра корневой шейки). Процент приживаемости зимней прививки определялся подсчетом прижившихся привоев яблонь в неотопливаемой теплице после месяца произрастания и составил 98%. В ходе эксперимента были случайно отобраны и пронумерованы 12 образцов саженцев каждой повторности. Оценка длины прироста оценивалась два раза в месяц с занесением в журнал наблюдений.



Рисунок 1 – Схема посадок одного сорта саженцев яблони  
Figure 1 – Scheme of planting of one variety of apple saplings

С 24 июня 2023 года снятие показаний прироста и увеличения диаметра корневой шейки для 12 образцов каждого опыта, рисунки 2 а – б, результаты заносили в журнал наблюдений.

Применение доз органического удобрения в пределах от 0 т/га до 3 т/га в технологии выращивания однолетних саженцев вызвало существенное отличие, как по вариантам опыта, так и по сортам в развитии саженцев яблони. Наибольший показатель прироста диаметра корневой шейки получен у всех саженцев яблони при дозе внесения удобрений 2 т/га.

Учет и наблюдение за развитием саженцев проводились в соответствии с методикой полевого опыта и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [5]. Экспериментальные данные обрабатывались с использованием методов математической статистики, включая корреляционный и дисперсионный анализ, при помощи инструментов «Анализ данных» программ Excel и STATISTICA [14, 15].



а – замер показателя прироста саженца яблони /  
measurement of the growth rate of an apple seedling



б – замер показателя диаметра корневой шейки  
саженца яблони / measuring the diameter of the  
root neck of an apple seedling

Рисунок 2 – Замеры показателей прироста и увеличения диаметра корневой шейки однолетних саженцев яблони при дозах внесения удобрения от 0 до 3 т/га

Figure 2 – Measurements of the growth and increase in the diameter of the root neck of annual apple seedlings at fertilizer application doses from 0 to 3 t/ha

**Результаты и обсуждение.** В качестве примера на рисунке 3 приведены данные роста показателя «диаметра корневой шейки» для двенадцати саженцев яблони сорта Осеннее полосатое с 01.06.2023-20.09.2023 гг. при внесении 1 т/га удобрения Биогум.

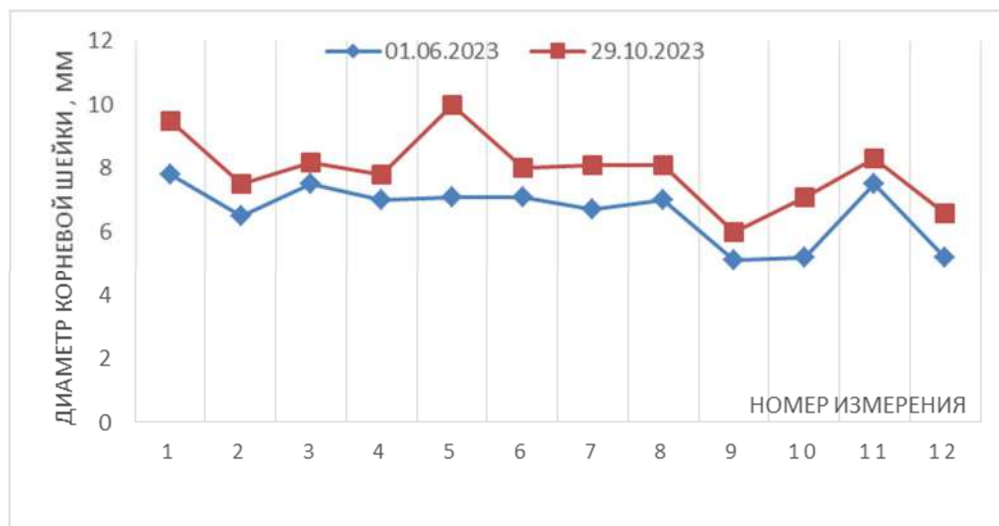


Рисунок 3 – Изменение диаметра корневой шейки двенадцати саженцев сорта Осеннее полосатое при использовании удобрения 1 т/га

Figure 3 – Change in the diameter of the rootstock of twelve cuttings of the Osennee Polosatoye variety when using fertilizer 1 t / ha

Для анализа по всем повторностям каждого эксперимента были определены средние значения и среднеквадратические отклонение.

Развитие саженцев происходит по времени и под действием фактора – «доза внесения удобрений». На рисунке 4 приведены данные изменения по времени среднего значения показателя «диаметр корневой шейки» саженцев сорта Осеннее полосатое при разных дозах внесения удобрений. (Рост с 01.06.2023-19.10.2023 гг.)

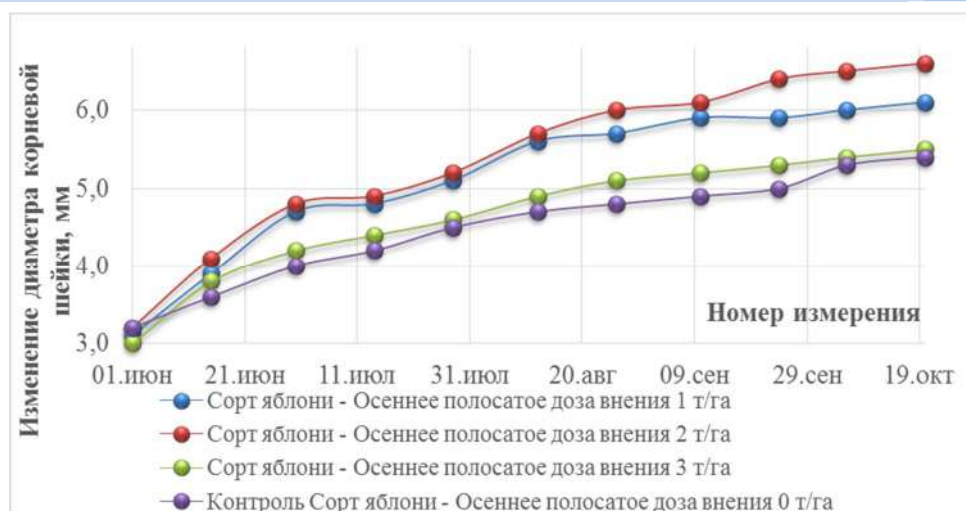


Рисунок 4 – Изменение по времени «диаметра корневой шейки» саженцев сорта Осеннее полосатое при разных дозах внесения удобрений

Figure 4 – Time change in the "diameter of the root neck" of seedlings of the Osennее Polosatое variety at different doses of fertilizer application

Как видно на рисунке 4, наиболее интенсивное развитие для сорта Осеннее полосатое происходит при внесении удобрений 2 т/га. В ходе исследования прироста показателей развития саженцев выборка для эксперимента представляла собой некоторую случайную совокупность, при этом все они обладали разными начальными значениями измеряемых показателей. Рост саженцев происходил не с нуля, а с некоторых начальных условий, конкретных для каждого саженца. Поэтому в качестве основного фактора развития саженцев принят показатель прироста по каждому из параметров саженца, в зависимости от доз удобрений, и для каждого сорта.

Кривые изменения показателей прироста саженцев в зависимости от доз внесения удобрения приведены на рисунках 5-6.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что по показателям: «диаметр корневой шейки» и «высота прироста» наивысшие показатели прироста имеют саженцы сорта Осеннее полосатое при дозе внесения удобрений 2 т/га. Для саженцев сорта Антоновка наибольший прирост показателя «диаметр корневой шейки» достигается при дозе внесения удобрений 1 т/га. Для саженцев сорта Ладога при всех дозах внесения удобрения они на рост саженцев оказывают скорее угнетающее воздействие.

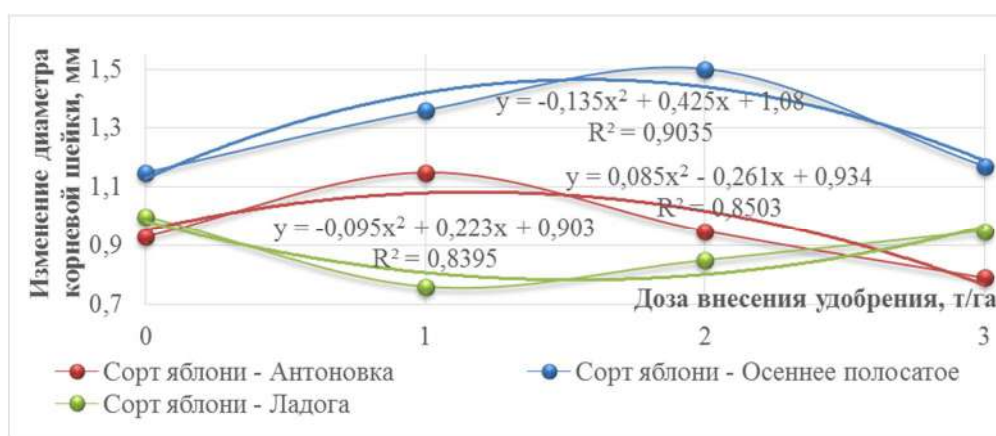


Рисунок 5 – Изменение морфологического показателя диаметра корневой шейки в зависимости от доз внесения удобрений

Figure 5 – Change in the morphological index of the diameter of the root neck depending on the doses of fertilizers



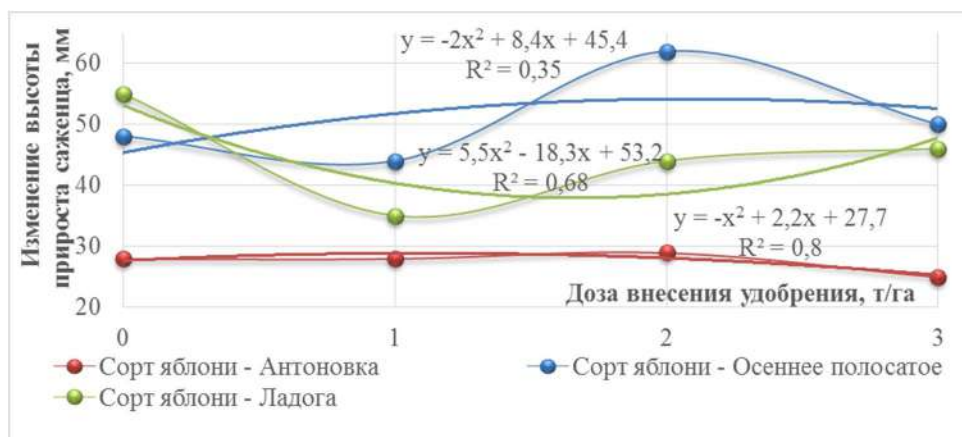


Рисунок 6 – Изменение морфологического показателя высоты прироста в зависимости от доз внесения удобрений

Figure 6 – The change in the morphological index of the height of growth depending on the doses of fertilizers

При обработке полученных данных проведен двухфакторный регрессионный анализ показателей прироста саженцев. Регрессионная модель определялась в виде зависимости:

$$y_i = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_1^2 + a_4 \cdot x_2^2 + a_5 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (1)$$

где:  $y_i$  – показатели развития саженца;  $x_1$  – фактор – сорта яблонь;  $x_2$  – фактор – дозы внесения удобрений;  $a_i$  – искомые коэффициенты уравнения.

В результате расчётов получены следующие результаты по показателю «диаметр корневой шейки саженца». Степень влияния факторов -  $R^2 = 69,44\%$ .

Взаиморасположение экспериментальных точек и точек, рассчитанных по уравнению регрессии, приведено на рисунке 7.

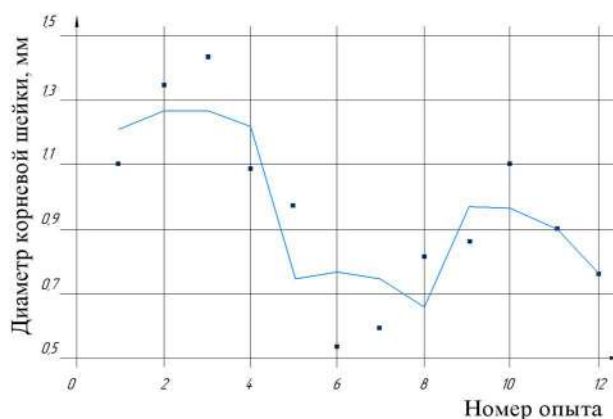


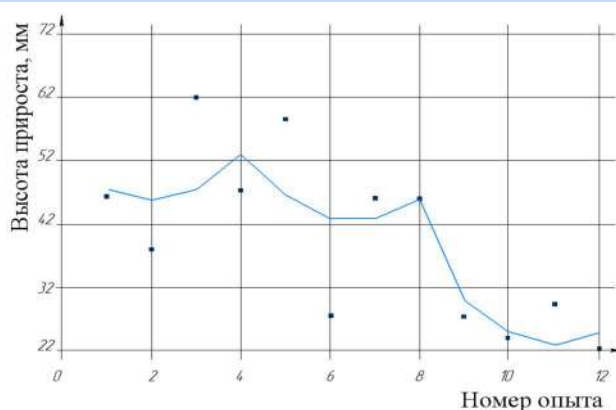
Рисунок 7 – Взаиморасположение экспериментальных и рассчитанных значений изменения показателя «диаметр корневой шейки»

Figure 7 – Relative position of experimental and calculated values of changes in the “root collar diameter” indicator

Наибольшее влияние оказывает первый фактор (сорт) в линейной и квадратичной формах: 0,255613 и 0,352838 с вероятностями ошибок соответственно 0,0583 и 0,0337. Влияние второго фактора (дозы удобрения) не достоверно.

По показателю «высота прироста» степень влияния факторов:  $R^2 = 62,4\%$ . Взаиморасположение экспериментальных точек и точек, рассчитанных по уравнению регрессии, приведено на рисунке 8.

Наибольшее влияние оказывает первый фактор (сорт) в линейной и квадратичной формах: 1045,16 и 151,202 с вероятностью ошибки, соответственно 0,0284 и 0,3169. Влияние второго фактора линейно и на пределе значимости.



Рисунке 8 – Взаиморасположение экспериментальных и рассчитанных значений изменения показателя «высота прироста»

Figure 8 – Relative position of experimental and calculated values of change in the “height of growth” indicator

**Выводы.** В результате анализа данных установлено, что использование органического удобрения Биагум оказывает наибольшее влияние на однолетние саженцы яблони сорта Осеннее полосатое при дозе внесения 2 т/га. Для сорта Антоновка наибольший прирост получен у показателя «диаметр подвоя» при 1 т/га внесения удобрений. Наименьшее влияние удобрение Биагум оказывает на саженцы сорта Ладога, прирост ниже, чем у контрольного варианта.

Для оценки влияния сорта яблони на показатели прироста был выполнен двухфакторный корреляционный анализ, в результате которого получено, что показатели прироста саженцев существенно зависят от сорта яблони, исследуемые сорта существенно отличаются по показателям прироста в зависимости от доз внесения удобрения. Наибольший прирост показателей от использования удобрений имеет сорт Осеннее полосатое, на приросты также оказывают влияние совокупность факторов.

**Conclusions.** As a result of graphical analysis of the data, it was found that the use of organic fertilizer Biagum has the greatest effect on annual apple seedlings of the Autumn striped variety at a fertilizer dose of 2 kg. For the Antonovka variety, the largest increase was obtained in the indicator "rootstock diameter" with 1 kg of fertilizer application. Biagum fertilizer has the least effect on cuttings of the Ladoga variety, the increase is lower than that of the control variant

A two-factor correlation analysis was performed to assess the effect of the apple variety on growth rates. As a result, it was found that the growth rates of cuttings significantly depend on the apple variety, the studied varieties differ significantly in terms of growth rates depending on the doses of fertilizer application. The greatest increase in indicators from the use of fertilizers is the Autumn striped variety, the increments are also influenced by the products of factors.

#### Библиографический список

1. Тychинская И. Л., Панарина В. И., Михалева Е. С. Применение органических удобрений в решении проблем экологизации и продовольственной безопасности страны. Вестник ОрелГАУ. 2021. № 2 (89).
2. Рекомендации по проектированию интегрированного применения средств химизации в ресурсосберегающих технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия. М.: Росинформагротех, 2010. 461 с.
3. Методическое руководство по проектированию применения удобрений в технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия. М.: РАСХН, 2009. 393 с.
4. Перекопский А. Н., Захаров А. М. Варианты внесения органических удобрений в биологизированном севообороте. Journal of Advanced Research in Technical Science. 2020. № 18. С. 61-63.
5. Юнин В. А., Захаров А. М., Кузнецов Н. Н., Слизков А. М., Зыков А. В. Способ и техническое средство для локального внесения твёрдых органических удобрений при посадке картофеля. АгроЭкоИнженерия. 2020. № 4 (105). С. 62-79.
6. Соколов О. А. Эффективность использования препарата Регалис в интенсивных насаждениях яблони. Аграрная Россия. 2015. № 6. С. 30-34.
7. Хамурзаев С. М., Мадаев А. А. Содержание почвы в интенсивных садах. Аграрная Россия. 2021. № 10. С. 23-25.
8. Сергеева Н. Н. Влияние предпосадочного внесения органических удобрений на рост и содержание элементов питания в листьях молодой яблони. Аграрная Россия. 2019. № 9. С. 7-12.
9. Novikova I., Titova Yu. A., Krasnobaeva I., Boikova I., Minin V., Zakharov A., Murzaev E. New polyfunctional biorational use to achieve competitive yield of organic potatoes in the North-West Russian ecosystem. Plants. 2022. V. 11. № 7.
10. Novikova I. I., Titova J. A., Krasnobaeva I. L., Minin V. B., Zaharov A. M., Perekopsky A. N. Biological effectiveness of a new multifunctional biopesticide in the protection of organic potatoes from diseases. Agronomy Research. 2021. V. 19. № 3. Pp. 1617-1626.

11. Ненько Н. И. и др. Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. 115 с.
12. Тарова З. Н., Мацнев И. Н., Пальчиков Е. В. и др. Влияние внесения органического удобрения "Барда мелассная" на рост и продуктивность клоновых подвоев яблони в отводковом маточнике. Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 4. С. 317.
13. Гурин А. Г., Резвякова С. В., Ревин Н. Ю. Урожайность и масса плодов яблони в зависимости от систем содержания почвы и удобрений на черноземе выщелоченном. Плодоводство и ягодоводство России. 2015. Т. XXXI. С. 106-112.
14. Захаров А. М., Мурзаев Е. А., Иванов Д. Ю. Обоснование конструктивных параметров дозирующей системы машины для внесения компостов. АгроЭкоИнженерия. 2022. № 2 (111). С. 73-83.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2011. 350 с.
16. Валге А. М. Использование систем Excel и Mathcad при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства: методическое пособие. СПб., 2013. 200 с.

#### References

1. Tychinskaya I. L., Panarina V. I., Mikhaleva E. S. The use of organic fertilizers in solving problems of green- ing and food security of the country. Bulletin of OrelGAU. 2021. No. 2 (89).
2. Recommendations for the design of the integrated use of chemicals in resource-saving technologies of adaptive landscape agriculture. M.: Rosinformagrotekh, 2010. 461 p.
3. Methodological guidelines for designing the use of fertilizers in adaptive landscape farming technologies. M.: RASHN, 2009. 393 p.
4. Perekopsky A. N., Zakharov A. M. Options for applying organic fertilizers in biologized crop rotation. Journal of Advanced Research in Technical Science. 2020. No 18. Pp. 61-63.
5. Yunin V. A., Zakharov A. M., Kuznetsov N. N., Slizkov A. M., Zykov A. V. Method and technical means for local application of solid organic fertilizers when planting potatoes. AgroEcoEngineering. 2020. No 4 (105). Pp. 62-79.
6. Sokolov O. A. The effectiveness of the use of the drug Regalis in intensive apple plantations. Agrarian Rus- sia. 2015. No 6. Pp. 30-34.
7. Khamurzaev S. M., Madaev A. A. Soil content in intensive gardens. Agrarian Russia. 2021. No 10. Pp. 23-25.
8. Sergeeva N. N. The effect of pre-planting application of organic fertilizers on the growth and content of nutri- ents in the leaves of young apple trees. Agrarian Russia. 2019. No 9. Pp. 7-12.
9. Novikova I., Titova Yu. A., Krasnobaeva I., Boikova I., Minin V., Zakharov A., Murzaev E. New polyfunctional biora- tionals use to achieve competitive yield of organic potatoes in the North-West Russian ecosystem. Plants. 2022. V. 11. No 7.
10. Novikova I. I., Titova J. A., Krasnobaeva I. L., Minin V. B., Zaharov A. M., Perekopsky A. N. Biological ef- fectiveness of a new multifunctional biopesticide in the protection of organic potatoes from diseases. Agronomy Re- search. 2021. V. 19. No 3. Pp. 1617-1626.
11. Nenko N. I., et al. Modern instrumental and analytical methods for studying fruit crops and grapes. Krasno- dar: SKZNIISiV, 2015. 115 p.
12. Tarova Z. N., Matsnev I. N., Palchikov E. V., et al. The influence of the application of organic fertilizer "Mo- lasses bard" on the growth and productivity of clonal apple tree rootstocks in a layered queen cell. Science and Educa- tion. 2020. V. 3. No 4. P. 317.
13. Gurin A. G., Rezvyakova S. V., Revin N. Yu. Productivity and mass of apple fruits depending on soil and fertilizer maintenance systems on leached chernozem. Fruit growing and berry growing in Russia. 2015. V. XXXI. Pp. 106-112.
14. Zakharov A. M., Murzaev E. A., Ivanov D. Yu. Justification of the design parameters of the dosing system of the machine for applying composts. AgroEcoEngineering. 2022. No 2 (111). Pp. 73-83.
15. Dospikhov B. A. Methods of field experience. Moscow, Alliance Publ., 2011. 350 p.
16. Valge A. M. Use of Excel and Mathcad systems in conducting research on the mechanization of agricultur- al production: methodological manual. St. Petersburg, 2013. 200 p.

#### Информация об авторах

**Зыков Андрей Владимирович**, научный сотрудник, заведующий научно-исследовательским отделом Агроэкологии в садоводстве Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филитровское шоссе, д. 3), ORCID 0000-0002-3435-7468, e-mail: sznii@internet.ru

**Егорова Ксения Игоревна**, младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела Агроэкологии в садоводстве Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филитровское шоссе, д. 3), ORCID 0000-0002-3444-0632, e-mail: unknown\_06@list.ru

**Юнин Вячеслав Александрович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела Агроэкологии в садоводстве Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, (Российская Федерация, 196634, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филитровское шоссе, д. 3), ORCID 0000-0002-8111-1727, e-mail: yunin.slava@mail.ru

#### Author's Information

**Zykov Andrey Vladimirovich**, Researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tyarlevo village, Fili- trovskoe shosse, 3), ORCID 0000-0002-3435-7468, e-mail: sznii@internet.ru

**Egorova Ksenia Igorevna**, junior research assistant, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Pro- duction – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tyarlevo village, Fili- trovskoe shosse, 3), ORCID 0000-0002-3444-0632, e-mail: unknown\_06@list.ru

**Yunin Vyacheslav Aleksandrovich**, Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federa- tion, 196634, Saint Petersburg, Tyarlevo village, Fili- trovskoe shosse, 3), ORCID 0000-0002-8111-1727, e-mail: yunin.slava@mail.ru

# ELEMENTS OF PRODUCTIVITY AND ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS OF SPRING BARLEY IN LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE NORTH-WESTERN CASPIAN REGION

Naumova N. A.

*Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
Solenoje Zaymishche, Chernoyarsky district, Astrakhan region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: naumovana84@mail.ru

Received 30.01.2024

Submitted 27.02.2024

**The research was carried out within the framework of the research work of the PAFSC RAS, on the topic: No. 1021043000735-8-4.1.6 "To create, on the basis of mobilization and comprehensive study of genetic resources of agricultural crops, hybrids and varieties of domestic breeding with high productivity and adaptive capabilities to the arid conditions of the Northern Caspian Sea"**

## Summary

The article presents collectible varieties of spring barley of different ecological and geographical origin, their productivity elements are studied and optimal economically valuable signs are determined in the conditions of light chestnut soils of the Lower Volga region.

## Abstract

**Introduction.** Scientific research and data analysis were conducted at the Caspian Agricultural Research Center of the Astrakhan region. In order to identify valuable introduced varieties of spring barley with optimal indicators of economically valuable characteristics and high adaptive capabilities to the conditions of the arid climate of the Northwestern Caspian region. **Materials and methods** of research. The experience was based on the methodology of B. A. Dospekhov. The breeding work in the experiment was carried out according to the "Methodological guidelines for the study and preservation of the world collection of barley and oats". The predecessor is an early steam. **Results and conclusions.** As a result of the study of introduced varieties of spring barley, the most productive samples with high economically valuable characteristics were identified. By the number of productive stems – Pervotselinnik, Gutter, Vladimir; by the length of the ear – T-12, Yuzhny, Dneprovsky 103; by the number of grains – Dneprovsky 103, Etiquette, Pervotselinnik, Gutter, Yuzhny and Nutans 108; by the weight of grain from the ear – Pervotselinnik, Gift of Siberia, Wanderer; by the weight of 1000 seeds and yields – Pervotselinnik, Gift of Siberia, Vladimir, Ataman, Maritime, Sloop sa, Gutter, Wanderer, Mamluk, Magutny.

**Keywords:** *spring barley, spring barley breeding, elements of barley productivity, spring barley varieties.*

**Citation.** Naumova N. A. Elements of productivity and economically valuable traits of spring barley in light chestnut soils of the North-Western Caspian region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 157-163 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-18.

**Author's contribution.** The author of this study was directly involved in the planning, execution and analysis of this study, identified varieties of spring barley capable of growing, developing and yielding high yields in the arid conditions of the Northwestern Caspian Sea.

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

УДК 633.16:631.527

## ЭЛЕМЕНТЫ ПРОДУКТИВНОСТИ И ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

Наумова Н. А., научный сотрудник

*ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»  
с. Солёное Займище, Черноярский район, Астраханская область, Российская Федерация*

**Исследования проведены в рамках выполнения научно-исследовательской работы ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», по теме: №1021043000735-8-4.1.6 «Создать, на основе мобилизации и комплексного изучения генетических ресурсов сельскохозяйственных культур, гибриды и сорта отечественной селекции с высокой продуктивностью и адаптационными возможностями к аридным условиям Северного Прикаспия»**

**Актуальность.** Научные исследования и анализ данных были проведены в Прикаспийском аграрном научном центре Астраханской области. С целью выделения ценных интродуцированных сортов-образцов ярового ячменя обладающих оптимальными показателями хозяйственно ценных признаков и высокими адаптационными возможностями к условиям засушливого климата Северо-Западного Прика-



спия. **Материалы и методика исследований.** Опыт закладывался по методике Б. А. Доспехова. Селекционная работа в опыте проводилась согласно «Методическим указаниям по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса». Предшественник – ранний пар. **Результаты и выводы.** В результате изучения интродуцированных сортообразцов ярового ячменя были выделены наиболее продуктивные с высокими хозяйственно – ценными признаками образцы. По количеству продуктивных стеблей – Первоцелинник, Gutter, Владимир; по длине колоса – Т-12, Южный, Днепровский 103; по количеству зерен – Днепровский 103, Этикет, Первоцелинник, Gutter, Южный и Нутанс 108; по массе зерна с колоса – Первоцелинник, Подарок Сибири, Странник; по массе 1000 семян и урожайности – Первоцелинник, Подарок Сибири, Владимир, Атаман, Maritime, Sloop sa, Gutter, Странник, Мамлюк, Марутны.

**Ключевые слова:** яровой ячмень, селекция ярового ячменя, элементы продуктивности ячменя, сортообразцы ярового ячменя.

**Цитирование.** Наумова Н. А. Элементы продуктивности и хозяйственно-ценные признаки ячменя ярового в условиях светло-каштановых почв Северо-Западного Прикаспия. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 157-163. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-18.

**Авторский вклад.** Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, выделил сортообразцы ярового ячменя, способные расти, развиваться и давать высокий урожай в засушливых условиях Северо-Западного Прикаспия.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Растениеводство по-прежнему остается главной отраслью сельского хозяйства страны, поскольку имеет большое значение в обеспечении населения продовольствием. Однако урожайность яровых культур в регионах крайне невысока и сильно варьирует в зависимости от климатических условий зоны возделывания [4].

В Астраханской области производство яровых зерновых культур в богарном земледелии является очень рискованным, так как из-за недостаточного количества осадков, сильных ветром и высоких температур воздуха недобор планируемого урожая гарантирован.

Посевная площадь ярового ячменя в Астраханской области с 2016г (4380 тыс. га) по 2023г (14863 тыс. га) увеличилась на 10483 тыс. га [11], но урожайность при этом остается неизменной и составляет в среднем 1,8 т/га. Но, так как ячмень является ценной зерновой культурой и интенсивно используется в пищевых, кормовых и технических целях, стабилизация его производства является весьма значимой. Поэтому для регулирования производства качественного зерна данной культуры, необходимо селекционным путем подобрать новые высокоадаптированные, перспективные сорта, способные давать урожай до 4 т/га [1].

**Цель исследования** заключалась в изучении сортообразцов ярового ячменя в условиях Астраханской области и выделении из них перспективных сортообразцов с оптимальными хозяйственно-ценными признаками.

**Материалы и методы исследований.** Полевой опыт был заложен на территории ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (поле № 311) по методике Б. А. Доспехова. Селекционная работа в опыте проводилась согласно «Методическим указаниям по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса». Определение биологической урожайности и её структуры проводилось путем отбора снопов по «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [3,9]. Предшественник – ранний пар.

**Объекты исследований.** Сорта ярового ячменя разного эколого-географического происхождения – 20 шт.

**Схема закладки полевого опыта.** Опыт был заложен на богарном участке в селекционном питомнике ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», общая площадь которого составила 66 м<sup>2</sup>. Учетная площадь каждого сортообразца 3,0 м<sup>2</sup>, разделительные полосы между делянками 0,3 м.

Предшественник – ранний пар. Подготовка почвы, сев и другие необходимые агротехнологические приемы для возделывания культуры осуществлялись по схеме, характерной для данной зоны исследования. Внесения удобрений, защиты растений от болезней и вредителей – не было, изучение всех образцов проводилось на естественном фоне. За стандарт был принят районированный в Нижнем Поволжье сорт ярового ячменя – Ратник.

**Результаты исследований и обсуждения.** Засуха оказывает отрицательное воздействие на все фазы развития ярового ячменя, однако в критические периоды (кущение, дифференциация колоса, цветение, налив зерна) это воздействие особенно губительно, так как данное агрометеорологическое явление, влекущее резкое несоответствие между потребностью растений ячменя во влаге и её недостаточным поступлением из почвы, в результате малого количества осадков и высокой испаряемостью приводит к снижению продуктивности данной сельскохозяйственной культуры [6].

В статье приведены трехлетние (2021-2023 гг.) метеорологические данные вегетационного периода развития и роста культуры ярового ячменя. Во все годы исследования посев данной культуры проводился в первой декаде апреля, когда средняя температура воздуха приближалась к  $+9,0^{\circ}\text{C}$ , почвы (на глубине 5 и 10 см)  $+7,0$  и  $+6,0^{\circ}\text{C}$  соответственно. Согласно годам всходы были отмечены через 7, 9 и 6 дней после сева.

2021 г. В период кущения и интенсивного роста при высокой температуре воздуха: апрель ( $+25,7^{\circ}\text{C}$ ), май ( $+35,3^{\circ}\text{C}$ ), июнь ( $+40,5^{\circ}\text{C}$ ) выпало достаточное количество осадков (таблица 1), превысив при этом среднесуточный показатель в апреле (в 2,4 раза) в мае и июне (в 5,3 раза). Основным показателем степени благоприятности сложившихся климатических условий года исследований являлся гидрометрический коэффициент (ГТК). Согласно этому показателю ГТК вегетационного периода ярового ячменя в 2021 году составил 0,7, что характеризует этот период, как «засушливый».

2022 г. Метеорологические условия весеннего периода способствовали полноценному кущению культуры (таблица 1) и её активному росту. Осадков за период вегетации выпало на 31,5 мм меньше, чем в 2021 г, но благодаря оптимальной среднесуточной температуре воздуха ( $+17,3^{\circ}\text{C}$ ) большинство сортов образцов могли полноценно расти и развиваться. ГТК составил 0,5, что характеризует этот год как «очень засушливый».

2023 г. Погодные условия периода проведения опытов способствовали активному росту и развитию зерновых культур. За весенние месяцы (апрель-май) выпало 84,7 мм осадков, сумма активных температур составила  $851,7^{\circ}\text{C}$ , следовательно, ГТК – 0,9, что характеризует этот период, как «засушливый».

Таблица 1 – Метеорологические условия вегетационного периода ярового ячменя, 2021-2023 гг.

Table 1 – Meteorological conditions of the growing season of spring barley, 2021-2023

| Показатели / Indicators                                                                                        | Годы проведения исследований / Years of research |       |       | В среднем за период / On average for the period |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------|-------|-------------------------------------------------|
|                                                                                                                | 2021                                             | 2022  | 2023  |                                                 |
| Среднесуточная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$ / Average daily air temperature, $^{\circ}\text{C}$     | 22,2                                             | 17,3  | 17,7  | 19,1                                            |
| Сумма атмосферных осадков, мм / The amount of precipitation, mm                                                | 105,2                                            | 73,7  | 124,4 | 303,3                                           |
| Относительная влажность воздуха, % / Relative humidity, %                                                      | 56                                               | 52    | 58    | 55                                              |
| Сумма активных температур воздуха $>10^{\circ}\text{C}$ / Sum of active air temperatures $>10^{\circ}\text{C}$ | 1600                                             | 1514  | 1526  | 4640                                            |
| Скорость ветра, м/сек / Wind speed, m/sec                                                                      | 14/19                                            | 13/15 | 11/16 | 13/17                                           |
| ГТК / GTK                                                                                                      | 0,7                                              | 0,5   | 0,9   | 0,7                                             |

Данные по элементам продуктивности культуры ярового ячменя приведены в таблице 2. Значения элементов структуры урожая заметно варьировали, как между образцами, так и по годам исследований.

Наибольшее количество продуктивных стеблей наблюдалось в 2023 у сортов: Первоцелинник – 760 шт./м<sup>2</sup>, Gutter – 694 шт./м<sup>2</sup>, Владимир – 683 шт./м<sup>2</sup>.

По длине колоса отличились сорта Т-12, Южный, Днепровский 103 – во все годы исследований данный показатель превышал другие исследуемые образцы на 2-5 см.

Максимальное количество зерен в колосе было отмечено также в 2023 году у образцов Днепровский 103, Етикет, Первоцелинник, Gutter, Южный и Нутанс 108 с варьированием от 21 шт. до 25 шт.

Большое влияние на формирование массы зерна с колоса – в период налива и созревания зерна оказали климатические условия исследуемых лет. Масса зерна складывалась из озерненности колоса и крупности зерна [10]. Наибольшая масса зерна с колоса оказалась у образцов: Первоцелинник – 0,91 г (2021 г.), Подарок Сибири – 0,82 г (2022 г.), Странник – 0,97 г (2023 г.), превышая при этом контрольный вариант на 0,51 г; 0,44 г; 0,54 г по годам соответственно.

Таким образом, самые высокие элементы продуктивности ярового ячменя были отмечены в 2023 году, самые низкие в 2022 году (таблица 2).

Таблица 2 – Элементы продуктивности ярового ячменя, 2021-2023 гг.  
Table 2 – Elements of spring barley productivity, 2021-2023

| №<br>п/п<br>№/<br>p/p | название / title                     | высота, см /<br>height, cm |       |       | количество<br>продуктивных<br>стеблей, шт./м <sup>2</sup> /<br>number of produc-<br>tive stems, pcs./m <sup>2</sup> |       |       | колос / the ear           |       |       |                                                  |       |       |                                     |      |
|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|--------------------------------------------------|-------|-------|-------------------------------------|------|
|                       |                                      |                            |       |       |                                                                                                                     |       |       | длина, см /<br>length, cm |       |       | кол-во зерен,<br>шт. / number of<br>grains, pcs. |       |       | масса зерна, г /<br>grain weight, g |      |
|                       |                                      |                            |       |       |                                                                                                                     |       |       |                           |       |       |                                                  |       |       |                                     |      |
| 2021г                 | 2022г                                | 2023г                      | 2021г | 2022г | 2023г                                                                                                               | 2021г | 2022г | 2023г                     | 2021г | 2022г | 2023г                                            | 2021г | 2022г | 2023г                               |      |
| 1                     | Ратник-стандарт / Ratnik-standard    | 54                         | 30    | 63    | 487                                                                                                                 | 372   | 510   | 5                         | 5     | 7     | 10                                               | 10    | 0,40  | 0,38                                | 0,43 |
| 2                     | Целинный 30 / Virgin 30              | 53                         | 54    | 60    | 540                                                                                                                 | 563   | 567   | 7                         | 6     | 6     | 14                                               | 15    | 0,50  | 0,46                                | 0,52 |
| 3                     | Днепровский 103 / Dneprovsky 103     | 37                         | 32    | 38    | 598                                                                                                                 | 643   | 678   | 8                         | 10    | 9     | 24                                               | 23    | 0,78  | 0,81                                | 0,94 |
| 4                     | Этикет / Etiquette                   | 55                         | 62    | 51    | 578                                                                                                                 | 504   | 592   | 8                         | 7     | 10    | 20                                               | 19    | 0,52  | 0,40                                | 0,56 |
| 5                     | Первоцелинный / Pervotselinnik       | 50                         | 44    | 50    | 645                                                                                                                 | 636   | 760   | 6                         | 8     | 8     | 21                                               | 20    | 0,91  | 0,80                                | 0,96 |
| 6                     | Т-12 / Т-12                          | 68                         | 70    | 65    | 500                                                                                                                 | 502   | 596   | 9                         | 10    | 11    | 21                                               | 19    | 0,60  | 0,54                                | 0,62 |
| 7                     | Подарок Сибири / A gift from Siberia | 52                         | 43    | 50    | 542                                                                                                                 | 523   | 677   | 6                         | 7     | 7     | 15                                               | 20    | 0,71  | 0,82                                | 0,97 |
| 8                     | Владимир / Vladimir                  | 40                         | 35    | 42    | 612                                                                                                                 | 596   | 683   | 7                         | 8     | 8     | 19                                               | 18    | 0,88  | 0,76                                | 0,89 |
| 9                     | Атаман / Ataman                      | 52                         | 60    | 61    | 523                                                                                                                 | 518   | 566   | 6                         | 7     | 7     | 13                                               | 15    | 0,59  | 0,53                                | 0,60 |
| 10                    | Maritime / Maritime                  | 41                         | 36    | 49    | 515                                                                                                                 | 525   | 617   | 5                         | 6     | 7     | 14                                               | 18    | 0,81  | 0,74                                | 0,87 |
| 11                    | Sloop sa / Sloop sa                  | 51                         | 48    | 49    | 548                                                                                                                 | 510   | 632   | 6                         | 5     | 7     | 15                                               | 18    | 0,72  | 0,70                                | 0,83 |
| 12                    | Gutter / Gutter                      | 50                         | 49    | 51    | 651                                                                                                                 | 632   | 694   | 7                         | 6     | 8     | 17                                               | 20    | 0,84  | 0,66                                | 0,96 |
| 13                    | Южный / Uzhnyi                       | 65                         | 79    | 60    | 430                                                                                                                 | 320   | 512   | 8                         | 10    | 9     | 20                                               | 17    | 0,47  | 0,41                                | 0,52 |
| 14                    | Чилл / Chill                         | 58                         | 65    | 60    | 563                                                                                                                 | 572   | 613   | 5                         | 6     | 7     | 17                                               | 16    | 0,44  | 0,36                                | 0,58 |
| 15                    | Странник / Strannik                  | 46                         | 53    | 52    | 532                                                                                                                 | 369   | 601   | 5                         | 7     | 6     | 15                                               | 17    | 0,87  | 0,79                                | 0,97 |
| 16                    | Мамлюк / Mamluk                      | 44                         | 41    | 50    | 593                                                                                                                 | 438   | 678   | 5                         | 6     | 7     | 15                                               | 18    | 0,73  | 0,67                                | 0,85 |
| 17                    | Нуганс 108 / Nutans 108              | 51                         | 45    | 54    | 462                                                                                                                 | 360   | 569   | 7                         | 6     | 8     | 18                                               | 20    | 0,42  | 0,30                                | 0,51 |
| 18                    | Грейс / Grace                        | 49                         | 40    | 45    | 496                                                                                                                 | 515   | 521   | 6                         | 5     | 8     | 11                                               | 19    | 0,38  | 0,46                                | 0,58 |
| 19                    | Магутны/ Magutny                     | 52                         | 61    | 53    | 598                                                                                                                 | 520   | 612   | 8                         | 7     | 9     | 15                                               | 14    | 0,85  | 0,77                                | 0,93 |
| 20                    | Эней / Aeneas                        | 64                         | 53    | 60    | 400                                                                                                                 | 465   | 484   | 8                         | 6     | 6     | 16                                               | 13    | 0,61  | 0,53                                | 0,67 |
| НСР <sub>05</sub>     |                                      | 2,81                       | 2,89  | 2,82  | 27,04                                                                                                               | 25,21 | 30,41 | 0,33                      | 0,35  | 0,38  | 0,80                                             | 0,86  | 0,04  | 0,03                                | 0,04 |

Данные по хозяйственно ценным признакам представлены в таблице 3, где отмечено сильное варьирование показателей как по образцам, так и по годам исследований.

Известно, что показатель массы 1000 семян является сортовым признаком, но при этом может колебаться в зависимости от климатических условий выращивания. Именно этот ценный признак является простым и относительно доступным для проведения селекционного отбора в ранних поколениях [2]. В нашем опыте из 20 изучаемых сортов – 10 сортов (50%) имели массу 1000 семян стабильно превышающую контрольный сорт во все года их изучения. По данному признаку были выделены: Первоцелинник, Подарок Сибири, Владимир, Атаман, Maritime, Sloop sa, Gutter, Странник, Мамлюк, Магутны.

Таблица 3 – Хозяйственно ценные признаки ярового ячменя, 2021-2023 гг.

Table 3 – Economically valuable signs of spring barley, 2021-2023

| №<br>п/п                | Название / Name                         | Масса 1000 семян /<br>Weight 1000 seeds |             |             | Устойчивость к<br>полеганию, % /<br>Lodging<br>resistance, % |             |             | Урожайность, т/га /<br>Yield, t/ha |             |             |                      |
|-------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------|-------------|--------------------------------------------------------------|-------------|-------------|------------------------------------|-------------|-------------|----------------------|
|                         |                                         | 2021 г.                                 | 2022 г.     | 2023 г.     | 2021 г.                                                      | 2022 г.     | 2023 г.     | 2021 г.                            | 2022 г.     | 2023 г.     | Среднее<br>/ average |
| 1                       | Ратник-стандарт /<br>Ratnik-standart    | 40,00                                   | 35,00       | 41,92       | 5                                                            | 7           | 7           | 1,95                               | 1,42        | 2,19        | 1,86                 |
| 2                       | Целинный 30 /<br>Tselinnyi 30           | 35,72                                   | 30,67       | 30,59       | 5                                                            | 5           | 5           | 2,70                               | 2,59        | 2,95        | 2,75                 |
| 3                       | Днепропровский 103 /<br>Dneprovskiy 103 | 32,50                                   | 35,22       | 39,17       | 9                                                            | 9           | 9           | 4,66                               | 5,20        | 6,37        | 5,41                 |
| 4                       | Этикет / Etiket                         | 26,00                                   | 21,06       | 23,34       | 5                                                            | 7           | 7           | 3,00                               | 2,01        | 3,31        | 2,78                 |
| 5                       | Первоцелинник /<br>Pervotselinnik       | 42,34                                   | 40,00       | 43,60       | 7                                                            | 9           | 9           | 5,86                               | 5,08        | 7,52        | 6,16                 |
| 6                       | Т-12                                    | 28,58                                   | 28,43       | 31,00       | 7                                                            | 7           | 7           | 3,00                               | 2,71        | 3,70        | 3,14                 |
| 7                       | Подарок Сибири /<br>Podarok Sibiri      | 47,34                                   | 41,00       | 53,89       | 7                                                            | 7           | 7           | 3,85                               | 4,29        | 6,56        | 4,90                 |
| 8                       | Владимир /<br>Vladimir                  | 42,23                                   | 46,32       | 45,46       | 9                                                            | 9           | 9           | 5,38                               | 4,53        | 6,07        | 5,33                 |
| 9                       | Атаман / Ataman                         | 45,39                                   | 35,34       | 41,97       | 5                                                            | 5           | 5           | 3,18                               | 2,75        | 3,40        | 3,11                 |
| 10                      | Maritime                                | 57,86                                   | 41,12       | 41,96       | 7                                                            | 7           | 7           | 4,17                               | 3,89        | 5,37        | 4,48                 |
| 11                      | Sloop sa                                | 48,00                                   | 38,89       | 42,50       | 7                                                            | 7           | 7           | 3,95                               | 3,57        | 5,25        | 4,26                 |
| 12                      | Gutter                                  | 49,42                                   | 35,07       | 42,00       | 9                                                            | 9           | 9           | 5,47                               | 4,17        | 6,66        | 5,44                 |
| 13                      | Южный / Uzhnyi                          | 23,50                                   | 24,12       | 24,77       | 5                                                            | 7           | 7           | 2,02                               | 1,31        | 2,66        | 2,00                 |
| 14                      | Чилл / Chill                            | 25,89                                   | 22,50       | 29,00       | 7                                                            | 7           | 7           | 2,48                               | 2,06        | 3,56        | 2,70                 |
| 15                      | Странник /<br>Strannik                  | 58,00                                   | 46,47       | 53,34       | 7                                                            | 7           | 7           | 4,63                               | 2,92        | 5,77        | 4,44                 |
| 16                      | Мамлюк / Mamluk                         | 48,67                                   | 37,23       | 47,23       | 7                                                            | 7           | 7           | 4,33                               | 2,93        | 5,76        | 4,34                 |
| 17                      | Нутанс 108 /<br>Nutans 108              | 23,34                                   | 15,00       | 25,50       | 5                                                            | 5           | 5           | 1,94                               | 1,08        | 2,90        | 1,98                 |
| 18                      | Грейс / Grase                           | 34,55                                   | 25,56       | 36,25       | 3                                                            | 5           | 5           | 1,88                               | 2,37        | 3,02        | 2,43                 |
| 19                      | Магутны /<br>Magutny                    | 56,67                                   | 55,00       | 58,13       | 9                                                            | 9           | 9           | 5,08                               | 4,00        | 5,69        | 4,93                 |
| 20                      | Эней / Eney                             | 38,13                                   | 35,34       | 47,86       | 7                                                            | 9           | 9           | 2,44                               | 2,46        | 3,24        | 2,72                 |
| <b>НСР<sub>05</sub></b> |                                         | <b>2,02</b>                             | <b>1,73</b> | <b>1,97</b> | <b>0,33</b>                                                  | <b>0,36</b> | <b>0,36</b> | <b>0,18</b>                        | <b>0,16</b> | <b>0,23</b> | <b>0,19</b>          |

Оценка устойчивости ярового ячменя к полеганию проводилась в течение всего вегетационного периода неоднократно: в периоды колошения (выметывания) и уборки урожая, а также после ливневых дождей или других экстремальных условий [7]. Степень устойчивости образцов ярового ячменя в опыте определяли глазомерно по шкале, согласно «Методическим указаниям по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса» [8]. В таблице 3 представлены средние показатели устойчивых к полеганию растений ярового ячменя. По результатам проведенных исследований и анализу данных видно, что



ассортимент коллекционного материала богат неполегающими формами [5]. Наиболее устойчивые к данному признаку сорта: Магутны, Владимир, Первоцелинник, Днепровский 103 и Эней. Сорта Целинный 30, Грейс, Атаман имели способность подниматься после шквальных ветров, но из-за невысокой прочности соломины снова ложились в фазу полного созревания [12].

Высокая, стабильная урожайность зерна была отмечена у сортов: Днепровский 103, Первоцелинник, Подарок Сибири, Владимир, Gutter, Магутны, Странник. Этот показатель имел явное превышение над стандартным сортов – Ратник (1,86т/га), на 3,55т/га; 4,30т/га; 3,04 т/га; 3,47 т/га; 3,58 т/га; 2,58 т/га; 3,07 т/га соответственно.

Проведенный однофакторный дисперсионный анализ показал значимость различий в урожайности изучаемых сортообразцов ярового ячменя, НСР<sub>(05)</sub> – 0,19 т/га (таблица 3).

По результатам корреляционного анализа селекционных сортообразцов ярового ячменя определили зависимость его урожайности от основных элементов продуктивности растений и колоса, а также хозяйственно ценных признаков, где видно, что урожайность имела сильную связь с массой зерна с колоса ( $r=0,82$ ), количеством продуктивных стеблей ( $r=0,76$ ) и массой 1000 семян ( $r=0,53$ ).

**Выводы.** В результате изучения сортообразцов ярового ячменя были выделены из них наиболее продуктивные с высокими показателями хозяйственно – ценных признаков, способные формировать хороший урожай зерна на светло-каштановых почвах Северо-Западного Прикаспия. Это образцы: Днепровский 103, Первоцелинник, Подарок Сибири, Владимир, Maritime, Sloop sa, Gutter, Магутны, Мамлюк, Странник.

**Conclusions.** Thus, on the basis of the above data, it can be concluded that as a result of the study of spring barley varieties, the most productive ones with high indicators of economically valuable traits, capable of forming a good grain yield on light chestnut soils of the North-Western Caspian region, were identified. These are the samples: Dneprovsky 103, Pervotselinnik, Gift of Siberia, Vladimir, Maritime, Sloop sa, Gutter, Magutny, Mamluk, Strannik.

#### Библиографический список

1. Айтпаева А. А., Тютюма Н. В. Эффективность возделывания зерновых культур в структуре травяно-пропашных севооборотов в зонах неустойчивого увлажнения. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 134-141.
2. Ламан Н. А., Стасенко Н. Н., Каллер С. А. Биологический потенциал ячменя: устойчивость к полеганию и продуктивность. Минск: Наука и техника, 1984. 216 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.
4. Зеленев А. В., Питоня В. Н., Сухарева Е. П., Беликина А. В. Селекция ярового ячменя в Нижнем Поволжье. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 61-71.
5. Ионова Е. В., Газе В. Л., Некрасов Е. И. Перспективы использования адаптивного районирования и адаптивной селекции сельскохозяйственных культур (обзор). Зерновое хозяйство России. 2013. № 3 (27). С. 19-21.
6. Камалеев Р. Д., Гречишкина О. С. Зависимость урожайности ярового ячменя от метеорологических условий в центральной зоне Оренбургской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 160-167.
7. Ковригина Л. Н., Степанюк Г. Я. Сопряженность элементов продуктивности с признаками структуры стебля у сортов и гибридов ячменя. Вестник КемГУ. 2013. № 1 (53). С.31–33.
8. Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Е. В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб.: ВИР, 2012. 14 с.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Общая часть. М.: Колос, 2019. Выпуск 1. 329 с.
10. Наумова Н. А. Влияние микробиологических препаратов на продуктивность ярового ячменя в условиях севера Астраханской области. Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 2 (66). С. 161-168.
11. Посевная площадь ярового ячменя в Астраханской области на Сельхозпортале, 2023 г. сельхозпортал.рф>analiz-posevnyh-ploshhadej/...
12. Povilaitis V. Relationship between Spring Barley productivity and Growing management in Lithuania's Lowland. Acta Agriculturae Scandinavica. Soil and Plant Science. 2018. No 1 (68). Pp. 86-95.
13. Loskutov I. G., Shelenga T. V., Konarev A. V., Shavarda A. L., Blinova E. V., Dzubenko N. I. The Metabolic Approach to the Comparative Analysis of Wild and Cultivated Species of Oats (Avena L.). Russian Journal of Genetics: Applied Research. 2017. Vol. 7. № 5. Pp. 501-508.

#### References

1. Aitpaeva A. A., Tyutyuma N. V. Efficiency of Cultivation of Grain Crops in the Structure of Grass-Row Crop Rotations in Zones of Unstable Moisture. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 2 (70). Pp. 134-141.

2. Laman N. A., Stasenkov N. N., Kaller S. A. Biological potential of barley: resistance to lodging and productivity. Minsk: Science and Technology, 1984. 216 p.
3. Dospekhov B. A. Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Moscow, Kniga po trebovaniyu Publ., 2012. 352 p.
4. Zelenev A. V., Pitonya V. N., Sukhareva E. P., Belikina A. V. Selection of Spring Barley in the Lower Volga Region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 3 (67). Pp. 61-71.
5. Ionova E. V., Gaze V. L., Nekrasov E. I. Prospects for the Use of Adaptive Zoning and Adaptive Selection of Agricultural Crops (Review). Grain farming in Russia. 2013. № 3 (27). Pp. 19-21.
6. Kamaleev R. D., Grechishkina O. S. Dependence of Spring Barley Yield on Meteorological Conditions in the Central Zone of the Orenburg Region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 2 (70). Pp. 160-167.
7. Kovrigina L. N., Stepanyuk G. Y. Conjugation of Productivity Elements with Stem Structure Traits in Barley Varieties and Hybrids. Vestnik KemsU. 2013. № 1 (53). Pp. 31-33.
8. Loskutov I. G., Kovaleva O. N., Blinova E. V. Methodical Instructions for the Study and Preservation of the World Collection of Barley and Oats. St. Petersburg: VIR Publ., 2012. 14 p.
9. Methodology of State Variety Testing of Agricultural Crops. General part. Moscow: Kolos Publ., 2019. Issue 1. 329 p.
10. Naumova N. A. Influence of Microbiological Preparations on Productivity of Spring Barley in the North of the Astrakhan Region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex. 2022. № 2 (66). Pp. 161-168.
11. Sown area of spring barley in the Astrakhan region on the Agricultural portal, 2023. Сельхозпортал РФ analiz-posevnyh-ploshhadej
12. Povilaitis V. Relationship between Spring Barley productivity and Growing management in Lithuania's Lowland. Acta Agriculture scandinavica. Soil and Plant Science. 2018. No 1 (68). Pp. 86-95.
13. Loskutov I. G., Shelenga T. V., Konarev A. V., Shavarda A. L., Blinova E. V., Dzubenko N. I. The Metabolic Approach to the Comparative Analysis of Wild and Cultivated Species of Oats (*Avena L.*). Russian Journal of Genetics: Applied Research. 2017. Vol. 7. № 5. Pp. 501-508.

#### Информация об авторах

**Наумова Нина Алексеевна**, научный сотрудник лаборатории растительных ресурсов, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, д. 8), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3755-9241>, e-mail: [Naumovana84@mail.ru](mailto:Naumovana84@mail.ru)

#### Author's Information

**Naumova Nina Alekseevna**, Researcher, Laboratory of Plant Resources, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsky district, Solenoe Zaymische village, Severny quarter, 8), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3755-9241>, e-mail: [Naumovana84@mail.ru](mailto:Naumovana84@mail.ru)

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ /  
ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-19

FEATURES OF MILK PRODUCTION OF THE RED STEPPE BREED COWS WHEN USING  
LACTULOSE-CONTAINING FEED ADDITIVESGorlov I. F., Nikolaev D. V., Surkova S. A.,  
Vorontsova E. S., Obruchnikova L. F.Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production  
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 17.02.2024

Submitted 25.03.2024

*The work was performed in accordance with the state assignment of the GNU NIIMMP*

## Abstract

**Introduction.** Over the past decades, one of the main tasks solved by the Russian livestock industry has been increasing the production of dairy and meat raw materials, as a guarantor of the country's food security. An important role is given to domestic breeds of cattle, which include the Red Steppe breed, since it has not only a unique adaptability to local environmental conditions, but also a long period of economic use. In this regard, it seems relevant to study the possibility of increasing its productivity and quality indicators of milk by including lactulose-containing additives in the diets of lactating cows. **Object.** Red Steppe cows. **Materials and methods.** The experiment was carried out on three groups of cows (control and two experimental), each of which consisted of 15 heads. The total number of animals in the experiment was 45. Animals included in the first group (control) received the basic diet (BD). Cows of the second group received BD + "Laktuvet-1" at a dose of 0.5% by weight of concentrated feed, and their peers of the third group received BD + "LactuSuper" – 0.5% by weight of concentrated feed. The experiment was carried out over a period of 194 days. **Results and conclusions.** Feed additives "Laktuvet-1" and "LactuSuper" have shown high efficiency in increasing milk production, improving metabolic processes occurring in the body of animals, and their physiological state. Cows receiving these additives produced on average, 1 liter more milk daily; their milk contained significantly more dry matter, total protein, and casein. The introduction of feed additive "LactuSuper" into the diets of lactating cows made it possible to obtain more cottage cheese from their milk compared to group I by 6.14% ( $P \leq 0,01$ ) and group II – by 3.89% ( $P \leq 0,05$ ) with minimal milk expenditure.

**Keywords:** lactating cows, Red Steppe breed of cows, feed additives, productivity of cows, milk quality of cows, dairy products.

**Citation.** Gorlov I. F., Nikolaev D. V., Surkova S. A., Vorontsova E. S., Obruchnikova L. F. Features of milk production of the Red Steppe breed cows when using lactulose-containing feed additives. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 164-170 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-19.

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

**Conflict of interest.** All authors declared no conflicts of interest.

УДК 636.2.034/084

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА  
КОРОВ КРАСНОЙ СТЕПНОЙ ПОРОДЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ  
ЛАКТУЛОЗУСОДЕРЖАЩИХ КОРМОВЫХ ДОБАВОКГорлов И. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН  
Николаев Д. В., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник  
Суркова С. А., старший научный сотрудник  
Воронцова Е. С., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник  
Обрушников Л. Ф., младший научный сотрудникПоволжский научно-исследовательский институт производства  
и переработки мясомолочной продукции  
г. Волгоград, Российская Федерация

Работа выполнена в соответствии с гос. заданием ГНУ НИИММП

**Актуальность.** На протяжении последних десятилетий одной из главных задач, решаемых животноводческой отраслью России, остается увеличение производства молочного и мясного сырья, как гаранта продовольственной безопасности страны. Важная роль при этом отводится отечествен-

ным породам крупного рогатого скота, к которым относится и красная степная порода, так как она обладает не только уникальной приспособленностью к местным условиям окружающей среды, но и длительным сроком хозяйственного использования. В этой связи актуальным представляется изучение возможности повышения ее продуктивности и качественных показателей молока за счет включения в рационы лактирующих коров лактулозосодержащих добавок. **Объект.** Коровы красной степной породы. **Материалы и методы.** Опыт проведен на трех группах коров (контрольная и две опытные), каждая из которых состояла из 15 голов. Общее количество животных в опыте – 45. Животные, вошедшие в первую группу (контрольная), получали основной рацион (ОР). Коровы второй группы получали ОР + «Лактувет-1» в дозе 0,5% к массе концентрированного корма, а их сверстницы третьей группы – ОР + «ЛактуСупер» – 0,5% к массе концентрированного корма. Опыт осуществлялся на протяжении 194 дней. **Результаты и выводы.** Кормовые добавки «Лактувет-1» и «ЛактуСупер» показали высокую эффективность в отношении увеличения молочной продуктивности, улучшения обменных процессов, протекающих в организме животных, и их физиологического состояния. Коровы, получавшие данные добавки, давали в среднем ежедневно на 1 литр молока больше, в их молоке достоверно больше содержалось сухого вещества, общего белка, казеина. Введение в рационы лактирующих коров кормовой добавки «ЛактуСупер» позволило получить из их молока творога больше в сравнение с I группой на 6,14% ( $P \leq 0,01$ ) и II группой – на 3,89% ( $P \leq 0,05$ ). В группах коров, получавших кормовые добавки, также был установлен и наименьший расход молока.

**Ключевые слова:** лактирующие коровы, красная степная порода коров, кормовые добавки, продуктивность коров, качество молока коров, молочные продукты.

**Цитирование.** Горлов И. Ф., Николаев Д. В., Суркова С. А., Воронцова Е. С., Обрушников Л. Ф. Особенности производства молока коров красной степной породы при использовании лактулозосодержащих кормовых добавок. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 164-170. DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-19.

**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 актуальных вопросов, стоящих перед агропромышленным комплексом России, остается обеспечение населения страны продуктами питания животного и растительного происхождения, что во многом определяет продовольственную безопасность, являющуюся важнейшим звеном в свете обеспечения защиты от санкционного давления недружественных стран.

Остро стоит вопрос увеличения промышленного производства молока и молочных продуктов, решение которого возможно за счет политики субсидирования для усовершенствования или создания новых животноводческих комплексов [1, 2].

Вместе с этим с учетом социальной нагрузки, которая связана с обеспечением разных слоев населения, в том числе детей, подростков, взрослого населения, пожилых людей, востребованность увеличения производства молочных продуктов, особенно сметаны, творога и сыра, с каждым годом только возрастает. Таким образом, рост производства молока и продуктов, из него получаемых, способствует не только повышению продовольственной безопасности, но и улучшает обеспеченность продуктами животного происхождения социально не защищенных слоев населения, что соответствует программе стратегического развития продовольственного рынка страны [3-6].

На заседании Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации состоялось заслушивание докладов Комитета Государственной Думы по аграрным вопросам от 18 октября 2023 года (г. Москва). В ходе выступлений, прозвучавших на этом заседании, было отмечено, что при сравнении с 1990 г. потребление молока на человека в год к концу 2023 г. снизилось с 386 кг до 241 кг. Однако этот показатель в значительной степени отстает от медицинских нормативов, установленных Минздравом РФ. Вместе с этим производство молока за последние 20 лет в нашей стране находится на одном уровне – 32 млн. тонн. По видовому и породному биоразнообразию сельскохозяйственных животных Российская Федерация занимает первое место. Однако мировое молочное скотоводство развивается в сторону доминирования одной или нескольких пород, такой процесс неумолимо ведет к истощению генетического разнообразия внутри вида, вызывает утрату ценных качеств, например таких как здоровье, плодовитость, резистентность к заболеваниям. Поэтому важно сохранять видовое и породное разнообразие, и особенно породную чистоту местных аборигенных пород [7].



Наиболее распространенной породой крупного рогатого скота в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах занимает красная степная порода, так как она обладает не только уникальной приспособленностью к местным условиям окружающей среды, но и длительным сроком хозяйственного использования. Следует учитывать, что особенности кормовой базы данных регионов на сегодняшний день позволяют поддерживать молочную продуктивность коров на уровне от 3000 до 4000 кг молока за лактацию в год [8-11].

Среди зарекомендовавших себя с положительной точки зрения кормовых добавок особое место занимают лактулозосодержащие [12-14]. Они не только позволяют животным показывать высокую продуктивность, в том числе и молочную, но и влияют положительно на показатели естественного иммунитета. Механизм их действия основывается на влиянии легкоусвояемых углеводов, которые, попадая в желудочно-кишечный тракт и вступая во взаимодействие с полезной микрофлорой, позволяют усиливать уровень обменных процессов, происходящих в верхнем отделе, увеличивая объемы бифидогенной микрофлоры, позволяющие в конечном итоге увеличивать выработку специального фермента, усиливающего усвояемость всех поступающих в организм питательных веществ кормов [15-17].

Анализируя вышеизложенное, следует заключить, что одним из перспективных направлений для изучения является эффективность лактулозосодержащих кормовых добавок в свете их влияния на молочную продуктивность коров, качественные показатели молока и молочных продуктов.

Цель работы – изучить эффективность кормовых добавок «Лактувет-1» и «ЛактуСупер» в кормлении лактирующих коров красной степной породы с учетом их возможности повлиять на молочную продуктивность, качественные показатели молока и молочных продуктов.

**Материалы и методы.** Экспериментальные исследования по изучению эффективности лактулозосодержащих добавок «Лактувет-1» и «ЛактуСупер» проводили в ПЗК имени Ленина Суровикинского района Волгоградской области. Для осуществления эксперимента были отобраны новотельные лактирующие коровы красной степной породы в количестве 45 голов в три группы, соответственно по 15 голов в каждой.

Участвующие в эксперименте животные находились в одинаковых условиях, беспривязно на несменяемой глубокой подстилке. Уровень кормления подопытного поголовья соответствовал зоотехническим нормам и изменялся в соответствии с детализированными нормами (А. П. Калашников и др., 2003) с помощью программы для ПК «КормОптим», при корректировке учитывали возраст, живую массу, молочную продуктивность.

Эксперимент проводили в течение 194 суток, которые подразделяли на следующие 4 этапа: первый этап (предварительный) длился 15 суток; второй этап (переходный) – 7 суток; третий этап (главный) – 152 суток; четвертый этап (заключительный) – 20 суток.

Животные, вошедшие в первую группу (контрольная), получали основной рацион (ОР). ОР в основном состоял из следующих кормов: грубых – сено люцерны, сенаж пшеничный; сочных – силос кукурузный, люцерны зеленая; концентратов – зерносмесь, состоящая из зерна ячменя и пшеницы в пропорции 50/50%, зерно сои; кормовых добавок – жмых подсолнечный, патока кормовая, пивная дробина, соль поваренная и другие средства, которые восполняют недостатки некоторых элементов. Коровы второй группы получали ОР + «Лактувет-1» в дозе 0,5% к массе концентрированного корма, а их сверстницы третьей группы – ОР + «ЛактуСупер» – 0,5% к массе концентрированного корма.

У подопытных животных брали кровь из яремной вены (до и в конце опыта) для изучения их физиологического здоровья.

Изучение молочной продуктивности подопытных животных проводили на основании ежелекционных доек в течение полной лактации. Изучение содержания в испытуемом молоке жира, белка, СОМО проводили на приборе типа «Лактан» (ООО ВК «СибАгроПрибор, г. Новосибирск, Россия).

Из полученного в ходе эксперимента молока были выработаны молочные продукты, которые были подвергнуты изучению; в пробах сметаны, творога и сыра определяли физико-химические показатели по общепринятым методикам.

Полученные в ходе эксперимента материалы подвергали математическому и статистическому анализу при помощи методов вариационной статистики по Плохинскому Н.А. (1970) на ПК, с определением уровня достоверности разницы по методике Стьюдента-Фишера.

**Результаты и обсуждение.** При изучении физиологического здоровья животных, участвующих в эксперименте, было установлено, что при постановке опыта содержание в крови эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина находилось на одном уровне и достоверных различий не имело.

Однако при взятии крови на заключительном этапе исследований имелись определенные отличия. Так, в крови коров II и III групп эритроцитов содержалось  $6,86 \cdot 10^{12}/л$  и  $6,94 \cdot 10^{12}/л$ , что выше в сравнение со сверстниками I группы на 2,54 ( $P \leq 0,05$ ) и 3,2% ( $P \leq 0,01$ ), лейкоцитов –  $7,18 \cdot 10^9/л$  и  $7,26 \cdot 10^9/л$ , что больше на 1,32 и 1,41%, гемоглобина – 116 г/л и 119 г/л, что выше на 1,36 и 2,14 % ( $P \leq 0,05$ ) соответственно.

Введение в рационы лактирующих коров лактулозусодержащих кормовых добавок оказало положительный эффект на значительное увеличение содержания в крови эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина. Это вызывает необходимость в более глубоком изучении крови и определения содержания фракций белка.

Анализ содержания в сыворотке крови общего белка показал, что у животных II и III групп его содержалось больше по сравнению со сверстниками I группы на 2,14 ( $P \leq 0,05$ ) и 2,37% ( $P \leq 0,05$ ).

Изучение фракционного состава белка показало, что в крови лактирующих коров II и III групп альбуминов содержалось больше на 1,36 г/л, или 3,27% ( $P \leq 0,05$ ), и 1,44 г/л, или 3,36% ( $P \leq 0,01$ ); общих глобулинов – на 0,68 г/л, или 1,63% ( $P \leq 0,05$ ), и 0,77 г/л, или 2,27% ( $P \leq 0,01$ );  $\alpha$ -глобулинов – на 0,11 г/л, 0,14%, и 0,23 г/л, или 0,34% ( $P \leq 0,05$ );  $\beta$ -глобулинов – на 0,26 г/л, или 1,24% ( $P \leq 0,05$ ), и 0,32 г/л, или 1,53% ( $P \leq 0,05$ );  $\gamma$ -глобулинов – на 0,29 г/л, или 1,26%, и 0,36 г/л, или 2,16% соответственно.

Как видно из полученных нами экспериментальных данных, введение в рационы лактирующих коров лактулозусодержащих кормовых добавок стимулировало в их крови выработку глобулинов различных фракций. Это косвенно подтверждает усиление у них обменных процессов, протекающих в их организме по сравнению с не получавшими таких добавок. Вместе с этим стоит отметить, что увеличенное содержание глобулинов, как переносчиков миоглобина, а значит, и кислорода в крови животных, получавших лактулозусодержащие добавки, стимулирует у них и повышенную выработку молока.

Введение в рационы коров лактулозусодержащих кормовых добавок оказало стимулирующий эффект на рост молочной продуктивности (рисунок 1).

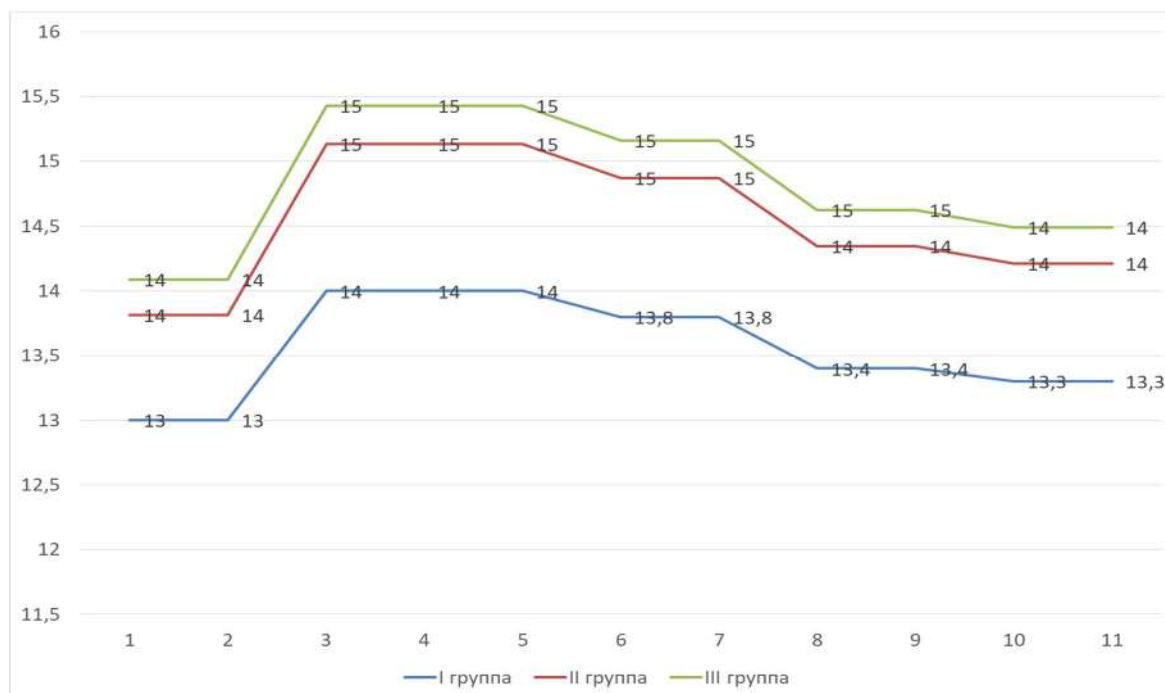


Рисунок 1 – Молочная продуктивность коров красной степной породы с лактулозусодержащими добавками, кг (n=15)

Figure 1 – Milk productivity of Red Steppe cows with lactulose-containing additives, kg (n = 15)

Как видно из результатов, представленных на рисунке 1, коровы, получавшие лактулозосодержащие кормовые добавки начиная с периода раздоя и до конца лактации давали в среднем ежедневно на 1 литр молока больше по сравнению с коровами, не получавшими такие добавки. За весь период лактации от животных I группы надоили 4470 кг, II группы – 4796 кг и III группы – 4889 кг.

Введение в рационы лактирующих коров лактулозосодержащих добавок оказало положительное воздействие на молочную продуктивность.

В связи с тем, что в наших исследованиях использовались кормовые добавки, возникла необходимость провести исследования химического состава молока, получаемого от экспериментальных животных.

В результате проведения контрольного доения по окончании главного периода опыта установлено, что в молоке коров II и III групп содержалось больше сухого вещества на 0,62 ( $P \leq 0,001$ ) и 0,78% ( $P \leq 0,001$ ); СОМО – на 0,69 ( $P \leq 0,001$ ) и 0,80% ( $P \leq 0,001$ ); общего белка – на 0,09 и 0,13%; казеина – на 0,41 ( $P \leq 0,001$ ) и 0,47% ( $P \leq 0,001$ ) по сравнению с молоком коров, не получавших лактулозосодержащих кормовых добавок.

Одним из ключевых факторов, влияющих на выработку творога из молока коров, является наличие в нем сывороточных белков. Поэтому одной из наших задач стало определение сывороточных белков в молоке.

В молоке коров II и III групп  $\alpha$ -лактоальбуминов содержалось больше по сравнению с I группой на 2,32 и 2,44%,  $\beta$ -лактоглобулинов – на 2,54 и 4,12% ( $P \leq 0,05$ ),  $\gamma$ -иммуноглобулинов – на 4,37 ( $P \leq 0,01$ ) и 6,41% ( $P \leq 0,01$ ) соответственно.

Достоверное увеличение сывороточных белков, в частности  $\beta$ -лактоглобулинов, должно оказать влияние на процесс выработки продуктов из молока изучаемых животных.

Нами для экспериментальной выработки творога было отобрано по 5 литров молока, которое предварительно прошло процесс сепарирования (обезжиривание), а затем в него внесли закваску. Исследование показало, что на сквашивание молока, полученного от коров (рацион без кормовых добавок), потребовалось 7,40 ч, на молоко от коров, получавших «Лактувет-1», – 6,48 ч, на молоко от коров, получавших «ЛактуСупер», потребовалось 6,35 ч. При этом введение в рационы лактирующих коров кормовой добавки «ЛактуСупер» позволило получить из их молока творога больше в сравнении с I группой на 6,14% ( $P \leq 0,01$ ) и II группой – на 3,89% ( $P \leq 0,05$ ). Наименьший расход молока был установлен в группах коров, получавших лактулозосодержащие кормовые добавки: так, от животных II группы – на 4,26% ( $P \leq 0,05$ ), а сверстниц III группы – на 5,89% ( $P \leq 0,01$ ) по сравнению с коровами, не получавшими лактулозосодержащие добавки.

**Выводы.** Лактулозосодержащие кормовые добавки «Лактувет-1» и «ЛактуСупер» показали высокую эффективность в отношении увеличения молочной продуктивности, улучшения обменных процессов, протекающих в организме животных, и их физиологического состояния. Всё это способствовало увеличению производства высококачественного творога.

Высокие результаты получены при использовании лактулозосодержащей кормовой добавки «ЛактуСупер» в дозе 0,5% от дачи концентрированного корма.

**Conclusions.** Lactulose-containing feed additives "Laktuvet-1" and "LaktuSuper" have shown high efficiency in increasing milk production, improving metabolic processes occurring in the body of animals, and their physiological state. All this contributed to an increase in the production of high-quality cottage cheese.

High results were obtained using the lactulose-containing feed additive "LactuSuper" at a dose of 0.5% of the concentrated feed.

#### Библиографический список

1. Майоров А. Стратегия развития АПК будет служить ориентиром для совершенствования законодательной базы. <http://council.gov.ru/events/news/138307>.
2. Шейхова М. С., Сафонова С. Г., Кувичкин Н. М. Продовольственная безопасность России: угрозы и возможности в условиях постпандемической реальности. Московский экономический журнал. 2020. № 10. С. 341-349.
3. Горлов И. Ф., Николаев Д. В., Забелина М. В., Божкова С. Е., Смутнев П. В., Тюрин И. Ю., Шардина Г. Е. Оптимизация биотехнологии производства кисломолочного напитка на основе молока, полученного от коров голштинской породы. Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 76-80.
4. Щуцкая А. В., Чеченкова Е. А. Современное состояние и перспективы развития рынка молока и молочной продукции в Российской Федерации. Проблемы развития предприятий: теория и практика. 2021. № 1-1. С. 168-172.

5. Яроменко Н. Н., Брык В. Ю., Зеленская А. М. Тенденции спроса и предложения молочной продукции: российский и зарубежные тренды. Естественно-гуманитарные исследования. 2021. № 35 (3). С. 214-219.
6. Зимняков М. В., Ильина Г. В., Ильин Д. Ю., Зимняков А. М. Состояние, проблемы и перспективы производства молока в России. Техника и технологии в животноводстве. 2023. № 1 (49). С. 4-10.
7. О реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства: доклад Председателя Комитета Государственной Думы по аграрным вопросам, академика РАН В. И. Кашина на парламентских слушаниях 23.03.2023. <http://komitet-agro.duma.gov.ru/novosti/c060fc9c-9f1a-4b1c-b25f-37230edc947d>.
8. Гукежев В. М., Габаев М. С., Губжиков М. А. Красная степная порода – перспектива для юга России. Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2019. № 2 (88). С. 89-94.
9. Петрова М. Ю., Новикова Н. Н., Косарева Н. А. Увеличение продуктивного долголетия красной степной породы крупного рогатого скота. Вестник КрасГАУ. 2021. № 4 (196). С. 93-98.
10. Ковалева Г. П., Гаджиев З. К., Сулыга Н. В. Продуктивные особенности коров красной степной породы в условиях горного Дагестана. Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 1 (14). С. 34-39.
11. Наумов М. К. Молочная продуктивность коров красной степной породы и их помесей с голштинами. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (95). С. 322-325.
12. Savkina O. A., Parakhina O. I., Lokachuk M. N., Pavlovskaya E. N., Khlestkin V. K. Degradation of  $\beta$ -Lactoglobulin during sourdough bread production. Foods and Raw Materials. 2019. V. 7. No 2. Pp. 283-290.
13. Храмов А. Г., Еремина А. И., Школа С. С., Анисимов Г. С., Абилов Б. Т., Кулинцев В. В., Марынич А. П., Джафаров Н. М., Николаенко В. П., Дыкало Н. Я. Белково-углеводные кормовые добавки с лактулозой в рационах лактирующих коров. Ветеринария. 2021. № 3. С. 59-64.
14. Николаенко В. П., Храмов А. Г., Еремина А. И., Дыкало Н. Я., Школа С. С. Пребиотик лактулоза для профилактики инфекционных болезней у животных. Ветеринария. 2021. № 2. С. 56-60.
15. Рябцева С. А., Храмов А. Г., Будкевич Р. О., Анисимов Г. С., Чукло А. О., Шпак М. А. Физиологические эффекты, механизмы действия и применения лактулозы. Вопросы питания. 2020. № 2 (89). С. 5-20.
16. Мурленков Н. В., Шендаков А. И. Эффективность выращивания молодняка крупного рогатого скота при использовании лактулозосодержащей добавки. Биология в сельском хозяйстве. 2021. № 1 (30). С. 17-20.
17. Chlebicz-Wójcik A., Śliżewska K. Probiotics, prebiotics, and synbiotics in the irritable bowel syndrome treatment: A review. Biomolecules. 2021. V. 11. No 8. P. 1154.

## References

1. Mayorov A. The development strategy of the agro-industrial complex will serve as a guideline for improving the legislative base. <https://council.gov.ru/events/news/138307>.
2. Sheykhova M. S., Safonova S. G., Kuvichkin N. M. Food security in Russia: threats and opportunities in a post-pandemic reality. Moscow economic journal. 2020. № 10. Pp. 341-349.
3. Gorlov I. F., Nikolaev D. V., Zabelina M. V., Bozhkova S. E., Smutnev P. V., Tyurin I. Yu., Shardina G. E. Optimization of biotechnology for the production of fermented milk drink based on milk obtained from Holstein cows. The Agrarian scientific journal. 2020. № 10. Pp. 76-80.
4. Shchutskaya A. V., Chechenkova E. A. Modern state and development prospects of the milk and dairy products market in Russian Federation. Problems of enterprise development: theory and practice. 2021. № 1-1. Pp. 168-172.
5. Yaromenko N. N., Bryk V. Y., Zelenskaya A. M. Supply and demand trends for dairy products: Russian and foreign trends. Natural-Humanitarian Studies. 2021. № 35 (3). Pp. 214-219.
6. Zimnyakov V. M., Ilyina G. V., Ilyin D. Yu., Zimnyakov A. M. The state, problems and prospects of milk production in Russia. Machinery and technologies in livestock. 2023. № 1 (49). Pp. 4-10.
7. The implementation of the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture: Report of the Chairman of the State Duma Committee on Agrarian Issues, Academician of the Russian Academy of Sciences V. I. Kashin at parliamentary hearings 03.23.2023. <http://komitet-agro.duma.gov.ru/novosti/c060fc9c-9f1a-4b1c-b25f-37230edc947d>.
8. Gukezhev V. M., Gabaev M. S., Gubzhikov M. A. Red Steppe breed – prospects for the south of Russia. News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the RAS. 2019. № 2 (88). Pp. 89-94.
9. Petrova M. Yu., Novikova N. N., Kosareva N. A. Increasing productive longevity red steppe breed. The Bulletin of KrasGAU. 2021. № 4 (196). Pp. 93-98.
10. Kovaleva G. P., Gadzhiev Z. K., Sulyga N. V. Productive characteristics of Red steppe breed of cows in the conditions of mountainous Dagestan. Agricultural journal. 2021. № 1 (14). Pp. 34-39.
11. Naumov M. K. Milk productivity of Red cows steppe breed and their crossbreeds with Holsteins. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2022. № 3 (95). Pp. 322-325.
12. Savkina O. A., Parakhina O. I., Lokachuk M. N., Pavlovskaya E. N., Khlestkin V. K. Degradation of  $\beta$ -Lactoglobulin during sourdough bread production. Foods and Raw Materials. 2019. V. 7, no. 2. Pp. 283-290.
13. Khramtsov A. G., Eremina A. I., Shkola S. S., Anisimov G. S., Abilov B. T., Kulintsev V. V., Marynich A. P., Jafarov N. M., Nikolayenko V. P., Dikalo N. Ya. Protein-carbohydrate feed additives with lactulose in the diets of lactating cows. Veterinary medicine. 2021. № 3. Pp. 59-64.
14. Nikolaenko V. P., Khramtsov A. G., Eremina A., Dykalo N. Ya., Shkola S. S. Prebiotic lactulose for the prevention of infectious diseases in animals. Veterinary medicine. 2021. № 2. Pp. 56-60.
15. 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. Problems of Nutrition. 2020. № 2(89). Pp. 5-20.
16. Murlenkov N. V., Shendakov A. I. Growing efficiency of calves with the use of lactulose-containing additive. Biology in agriculture. 2021. № 1 (30). Pp. 17-20.
17. Chlebicz-Wójcik A., Śliżewska K. Probiotics, prebiotics, and synbiotics in the irritable bowel syndrome treatment: A review. Biomolecules. 2021. V. 11. No 8. P. 1154.



## Информация об авторах

**Горлов Иван Федорович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, научный руководитель, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), заведующий кафедрой «Технология пищевых производств», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28), ORCID 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

**Николаев Дмитрий Владимирович**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID 0000-0001-9283-5299, e-mail: dmitriynikolaev1978@yandex.ru

**Суркова Светлана Анатольевна**, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID 0000-0001-6581-2702, e-mail: sv.a.surkova@yandex.ru

**Воронцова Елена Сергеевна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), e-mail: esvoronts@mail.ru

**Обрушников Людмила Федоровна**, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID 0000-0003-3767-2831, e-mail: niimmp@mail.ru

## Author's Information

**Gorlov Ivan Fedorovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, st. Rokossovsky, 6), Head of the Department "Food Production Technology" Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

**Nikolaev Dmitriy Vladimirovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, st. Rokossovsky, 6), ORCID 0000-0001-9283-5299, e-mail: dmitriynikolaev1978@yandex.ru

**Surkova Svetlana Anatolyevna**, senior researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, st. Rokossovsky, 6), ORCID 0000-0001-6581-2702, e-mail: sv.a.surkova@yandex.ru

**Vorontsova Elena Sergeevna**, candidate of biological sciences, senior researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, st. Rokossovsky, 6), e-mail: esvoronts@mail.ru

**Obrushnikova Lyudmila Fedorovna**, young researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, st. Rokossovsky, 6), ORCID 0000-0003-3767-2831, e-mail: niimmp@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-20

## METABOLISM IN DAIRY CALVES DEPENDING ON THE LEVEL OF CREZACIN IN DIETS

<sup>1</sup>Varakin A. T., <sup>2</sup>Mokrousov V. E., <sup>2</sup>Gayirbegov D. Sh., <sup>3</sup>Simomov G. A.,  
<sup>1</sup>Vorontsova E. S., <sup>1</sup>Konoblei T. V.

<sup>1</sup>Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation

<sup>2</sup>National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev  
Saransk, Russian Federation

<sup>3</sup>Vologda State Dairy Academy named after N. V. Vereshchagin  
Vologda, Russian Federation

Corresponding author E-mail: varakinat58@mail.ru

Received 21.02.2024

Submitted 29.03.2024

## Summary

The studies examined the effect of different dosages of the feed additive "Krezacin" in diets on the metabolism of calcium and phosphorus in calves during the dairy growing period. The results of the experiment indicated that diet with this supplement in optimal quantities helps improve the metabolism of minerals: calcium and phosphorus in their body. It has been established that when using the feed additive "Krezacin" when feeding young animals at a dose of 15 mg/kg calf weight calcium retention in the body increased by 10.15%, and phosphorus – by 6.21%, which has a beneficial effect on the growth and development of calves when they are raised during the dairy period.

## Abstract

**Introduction.** Successful rearing of calves during the milking period depends on the organization of feeding, based on the achievements of modern zootechnical science. It is important to consider that calves during the milk growing period need sufficient amounts of minerals, necessary to ensure their optimal deposition in the body, and an indicator of the biological value of any feed or diet is the degree to which calcium and phosphorus are used in the body. Therefore, studying the metabolism of these mineral elements is very necessary, especially in connec-

tion with the effect of various feed additives on the animal's body, having the properties of supporting immunity, antioxidant protection, enzyme activity, enhancing metabolism and increasing productivity. However, the effectiveness of using the feed additive "Krezacin" in the organization of adequate feeding of dairy calves has not yet been sufficiently studied. The influence of its various dosages in the diet of dairy calves has not been studied on the exchange of calcium and phosphorus in their body. **Materials and methods.** Against the background of scientific and economic experience at "Niva" LLC of the Republic of Mordovia a balance experiment was carried out on young cattle according to the generally accepted VIZH method. For experience from each experimental group three heads of identical calves of the black-and-white breed were selected. During the exchange experiment, the same conditions of feeding and keeping animals were performed, as in scientific and economic experience. The study examined the effect of different dosages of the feed additive "Krezacin" in diets on the metabolism of calcium and phosphorus in calves during the dairy growing period. **Results and conclusions.** The data obtained in the experiment showed that the diet with this additive in the optimal amount helps improve the metabolism of minerals: calcium and phosphorus in their body. Installed that when using the feed additive "Krezacin" when feeding young animals at a dose of 15 mg/kg calf weight calcium retention in the body increased by 2.41 g or 10.15%, and phosphorus by 0.73 g or 6.21%, respectively, which has a beneficial effect on the growth and development of calves when growing them during the dairy period.

**Keywords:** calves, calf feeding, calf rations, mineral feed additives.

**Citation.** Varakin A. T., Mokrousov V. E., Gayirbegov D. Sh., Simomov G. A., Vorontsova E. S., Konoblei T. V. Metabolism in dairy calves depending on the level of crezacin in diets. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 170-178 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-20.

**Author's contribution.** All authors of the study were directly involved in the planning, conducting or analyzing this work. The authors of this article are familiar with the submitted final version and approved it.

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

УДК 636.2.034.16

## ОБМЕН ВЕЩЕСТВ У ТЕЛЯТ-МОЛОЧНИКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ КРЕЗАЦИНА В РАЦИОНАХ

<sup>1</sup>Варакин А. Т., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>2</sup>Мокроусов В. Е., аспирант

<sup>2</sup>Гайирбеков Д. Ш., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>3</sup>Симонов Г. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>1</sup>Воронцова Е. С., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

<sup>1</sup>Коноблеи Т. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва

г. Саранск, Российская Федерация

<sup>3</sup>Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина

г. Вологда, Российская Федерация

**Актуальность.** Успешное выращивание телят в молочный период зависит от организации кормления, опирающегося на достижения современной зоотехнической науки. Важно учитывать, что телята в молочный период выращивания нуждаются в достаточном количестве минеральных веществ, необходимых для обеспечения оптимального отложения их в организме, а показателем биологической ценности любого корма или рациона является степень использования в организме кальция и фосфора. Поэтому изучение обмена этих минеральных элементов является весьма необходимым, особенно в связи с влиянием на организм животных разных кормовых добавок, обладающих свойствами поддержания иммунитета, антиоксидантной защиты, активности ферментов, усиления обмена веществ и повышения продуктивности. Однако эффективность использования в организации полноценного кормления телят-молочников кормовой добавки «Крезацин» до настоящего времени достаточно не изучена. Не исследовано влияние различных её дозровок в составе рациона телят-молочников на обмен кальция и фосфора в их организме. **Материалы и методы.** На фоне научно-хозяйственного опыта в ООО «Нива» Республики Мордовия был проведён балансовый опыт на молодняке крупного рогатого скота по общепринятой методике ВИЖа. Для опыта из каждой подопытной группы отбирали по 3-и головы идентичных телят чёрно-пёстрой породы. На обменном опыте выполняли те же условия кормления и содержания животных, что и в научно-хозяйственном опыте. В проведённом исследовании изучали влияние разных дозровок кормовой добавки «Крезацин» в рационах на обмен кальция и фосфора у телят молочного периода выращивания. **Результаты и выводы.** Полученные данные в эксперименте показали, что рацион с данной добавкой в оптимальном количестве способствует улучшению обмена минеральных веществ:

кальция и фосфора в их организме. Установлено, что при использовании кормовой добавки «Крезацин» при кормлении молодняка в дозе 15 мг/кг массы телёнка удержание кальция в теле повышалось на 2,41 г или 10,15%, а фосфора на 0,73 г или 6,21% соответственно, что благоприятно влияет на рост и развитие телят при выращивании их в молочный период.

**Ключевые слова:** телята, кормление телят, рационы телят, минеральные кормовые добавки.

**Цитирование.** Варакин А. Т., Мокроусов В. Е., Гайирбеков Д. Ш., Симонов Г. А., Воронцова Е. С., Коноблеи Т. В. Обмен веществ у телят-молочников в зависимости от уровня крезацина в рационах. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 170-178. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-20.

**Авторский вклад.** Все авторы проведённого исследования принимали непосредственное участие в планировании, проведении или анализе данной работы. Авторы настоящей статьи ознакомлены с представленным окончательным её вариантом и одобрили его.

**Конфликт интересов.** Все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Как за рубежом, так и в нашей стране полноценности кормления сельскохозяйственных животных, и особенно высокопродуктивных, в настоящее время уделяется большое внимание для сохранения здоровья и увеличения их уровня долголетия. Использование кормовых добавок разного направленного действия в рационах скота благоприятно сказывается на организме животных и в конечном счёте оказывает положительное влияние на уровень рентабельности производимой продукции [2, 4, 11, 23]. Кормовые добавки к рационам весьма актуальны, и особенно в молочном животноводстве, так как они позволяют повышать молочную продуктивность и улучшать её качество [10, 15, 18-20].

Следует отметить, что одним из главных элементов в успешном выращивании телят любого направления продуктивности в молочный период является правильная организация кормления, опирающегося на последние достижения современной зоотехнической науки. Это объясняется тем, что телята в молочный период выращивания нуждаются в достаточном количестве минеральных веществ, необходимых для обеспечения нормального синтеза и отложения их в организме в оптимальном количестве. Известно, что показателем биологической ценности любого корма или рациона является степень использования в организме кальция и фосфора, содержащихся в них, так как они относятся к жизненно необходимым (биогенным, биотическим) макроэлементам.

Необходимо сказать, что этот показатель зависит также и от физиологических особенностей животного, которому скармливаем корма.

Исходя из этого становится очевидным, что изучение обмена этих макроэлементов не утратило своего значения до настоящего времени, особенно в связи с изучением влияния на организм животных разных дозировок кормовых добавок, обладающих свойствами поддержания иммунитета, антиоксидантной защиты, активности ферментов, усиления обмена веществ и повышения продуктивности. Но, несмотря на очевидную теоретическую и практическую обоснованность и целесообразность применения этих добавок в рационах животных, эффективность использования в организации полноценного кормления телят-молочников кормовой добавки «Крезацин» до настоящего времени достаточно не изучена. Не исследовано влияние различных её дозировок в составе рациона телят-молочников на обмен кальция и фосфора в их организме. Характеристика крезацина была изложена нами ранее в работе [3].

Необходимо подчеркнуть, что сбалансированное питание животных и птицы по существующим нормам эффективно влияет на рост и развитие [14, 25], продуктивность и качество получаемой продукции [7-9, 12, 13, 16, 17, 21, 22, 24], здоровье [1, 5, 6], что следует учитывать при выращивании молодняка крупного рогатого скота.

Целью нашей работы было определение эффективности обмена минеральных веществ: кальция и фосфора в организме телят-молочников при использовании в их рационе кормовой добавки «Крезацин».

В задачи исследований входило:

- определить оптимальную дозу кормовой добавки крезацина в питании телят молочного периода;
- установить удержание кальция организмом телят до 3-х месячного возраста;
- определить удержание фосфора организмом телят молочного периода.

**Материалы и методы.** Подопытным материалом в эксперименте служили телята-молочники (тёлочки) 3-х месячного возраста с живой массой 84-86 кг. На фоне научно-хозяйственного опыта (схема в таблице 1) в условиях ООО «Нива» Республики Мордовия

был проведен балансовый опыт на молодняке крупного рогатого скота по общепринятой методике ВИЖа. На опыт из каждой подопытной группы отбирали по 3-и головы идентичных телят чёрно-пёстрой породы.

В период обменного опыта строго выполняли те же условия кормления и содержания животных, что и в научно-хозяйственном опыте. Длительность к подготовке эксперимента равнялась 15 суток, учётный период составлял 8 суток.

Рационы кормления скота составлялись по рекомендуемым нормам Россельхозакадемии (Калашников А. П. и др., 2003) с учётом химического состава кормов хозяйства.

На балансовом опыте телята содержались на привязи, кормление их было индивидуальным, с ежедневным учётом задаваемых кормов и их остатков. Воду им выпаивали из ведра. Условия содержания подопытных животных и ухода за ними в сравниваемых группах не различались.

Полученный цифровой материал в эксперименте был обработан при помощи компьютера.

Опыт был проведён по следующей схеме (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта / Table 1 – Experience scheme

| Число животных /<br>Number of animals | Группа / Group                            | Особенности кормления молодняки /<br>Peculiarities of feeding young animals     |
|---------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 8                                     | Контрольная / Control                     | Основной хозяйственный рацион (ОП) /<br>Basic Ration (BR)                       |
| 8                                     | Опытная 1-я /<br>1st experienced group    | ОП+15,0 мг/кг живой массы крезацина /<br>BR+15.0 mg/kg wet weight of crezaccine |
| 8                                     | Опытная 2-я / second<br>experienced group | ОП+20,0 мг/кг живой массы крезацина /<br>BR+20.0 mg/kg wet weight of crezaccine |
| 8                                     | Опытная 3-я / third<br>experienced group  | ОП+25,0 мг/кг живой массы крезацина /<br>BR+25.0 mg/kg wet weight of crezaccine |

Таблица 2 – Рацион кормления телят 3-х месячного возраста  
Table 2 – Feeding diet for calves 3 months of age

| Компонент / Component                      | Ед. изм. / unit | Количество / Quantity |
|--------------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| Молоко цельное / Milk                      | кг / kg         | 5                     |
| Сено люцерновое / Alfalfa hay              | « »             | 1                     |
| Дерть ячменя / Barley Turf                 | « »             | 0,7                   |
| Соль поваренная / Salt                     | г               | 15                    |
| В рационе содержится: / the diet contains: |                 |                       |
| ЭКЕ                                        |                 | 2,56                  |
| ОЭ, МДж                                    |                 | 25,6                  |
| Сухого вещества / Dry matter               | г               | 2153                  |
| Сырого протеина / Crude Protein            | г               | 483                   |
| Переваримого протеина / Digestible Protein | «то же»         | 379                   |
| Сырой клетчатки / Crude Fiber              | « »             | 297                   |
| Крахмала / Starch                          | « »             | 349                   |
| Сахара / sugar                             | « »             | 21                    |
| Сырого жира / Crude fat                    | « »             | 229                   |
| Кальция / Calcium                          | « »             | 25                    |
| Фосфора / Phosphorus                       | « »             | 13                    |
| Магния / Magnesium                         | « »             | 4                     |
| Калия / Potassium                          | « »             | 20                    |
| Серы / Sulfur                              | « »             | 7                     |
| Железа / Iron                              | мг              | 234                   |
| Меди / Copper                              | « »             | 13                    |
| Цинка / Zinc                               | « »             | 59                    |
| Кобальта / Cobalt                          | « »             | 0,5                   |
| Марганца / Manganese                       | « »             | 37                    |
| Иода / Iodine                              | « »             | 0,8                   |
| Каротина / Carotene                        | « »             | 54                    |
| Витамина D / Vitamin D                     | тыс. МЕ         | 0,4                   |
| Витамина E / Vitamin E                     | мг              | 175                   |



Тёлочки контрольной группы получали общехозяйственный рацион, а аналоги первой опытной группы, вдобавок к рациону, путём тщательного ступенчатого смешивания, в составе дерти ячменя рациона, ежедневно получали изучаемой добавки в количестве 15 мг на 1 кг живой массы, второй и третьей групп, соответственно, по 20 и 25 мг/кг живой массы.

Основной рацион кормления телят в возрасте 3 месяца в период проведения балансового опыта показан в таблице 2.

Из анализа таблицы 1 видно, что основной рацион кормления подопытного молодняка всех групп был одинаковым.

**Результаты и обсуждение.** Проведённые исследования показали, что различные дозировки крезацина в составе рациона телят каких-либо существенных различий в потреблении ими кальция и фосфора не оказали (соответственно таблицы 3, 4). Однако заметное влияние они оказали на выделение этих элементов из организма молодняка.

Наименьшее выделение кальция из организма наблюдалось у телят из первой опытной группы, получавших в составе рациона крезацина в количестве 15 мг/кг живой массы. Если в контрольной группе с калом выделилось кальция 8,57 г, с мочой – 4,29 г, то в первой опытной группе оно снизилось до 7,74 и 2,81 г соответственно.

Выделение фосфора через пищеварительный тракт в контрольной и первой опытной группах было примерно на одинаковом уровне (соответственно 4,93 и 4,97 г) в сутки, а выделение этого элемента из запасов организма через почки, наименьшим также было у телят из первой опытной группы – 0,42 г в сутки.

В целом же «Крезацин» в количестве 15 мг/кг живой массы, по сравнению с другими дозировками, оказал наиболее существенное влияние на удержание кальция и фосфора в организме подопытных телят.

Использование кальция животными из первой опытной группы по сравнению с контрольными аналогами было выше на 2,41 г или на 10,15% ( $p < 0,05$ ) от потреблённого, по сравнению со второй группой, соответственно – на 0,94 г или 3,93% ( $p < 0,05$ ) и по сравнению с третьей опытной группой – на 1,29 г или 4,64% от потреблённого ( $p < 0,05$ ).

Таблица 3 – Удержание кальция рациона в организме 3-х месячных телят-молочников, г  
Table 3 – Dietary calcium retention in the body of 3-month-old dairy calves, g

| Группа / Group              | Принято с кормом / Taken with food | Выделено / Allocated |                      | Удержано в теле / Retained in the body | % от Принятого / % of accepted |
|-----------------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
|                             |                                    | с калом / with feces | с мочой / with urine |                                        |                                |
| Контрольная / Control       | 22,80±0,39                         | 8,57±0,80            | 4,29±0,76            | 10,02±0,40                             | 43,92±2,40                     |
| 1-я опытная / 1 experienced | 22,99±0,15                         | 7,74±0,54            | 2,81±0,49            | 12,43±0,14                             | 54,07±0,33                     |
| 2-я опытная / 2 experienced | 22,88±0,44                         | 7,78±0,29            | 3,61±0,72            | 11,49±0,22                             | 50,21±1,15                     |
| 3-я опытная / 3 experienced | 22,93±0,19                         | 8,28±0,32            | 3,51±0,61            | 11,14±0,32                             | 49,43±1,76                     |

При практически одинаковом потреблении фосфора количество его удержания в организме также было выше у животных из первой опытной группы, по сравнению с контрольными аналогами – на 0,73 г или на 6,21% ( $p < 0,05$ ) от потреблённого, по сравнению с аналогами из второй группы – на 0,56 г или на 3,93% ( $p < 0,05$ ) и по сравнению с третьей опытной группой – на 0,96 г, или на 7,82% ( $p < 0,05$ ).

Таблица 4 – Удержание фосфора рациона в организме 3-х месячных телят-молочников, г  
Table 4 – Retention of dietary phosphorus in the body of 3-month-old dairy calves, g

| Группа / Group              | Принято с кормом / Taken with food | Выделено / Allocated |                      | Удержано в теле / Retained in the body | % от принятого / % of accepted |
|-----------------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
|                             |                                    | с калом / with feces | с мочой / with urine |                                        |                                |
| Контрольная / Control       | 12,21±0,05                         | 4,93±0,17            | 1,23±0,15            | 6,05±0,12                              | 49,55±1,09                     |
| 1-я опытная / 1 experienced | 12,16±0,06                         | 4,97±0,15            | 0,42±0,08            | 6,78±0,11                              | 55,76±1,06                     |
| 2-я опытная / 2 experienced | 12,00±0,18                         | 5,00±0,46            | 0,78±0,29            | 6,22±0,02                              | 51,83±0,76                     |
| 3-я опытная / 3 experienced | 12,14±0,13                         | 5,11±0,22            | 1,21±0,04            | 5,82±0,19                              | 47,94±1,42                     |

На основании полученных в эксперименте данных можно констатировать, что рацион молодняка с добавкой крезацина в количестве 15 мг/кг живой массы улучшает их минеральное питание по кальцию и фосфору.

Положительное действие кормовой добавки Крезацин к рациону на обмен в организме подопытных животных минеральных веществ: кальция и фосфора при выращивании телят молочного периода проявилось также в содержании этих макроэлементов в их сыворотке крови (рисунок 1).

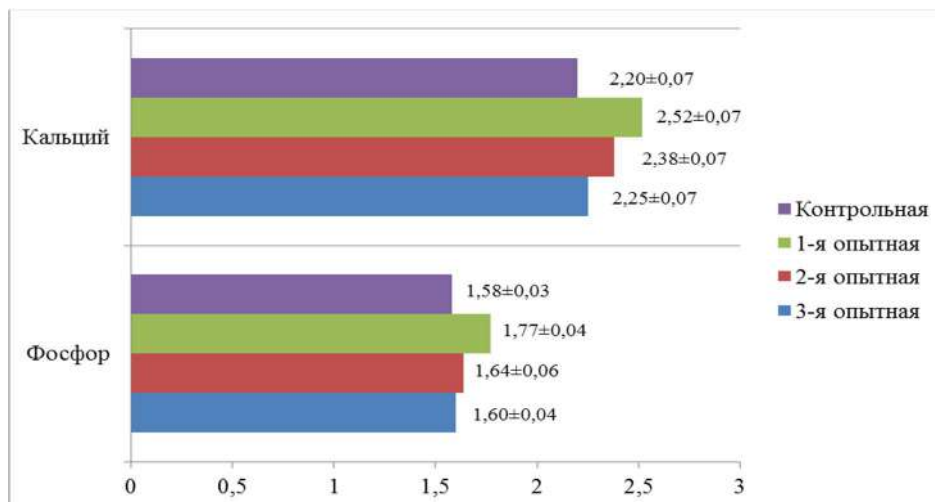


Рисунок 1 – Концентрация кальция и фосфора в крови телят, ммоль /л  
Figure 1 – Concentration of calcium and phosphorus in the blood of calves, mmol / l

Изменение концентрации кальция и фосфора в крови молодняка всех подопытных групп было неодинаковым. Количество кальция общего и фосфора неорганического в сыворотке крови телят, получавших кормовую добавку в количестве 15 мг/кг живой массы, было выше, по сравнению с такими показателями контрольных аналогов, – соответственно на 14,5% и 12% ( $p<0,05$ ), аналогов из второй группы – на 5,9 и 7,9% ( $p>0,05$ ) и по сравнению с животными из третьей группы – на 12 и 10,6% ( $p<0,05$ ).

**Выводы.** Экспериментальное изучение влияния различных дозировок крезацина при кормлении телят-молочников показало, что рацион с данной добавкой в оптимальном количестве способствует улучшению обмена минеральных веществ: кальция и фосфора в их организме.

Положительное действие кормовой добавки «Крезацин» к рациону на обмен в организме подопытного молодняка минеральных элементов: кальция и фосфора при выращивании телят молочного периода подтверждается также в содержании этих макроэлементов в их сыворотке крови.

Установлено, что при использовании этой добавки при кормлении молодняка в дозе 15 мг/кг массы телёнка удержание кальция в теле повышалось на 2,41 г или на 10,15%, а фосфора на 0,73 г, или на 6,21% соответственно, что благоприятно влияет на рост и развитие телят при выращивании их в молочный период.

**Conclusions.** Experimental study of the effect of different dosages of krezacin when feeding dairy calves showed that the diet with this additive in the optimal amount helps improve the metabolism of minerals: calcium and phosphorus in their body.

Positive effect of the feed additive "Krezacin" to the diet on the exchange of mineral elements in the body of experimental young animals: calcium and phosphorus when raising calves during the milk period is also confirmed by the content of these macroelements in their blood serum.

Installed what happens when using this supplement when feeding young animals at a dose of 15 mg/kg calf weight calcium retention in the body increased by 2.41 g or 10.15%, and phosphorus by 0.73 g or 6.21%, respectively, which has a beneficial effect on the growth and development of calves when growing them during the dairy period.

#### Библиографический список

1. 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.
2. 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.
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. Продуктивность и качество молока лактирующих коров чёрно-пёстрой породы в связи с оптимизацией минерального питания. Эффективное животноводство. 2023. № 5 (187). С. 40-42.
5. 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.
6. Варакин А. Т. и др. Гематологические показатели бычков при введении в рационы селеносодержащих добавок. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 209-218.
7. Гайирбеков Д. Ш. и др. Химический состав и энергетическая ценность мяса бычков в зависимости от типа кормления. Проблемы развития АПК региона. 2017. Т. 29. № 1 (29). С. 71-74.
8. 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.
9. Дуборезов В. Повышение эффективности использования рациона молочных коров. Комбикорма. 2017. № 2. С. 83-84.
10. Епифанов В. Г. и др. Влияние кормовой добавки «Белкофф-М» на молочную продуктивность голштинизированных первотёлок. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 2 (34). С. 93-98.
11. Зотеев В., Симонов Г., Симонов А. БВМК с цеолитовым туфом в рационе бычков. Комбикорма. 2013. № 8. С. 49-50.
12. Кутузова А. А. и др. Практическое руководство по ресурсосберегающим технологиям и приёмам улучшения сенокосов и пастбищ в Волго-Вятском регионе. Москва, 2014. 75 с.
13. Мунгин В. В. и др. Повышение яйценоскости и качества яиц перепёлок. Птицеводство. 2016. № 7. С. 31-34.
14. Симонов Г. А., Гайирбеков Д. Ш., Федин А. С. Влияние препарата креззоферан на энергию роста ремонтного молодняка кур-несушек. Эффективное животноводство. 2013. № 5 (91). С. 22-23.
15. Симонов Г., Магомедов М., Алигазиева П. Кормление КРС полнорационной смесью эффективнее. Комбикорма. 2013. № 10. С. 63-64.
16. Симонов Г., Гайирбеков Д., Федин А. Ферросил повышает продуктивность кур-несушек. Комбикорма. 2015. № 4. С. 62.
17. Симонов Г. и др. Влияние комплексного препарата на продуктивность перепёлок-несушек. Комбикорма. 2016. № 9. С. 93-94.
18. Симонов Г. А. и др. Эффективное кормление высокопродуктивных молочных коров на разных физиологических стадиях. Эффективное животноводство. 2018. № 1 (140). С. 28-29.
19. 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.
20. Симонов Г. А. и др. Биологическая ценность комплексной минеральной добавки для лактирующих коров. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 238-247.
21. Тяпугин Е. А. и др. Качество молока коров при различных технологиях доения. Проблемы развития АПК региона. 2015. Т. 23. № 3 (23). С. 75-78.
22. Тяпугин Е. А. и др. Сравнительная оценка технологических факторов, влияющих на производство и качество молока, при различных технологиях доения. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015. № 3. С. 50-53.
23. Ховатов Н. Э. и др. Эффективная кормовая добавка в рационах ремонтных свинок. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 441-447.
24. 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.
25. Simonov G. A., et al. Efficiency of growing crossbred bull-calves of the mountain cattle with Russian polled breed. E3S Web of Conferences. From Inertia to Develop: Research and Innovation Support to Agriculture: International Scientific and Practical Conference. "IDSISA 2020". 2020. P. 02004.

#### References

1. 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.
2. 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.
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. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Gayirbegov D. Sh., et al. Chemical composition and energy value of bull meat depending on the type of feeding. Problems of development of the regional agro-industrial complex. 2017. V. 29. No 1 (29). Pp. 71-74.

8. 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.
9. Duborezov V. Increasing the efficiency of using the diet of dairy cows. Compound feed. 2017. No 2. Pp. 83-84.
10. Epifanov V. G., et al. The influence of the feed additive "Belkoff-M" on the milk productivity of Holsteinized first-calf heifers. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2014. No 2 (34). Pp. 93-98.
11. Zoteev V., Simonov G., Simonov A. BVMK with zeolite tuff in the diet of bulls. Compound feed. 2013. No 8. Pp. 49-50.
12. Kutuzova A. A., et al. Practical guide to resource-saving technologies and methods for improving hayfields and pastures in the Volga-Vyatka region. Moscow, 2014. 75 p.
13. Mungin V. V., et al. Increasing egg production and quality of quail eggs. Poultry farming. 2016. No 7. Pp. 31-34.
14. Simonov G. A., Gayirbegov D. Sh., Fedin A. S. Effect of the drug crezoferan on the growth energy of replacement laying hens. Effective animal husbandry. 2013. No 5 (91). Pp. 22-23.
15. Simonov G., Magomedov M., Aligazieva P. Feeding cattle with a complete mixture is more effective. Compound feed. 2013. No 10. Pp. 63-64.
16. Simonov G., Gayirbegov D., Fedin A. Ferrosil increases the productivity of laying hens. Compound feed. 2015. No 4. P. 62.
17. Simonov G., et al. The influence of a complex preparation on the productivity of laying quails. Compound feed. 2016. No 9. Pp. 93-94.
18. Simonov G. A., et al. Effective feeding of highly productive dairy cows at different physiological stages. Efficient livestock farming. 2018. No 1 (140). Pp. 28-29.
19. 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.
20. Simonov G. A., et al. Biological value of a complex mineral supplement for lactating cows. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2022. No 2 (66). Pp. 238-247.
21. Tyapugin E. A., et al. Quality of cows' milk under various milking technologies. Problems of development of the regional agro-industrial complex. 2015. T. 23. No 3 (23). Pp. 75-78.
22. Tyapugin E. A., et al. Comparative assessment of technological factors influencing the production and quality of milk under various milking technologies. Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2015. No 3. Pp. 50-53.
23. Khovатов N. E., et al. Effective feed additive in the diets of replacement gilts. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2023. No 1 (69). Pp. 441-447.
24. 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.
25. Simonov G. A., et al. Efficiency of growing crossbreed bull-calves of the mountain cattle with Russian polled breed. E3S Web of Conferences. From Inertia to Develop: Research and Innovation Support to Agriculture: International Scientific and Practical Conference. "IDSISA 2020". 2020. P. 02004.

## Информация об авторах

**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

**Мокроусов Виталий Евгеньевич**, аспирант кафедры зоотехнии имени профессора С. А. Лапшина с курсом промышленного свиноводства, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва (Российская Федерация, 430904, Республика Мордовия, г. Саранск, п. Ялга, ул. Российская, д. 31), e-mail: kafedra\_zoo@mail.ru

**Гайирбеков Джунайди Шарамазанович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры зоотехнии имени профессора С. А. Лапшина с курсом промышленного свиноводства, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва (Российская Федерация, 430904, Республика Мордовия, г. Саранск, п. Ялга, ул. Российская, д. 31, Аграрный институт), e-mail: kafedra\_zoo@mail.ru

**Симонов Геннадий Александрович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина» (Российская Федерация, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, д. 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4559-233X>, e-mail: gennadiy0007@mail.ru

**Воронцова Елена Сергеевна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

**Коноблеи Татьяна Викторовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Частная зоотехния», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: konoblei.tatiana@yandex.ru

## Author's Information

**Varakin Aleksander Tikhonovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of "Private 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

**Mokrousov Vitaly Evgenievich**, postgraduate student of the Department of Animal Science named after Professor S. A. Lapshin with a course in industrial pig breeding, National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev (Russian Federation, 430904, Republic of Mordovia, Saransk, Yalga village, st. Rossiyskaya, 31), e-mail: kafedra\_zoo@mail.ru

**Gayirbegov Dzhunaidi Sharamazanovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Science named after Professor S. A. Lapshin with a course in industrial pig breeding, National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev (Russian Federation, 430904, Republic of Mordovia, Saransk, Yalga village, st. Rossiyskaya, 31, Agrarian Institute), e-mail: kafedra\_zoo@mail.ru



**Simonov Gennady Aleksandrovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department "Feeding of farm animals", Volgda State Dairy Academy named after N. V. Vereshchagin (Russian Federation, 160555, Volgda, s. Dairy, st. Shmidta, 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4559-233X>, e-mail: [gennadiy0007@mail.ru](mailto:gennadiy0007@mail.ru)

**Vorontsova Elena Sergeevna**, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: [esvoronts@mail.ru](mailto:esvoronts@mail.ru)

**Konobley Tatyana Viktorovna**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of "Private Animal Science", Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: [konoblei.tatiana@yandex.ru](mailto:konoblei.tatiana@yandex.ru)

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-21

## THE INFLUENCE OF OFFSPRING SEX ON THE PRODUCTIVE AND REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF BULL DAUGHTERS

Gukezhev V. M., Zhashuev Zh. Kh., Gabaev M. S.

*Institute of Agriculture – branch Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center  
"Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences"  
Nalchik, Republic of Kabardino-Balkaria, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: [m\\_gabaev@mail.ru](mailto:m_gabaev@mail.ru)

Received 15.08.2024

Submitted 26.03.2024

**The research was carried out within the framework of the State Assignment for 2022-2024 No. NIOKTR: 122041300009-2 "To conduct a genealogical assessment of the frequency of occurrence of desirable genotypes of cattle and sheep that meet target standards, taking into account the degree of coincidence of their performance with selection based on phenotypic indicators"**

### Summary

The article analyzes factors that are not taken into account in practical selection, but have a significant impact on the effectiveness of the assessment and use of both sires and breeding stock. One of these factors that directly affects the reproductive qualities of cows is the sex of the offspring.

### Abstract

**Introduction.** The work is devoted to the analysis of factors that are not taken into account in practical selection, but have a significant impact on the effectiveness of the assessment and use of both sires and breeding stock. One of these factors that directly affect the reproductive qualities of cows is the sex of the offspring. **Object.** The object of the research is the results of the assessment of three bulls of the Red-Motley Holstein breed, used to enrich the gene pool of the Red Steppe breed in terms of productive and reproductive indicators of 263 daughters who lactated under the same conditions and at the same time. **Materials and methods.** The research was carried out on the basis of the PR agricultural production complex "Lenintsy" in the Maysky district of the Kabardino-Balkarian Republic. **Results and conclusions.** According to research results, out of 141 daughters of the sire Giovani 45013, 95 gave birth to bulls and 46 to heifers. In general, the average milk yield of heifer mothers during the first lactation was 5014.9 kg and was slightly, by 27.3 kg, higher than that of bull mothers of the same age. Of the 9 fathers of mothers of daughters, the offspring of 3 stud bulls Arzamas 8815, Tibul 26849 and Iman 314 calved bulls, significantly, respectively, by 862.3; 523.4 and 342.7 kg, were superior to their peers who calved heifers. Somewhat different results were established when assessing the sire Paradise 1061, of whose 71 daughters 47 calved bulls, the milk yield of their mothers significantly (+661.6 kg) exceeded the milk yield of their peers who were mothers of heifers. A slight (+69.3 kg) superiority in the milk yield of mothers of bulls was also established based on the results of an assessment of the sire Pigeon 1270. As for the duration of the service period, at the birth of heifers in the offspring of the bull Giovani 45013, it turned out to be on average 26.3 days longer, and in the offspring of the remaining bulls, they are, respectively, 7.0 and 5.6 days longer at the birth of bulls. Taking into account the sex of the offspring and the genotype of mothers and daughters significantly increases the effectiveness of the assessment and the possibility of differentiated use of bulls.

**Keywords:** red steppe cattle breed, red-and-white cattle breed, holstein cattle breed, bull evaluation, offspring sex, bulls-producers.

**Citation.** Gukezhev V. M., Zhashuev Zh. Kh., Gabaev M. S. The influence of offspring sex on the productive and reproductive performance of bull daughters. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 178-187 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-21.

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

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

УДК 636.2.082.22

**ВЛИЯНИЕ ПОЛА ПОТОМСТВА НА ПРОДУКТИВНЫЕ И РЕПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДОЧЕРЕЙ БЫКОВ****Гукежев В. М.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник**Жашуев Ж. Х.**, старший научный сотрудник**Габаев М. С.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр

«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»

г. Нальчик, Республика Кабардино-Балкария, Российская Федерация

**Исследования проведены в рамках выполнения Государственного задания на 2022-2024 годы № НИОКТР: 122041300009-2 «Провести генеалогическую оценку частоты встречаемости желательных генотипов крупного рогатого скота и овец, отвечающих целевым стандартам, с учётом степени совпадения их результативности с отбором по фенотипическим показателям»**

**Актуальность.** Работа посвящена анализу факторов, которые не учитываются в практической селекции, но оказывают достоверное влияние на результативность оценки и использования как быков-производителей, так и маточного поголовья. Одним из таких факторов, оказывающих непосредственное влияние на воспроизводительные качества коров, является пол приплода. **Объект.** Объектом исследования являются данные результатов оценки трех быков-производителей красно-пестрой голштинской породы, использованных для обогащения генофонда красной степной породы, по продуктивным и репродуктивным показателям 263 дочерей лактировавших в одинаковых условиях и в одно и тоже время. **Материалы и методы.** Исследования проводились на базе ПР СХПК «Ленинцы» Майского района Кабардино-Балкарской Республики. **Результаты и выводы.** По результатам исследований из 141 дочери быка-производителя Джовани 45013, 95 принесли бычков и 46 – телочек. В целом средний удой матерей-телочек за первую лактацию составил 5014,9 кг и незначительно, на 27,3 кг, превосходил сверстниц матерей-бычков. Из 9 отцов матерей дочерей потомство 3 быков-производителей Арзамаса 8815, Тибула 26849 и Имана 314, отелившихся бычками, достоверно, соответственно на 862,3; 523,4 и 342,7 кг, превосходили сверстниц, отелившихся телочками. Несколько иные результаты установлены при оценке быка-производителя Парадиз 1061, из 71 дочери которого 47 отелились бычками, удой матерей которых достоверно (+661,6 кг) превзошли удой сверстниц-матерей телочек. Незначительное (+69,3 кг) превосходство удою матерей бычков установлено также по результатам оценки быка-производителя Пижон 1270. Что касается продолжительности сервис-периода, то при рождении телочек в потомстве быка Джовани 45013 она оказалась в среднем на 26,3 дня длиннее, а в потомстве остальных быков, соответственно на 7,0 и 5,6 дня длиннее при рождении бычков. Учет пола потомства и генотипа матерей-дочерей существенно повышают результативность оценки и возможность дифференцированного использования быков.

**Ключевые слова:** красная степная порода скота, красно-пестрая порода скота, голштинская порода скота, оценка быков, пол потомства, быки-производители.

**Цитирование.** Гукежев В. М., Жашуев Ж. Х., Габаев М. С. Влияние пола потомства на продуктивные и репродуктивные показатели дочерей быков. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 178-187. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-21.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Ситуация с воспроизводством стада в хозяйствах, где в качестве улучшающей для скрещивания отечественных пород используются быки-производители голштинской породы, остается крайне сложной и неоднозначной. Именно резкое снижение воспроизводительной способности лучших помесных первотелок и необходимость их браковки из-за яловости становится первопричиной различных мнений о целесообразности данного приема.

Дальше больше, оставшиеся \*среднячки\* и ниже по продуктивности за первую лактацию не хотят ни раздаиваться выше средних показателей по стаду, ни регулярно приносить приплод. Для выяснения причин нами проведен анализ состояния воспроизводства стада ПР ООО «Агро-Союз» разводящих в чистоте черно-пестрых голштинов. Результаты свидетельствуют о том, что максимальную продуктивность чистопородные голштины проявляют по второй лактации. При этом уровень браковки за первые две лактации, в основном связанные с издержками воспроизводства, именно лучших по продуктивности ко-

ров зашкаливает за 80 процентов. Характерной особенностью породы является резкое снижение удою коров 3-х отелов и старше, которые уступают по удою первотелкам, что подчеркивает нецелесообразность их дальнейшего использования.

Одной из причин низкой воспроизводительной способности считается живая масса приплода, но, как правило, пол остается неучитываемым.

Исследованиями установлено, что различные издержки воспроизводства связаны и с полом приплода, так как сказывается половой диморфизм, независимо от породы, телочки по живой массе при рождении на 3-5 кг и более уступают бычкам, что, естественно, оказывает определенное влияние на легкость отела. Существует также мнение, что при рождении бычков удои матерей выше, чем при рождении телочек. В какой степени эти параметры оказывают влияние на продуктивные и репродуктивные качества изучено и апробировано недостаточно.

Проблемам корректной оценки быков-производителей, их воспроизводительных качеств, оценке по качеству потомства на современном этапе в молочном скотоводстве посвящены работы многих отечественных и зарубежных исследователей, но при этом не учитывается половая принадлежность потомства дочерей быков как фактор, влияющий на их молочную продуктивность. При оценке быков-производителей не учитываются как соотношение бычков и телочек в потомстве, так и молочная продуктивность дочерей в зависимости от пола приплода.

Анализ современного состояния селекционно-племенной работы в молочном скотоводстве страны свидетельствует о крайне однозначном подходе к этой весьма сложной проблеме (Гукежев В.М. и др., 2019).

Особенно остро встает проблема воспроизводства стада из-за снижения продолжительности продуктивного использования и воспроизводительных качеств маточного поголовья на фоне повышения молочной продуктивности в результате скрещивания отечественных пород с голштинской.

По данным Решетникова Н. М. и др. (2012а, 2012б): «Одной из самых основных причин, вызывающих проблемы с воспроизводством высокопродуктивного крупного рогатого скота, является так называемый длительный отрицательный энергетический баланс, особенно на пике лактации».

Гукежев В. М. и др. (2013) утверждают: «В практике животноводства сложилось мнение о низкой генетической обусловленности показателей плодовитости и, соответственно, низкой эффективности селекции на плодовитость, но высокая вариабельность показателей плодовитости в большей степени зависит от вмешательства человека».

На данном этапе вопросы совершенствования продуктивных и воспроизводительных качеств при разведении молочного скота актуальны как никогда (Gaworski M., 2016).

Для селекции животных очень важно определить генетические параметры, которые позволяют наиболее полно охарактеризовать наследственный потенциал отдельных групп и популяций, животных в целом (Санова З.С., 2019).

Gorlov I. F. and oth. (2016) утверждают: «Развитие любого признака организма определяется наследственностью (генотипом) и условиями окружающей среды, а степень реализации генетического потенциала и продуктивность поголовья связаны с интенсивностью воспроизводства стада».

Основным источником генетического прогресса в скотоводстве являются быки-производители, используемые в программах крупномасштабной селекции (Исупова Ю. В., Ачкасова Е. В., 2021).

Основой всей племенной работы в отечественном молочном скотоводстве должна быть целенаправленная работа по получению производящего состава, племенная ценность которых определена и подтверждена по мировым стандартам и общепринятым алгоритмам расчета (Прожерин В. П. и др., 2022).

Использование быков-лидеров обеспечивает генетический прогресс и увеличение продуктивности дойного стада (Самусенко Л. Д., 2020).

От точности оценки племенных качеств и рационального использования быков-производителей зависит генетический прогресс в породе или стаде (Мишхожев А. А., Тарчоков Т. Т., Тлейншева М. Г., 2020).

Производителей следует выбирать на основе комплексного индекса. Общий принцип заключается в том, чтобы использовать их как можно быстрее с момента включения в племенную работу, а также максимально интенсивно и в кратчайшие сроки заменять на молодых быков. (Дунин И. М. и др., 2021).

В современном молочном скотоводстве, в хозяйствах пытаются сделать все, чтобы получить как можно больше телочек, то есть полностью обеспечить воспроизводство собственного стада и реализацию сверхремонтных телок. Именно поэтому было разработано сексированное семя, или семя, разделенное по полу (Мурзаева М. Е., 2013).

Вместе с тем J. P. McNamara, S. L. Shields (2013) отмечают, что взгляды на некоторые вопросы, связанные с проблемой воспроизводства конкретизируются на отдельных факторах, однако решение проблемы должно иметь комплексный подход.

По данным Сермягина А. А. и др. (2016): «На основе данных, полученных в ходе полногеномного генотипирования и последующего поиска ассоциаций продуктивных и репродуктивных признаков, были выявлены информативные SNP у голштинских быков».

Barbat A., Le Mezes P. (2010), Oltenacu. P. A., Broom, D. M. (2010) установили, что в связи с интенсивной селекцией, направленной на увеличение молочной продуктивности и применение искусственного осеменения спермой быков зарубежной селекции, у коров выявляются проблемы, связанные со снижением их репродуктивной способности.

Basiel, B. L. and oth. (2020): «Стратегия контроля распространения носителей скрытых генетических дефектов заключается в проведении скрининга на носительство наследственных аномалий, разработке способов регулирования процесса элиминации вредных мутаций у племенных животных».

Seidel G. E. (2013), DeJarnette J. M., Nebel R. L., Marshall C. E. (2009) утверждают: «При использовании сексированного семени частота беременности в среднем на 10-15% ниже по сравнению с традиционным семенем».

Пониженный процент оплодотворяющей способности объясняется, помимо воздействия неблагоприятных факторов, повреждением семени при транспортировке и низкой концентрацией его в дозе (Carvalho J.O. и др., 2010).

Ерохин А. С. и др. (2020) указывают на существование тенденции зависимости результатов осеменения коров от состояния ДНК в половых клетках быков-производителей. Степень повреждения ДНК «в хвосте кометы» в разбавленной среде спермы на 29,2% ниже по сравнению с аналогичным показателем нативной спермы.

Головань В. Т. и др. (2014, 2016) отмечают высокую результативность осеменения телок сексированным семенем (sexed semen), с преимущественным получением телок в приплоде, в хозяйствах на территории Российской Федерации от 26% до 53%. Среди приплода 87,7% телочек, что на 38,7% больше, чем от обычной спермы, телки вполне жизнеспособные, с нормальным ростом и развитием.

**Материал и методы.** Материалом для исследования послужили данные результатов оценки трех быков-производителей красно-пестрой голштинской породы, использованных для обогащения генофонда красной степной породы по продуктивным и репродуктивным показателям 263 дочерей лактировавших в одинаковых условиях и в одно и то же время на базе ПР СХПК «Ленинцы» Майского района Кабардино-Балкарской Республики. Дочери быков были распределены на две группы с учетом пола приплода. В свою очередь, для установления возможного влияния матерей дочерей, последние были распределены на подгруппы с учетом происхождения по отцу. У всех дочерей, наряду с удоем за первые 305 дней лактации, учитывали сервис-период.

**Результаты и обсуждения.** В условиях резкого снижения выхода молодняка и нарастающего с повышением среднего удоя по стаду дефицита ремонтных телок требуют более дифференцированной оценки и изучения всех факторов, лимитирующих воспроизводство стада. К таким факторам относится пол потомства. К сожалению, данный элемент не получил достаточной оценки кроме обычных постулатов о том, что бычки, как правило, в силу большей живой массы при рождении, как бы являются причиной более сложных отелов и издержек воспроизводства. Ну, естественно, есть выход – использование сексированной спермопродукции, хотя практика на это идет неохотно по двум причинам: во-первых, цена дозы сексированной спермы фактически в 10 раз дороже, во-вторых, резко сокращается производство говядины, а это немалая статья дохода. В итоге все остается по-старому.

Нами была проведена оценка быков-производителей без учета пола полученного приплода. По результатам оценки по всем дочерям быки-производители распределились следующим образом (таблица 1).



**Таблица 1 – Результаты предварительной оценки быков-производителей  
Table 1 – Results of a preliminary assessment of bulls**

| Показатель / Index                                                                                                             | Кличка и № быка-производителя /<br>Name and number of the bull |                                 |                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
|                                                                                                                                | Джовани 45013 /<br>Giovani 45013                               | Парадиз 1061 /<br>Paradise 1061 | Пижон 1279 /<br>Pigon 1279 |
| Количество дочерей / Number of daughters                                                                                       | 140                                                            | 71                              | 50                         |
| Удой дочерей за 305 дней I лактации, кг /<br>Milk yield of daughters for 305 days of first<br>lactation, kg                    | 5032,2                                                         | 4751,3                          | 4916,6                     |
| Удой матерей дочерей за 305 дней лакта-<br>ции, кг / Milk yield of mothers of daughters for<br>305 days of first lactation, kg | 4621,5                                                         | 4505,0                          | 4683,3                     |
| ± удоя дочерей к матерям, кг / ± of milking<br>daughters to their mothers, kg                                                  | +410,7                                                         | +246,3                          | +233,3                     |
| Сервис-период дочерей, дни /<br>Daughters' service period, days                                                                | 138,6                                                          | 138,8                           | 90,8                       |

Практика использования быков-производителей свидетельствует и о том, что далеко не всегда соотношение в потомстве бычков и телочек совпадает с мнением 50:50, у разных генотипов это соотношение варьирует в широких пределах, что также необходимо учитывать при использовании их для воспроизводства. Результаты наших исследований тому яркое подтверждение (таблица 2).

Результаты оценки быка-производителя Джовани 45013 показали, что соотношение бычков и телочек у 140 дочерей данного быка составило 95 к 45, или практически 2:1, что резко снижает возможность отбора. При этом, вопреки ожиданиям, удой матерей телочек, хотя и незначительно (+27,3 кг), оказался выше, чем у матерей бычков. Обращает внимание, что и сервис-период матерей телочек на 26,3 дня короче, то есть более чем на один физиологический полноценный цикл охоты.

Группировка дочерей Джовани 45013 по происхождению матерей позволяет уточнить, что из 9 отцов матерей-дочерей, внуки трех быков Арзамас 8815, Иман 314 и Тибул 26849, отелившиеся бычками по удою, соответственно на 862,3; 342,7 и 523,4 кг достоверно превосходили сверстниц-полусестер, отелившихся телочками. Однако средняя продолжительность сервис-периода у данной группы дочерей, отелившихся телочками, оказалось на 30,4 дня длиннее.

Превосходство дочерей над матерями независимо от приплода в существенной степени связано с уровнем кормления матерей в период их первой лактации.

Аналогичная ситуация прослеживается и по результатам оценки быка-производителя Парадиз 1061 по соотношению в потомстве дочерей бычков и телочек. И здесь оказалось также почти в два (1,96) раза больше бычков. Но на этом сходство заканчивается (таблица 3). Данные показывают, что средний удой дочерей-матерей бычков составил 4974,0 кг, что достоверно на 661,6 кг выше удоя дочерей – матерей телочек. Средняя продолжительность сервис-периода по матерям бычков составила 141,2 дня, что на 7 дней больше, чем у матерей телочек.

Обращает внимание и тот факт, что, если средний удой дочерей-матерей бычков достоверно (+507,7 кг) превышает удой своих матерей, то дочери-матери телочек показали удой на 268,8 кг ниже своих матерей.

Более близкие к средним статистическим параметрам данные получены по результатам оценки быка Пижон 1279 (таблица 4), в потомстве которого соотношение бычков и телочек оказалось практически одинаковым.

Результаты показывают, что по данной группе как средние показатели удоя дочерей-матерей бычков, так и продолжительность их сервис-периода оказались выше дочерей-матерей телочек, хотя разница между группами оказалось незначительной и недостоверной. Средний удой дочерей, независимо от пола потомства, оказался выше матерей.

В среднем по всем 169 матерям бычков удой за лактацию составил 4962,8 кг, продолжительность сервис-периода – 127,0 дней, соответственно по 94 матерям телочек 4776,5 кг и 133,7 дня, разница удоя составила 186,3 кг, сервис-период – 6,9 дня.

Таблица 2 – Влияние пола приплода и происхождения матерей дочерей быка Джовани 45013 на результативность отбора  
Table 2 – Influence of the sex of the offspring and the origin of the mothers of the bull Giovanni 45013 on the effectiveness of selection

| Кличка и № отца матерей /<br>Mothers' father's<br>nickname and<br>number | Бычки / Young Bulls                                           |                                                                                  |                      |                            | Телочки / Heifers                                             |                                                                                  |                      |                            | Продолжительность сервис-периода (дней) при рождении /<br>Length of service period (days) at birth |                      |                                | Удой матерей бычков к матерям телочек, ± кг / Milk yield of bull mothers to heifer mothers, ± kg |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                          | количество пар мать-дочь /<br>Number of mother-daughter pairs | удой за 305 дней I лактации, кг / milk yield for 305 days of first lactation, kg |                      |                            | количество пар мать-дочь /<br>Number of mother-daughter pairs | удой за 305 дней I лактации, кг / milk yield for 305 days of first lactation, kg |                      |                            | Бычков /<br>Young Bulls                                                                            | телочек /<br>Heifers | ± к телочкам /<br>± to Heifers |                                                                                                  |
|                                                                          |                                                               | дочерей /<br>Daughters                                                           | матерей /<br>Mothers | ± к матерям / ± to mothers |                                                               | дочерей /<br>Daughters                                                           | матерей /<br>Mothers | ± к матерям / ± to mothers |                                                                                                    |                      |                                |                                                                                                  |
| Арзамас 8815 /<br>Arzamas 8815                                           | 8                                                             | 5065,1                                                                           | 4563,9               | +501,2                     | 4                                                             | 4202,8                                                                           | 4196,0               | +6,8                       | 148,2                                                                                              | 150,3                | -2,1                           | +862,3                                                                                           |
| Гир 1883 / Gir 1883                                                      | 12                                                            | 4566,4                                                                           | 4014,3               | +552,1                     | 7                                                             | 4882,6                                                                           | 4385,4               | +497,2                     | 138,4                                                                                              | 139,9                | -1,5                           | -316,2                                                                                           |
| Грильяж 6977 /<br>Grillage 6977                                          | 10                                                            | 4930,1                                                                           | 4751,8               | +178,3                     | 4                                                             | 5677,3                                                                           | 4433,8               | +1243,5                    | 141,7                                                                                              | 142,7                | -1,0                           | -747,2                                                                                           |
| Иман 314 / Iman 314                                                      | 8                                                             | 4773,0                                                                           | 4204,9               | +568,1                     | 3                                                             | 4430,3                                                                           | 3709,3               | +721,0                     | 128,9                                                                                              | 175,3                | -46,4                          | +342,7                                                                                           |
| Кнор 45026 /<br>Knor 45026                                               | 12                                                            | 5152,9                                                                           | 4564,5               | +588,4                     | 7                                                             | 5298,4                                                                           | 4505,1               | +793,3                     | 112,2                                                                                              | 123,6                | -11,4                          | -145,5                                                                                           |
| Твист 76849 /<br>Twist 76849                                             | 3                                                             | 4766,7                                                                           | 4361,7               | +405,0                     | 2                                                             | 4854,0                                                                           | 4499,0               | +355,0                     | 97,3                                                                                               | 246,0                | -148,7                         | -87,3                                                                                            |
| Тибул 26849 /<br>Tibul 26849                                             | 9                                                             | 5409,9                                                                           | 4742,1               | +667,8                     | 6                                                             | 4886,5                                                                           | 3973,5               | +913,0                     | 122,6                                                                                              | 165,3                | -42,7                          | +523,4                                                                                           |
| Топаз 1239 /<br>Topaz 1239                                               | 4                                                             | 4549,4                                                                           | 4635,5               | -86,1                      | 4                                                             | 5167,8                                                                           | 4650,5               | +517,3                     | 102,5                                                                                              | 170,3                | -67,8                          | -618,4                                                                                           |
| Торпан 2739 /<br>Torpan 2739                                             | 23                                                            | 5038,6                                                                           | 5058,6               | -20,0                      | 7                                                             | 5205,1                                                                           | 5111,7               | +93,4                      | 150,9                                                                                              | 148,9                | +2,0                           | -166,5                                                                                           |
| Прочие / Other                                                           | 6                                                             | 5361,8                                                                           | 4519,5               | +842,3                     | 2                                                             | 5237,5                                                                           | 4559,0               | 1214,0                     | 137,3                                                                                              | 223,0                | -85,7                          | +124,3                                                                                           |
| Итого / Total                                                            | 95                                                            | 4987,6                                                                           | 4562,8               | +424,8                     | 46                                                            | 5014,9                                                                           | 4642,4               | +372,5                     | 130,0                                                                                              | 156,3                | -26,3                          | -27,3                                                                                            |

Таблица 3 – Влияние пола приплода и происхождения матерей дочерей быка Парадиз 1061 на результативность отбора  
Table 3 – Influence of the sex of the offspring and the origin of the mothers of the daughters of the bull Paradise 1061 on the effectiveness of selection

| Кличка и № отца матерей дочерей / Nickname and number of the father of the mothers of the daughters                                                                                                                                 | Бычки / Young Bulls                                        |                                                                                |                   | Телочки / Heifers                                          |                                                                                |                   | Продолжительность сервис-периода (дней) при рождении / Length of service period (days) at birth |                   |                             | Удой матерей бычков к матерям телочек, ± кг / Milk yield of bull mothers to heifer mothers, ± kg |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                     | количество пар мать-дочь / Number of mother-daughter pairs | удой за 305 дней лактации, кг / milk yield for 305 days of first lactation, kg |                   | количество пар мать-дочь / Number of mother-daughter pairs | удой за 305 дней лактации, кг / milk yield for 305 days of first lactation, kg |                   | Бычков / Young Bulls                                                                            | телочек / Heifers | ± к телочкам / ± to Heifers |                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                            | Дочерей / Daughters                                                            | матерей / Mothers |                                                            | Дочерей / Daughters                                                            | матерей / Mothers |                                                                                                 |                   |                             |                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                            |                                                                                |                   |                                                            |                                                                                |                   |                                                                                                 |                   |                             |                                                                                                  |
| Гир 1883 / Gir 1883<br>Грильяж 6977 / Grillage 6977<br>Кулон 1237 / Kulon 1237<br>Твист 76849 / Twist 76849<br>Тибул 26849 / Tibul 26849<br>Топаз 1239 / Topaz 1239<br>Торпан 2739 / Torpan 2739<br>Прочие / Other<br>Итого / Total | 3                                                          | 4639,7                                                                         | 3876,0            | 2                                                          | 4028,5                                                                         | 4976,0            | 121,3                                                                                           | 52,5              | -68,8                       | +611,2                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                     | 1                                                          | 4546,0                                                                         | 2765,0            | 4                                                          | 3913,0                                                                         | 4823,8            | 89,0                                                                                            | 113,2             | +24,2                       | +633,0                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                     | 5                                                          | 5578,0                                                                         | 4309,3            | 1                                                          | 4095,0                                                                         | 4712,0            | 71,2                                                                                            | 67,0              | -4,2                        | +1483,0                                                                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                     | 4                                                          | 4935,8                                                                         | 4991,1            | 1                                                          | 7461,0                                                                         | 4964,0            | 216,8                                                                                           | 218,0             | +1,2                        | -2525,2                                                                                          |
|                                                                                                                                                                                                                                     | 3                                                          | 4505,7                                                                         | 4182,2            | 2                                                          | 4940,5                                                                         | 4777,5            | 53,3                                                                                            | 95,0              | +41,7                       | -434,8                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                     | 5                                                          | 4726,3                                                                         | 4530,4            | 3                                                          | 4750,7                                                                         | 4444,7            | 119,4                                                                                           | 222,0             | +102,6                      | -24,4                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                     | 8                                                          | 4759,5                                                                         | 5259,1            | 8                                                          | 4752,4                                                                         | 4918,5            | 101,6                                                                                           | 158,4             | +56,8                       | +7,1                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                     | 18                                                         | 5133,0                                                                         | 4210,2            | 3                                                          | 4672,7                                                                         | 3829,3            | 206,0                                                                                           | 65,0              | -141,0                      | +460,3                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                     | 47                                                         | 4974,0                                                                         | 4466,3            | 24                                                         | 4312,4                                                                         | 4581,2            | 141,2                                                                                           | 134,2             | -7,0                        | +661,6                                                                                           |

Таблица 4 – Влияние пола приплода и происхождения матерей дочерей быка Пижон 1279 на результативность отбора  
Table 4 – Influence of the sex of the offspring and the origin of the mothers of the daughters of the bull Pizhon 1279 on the effectiveness of selection

| Кличка и № отца матерей дочерей / Nickname and number of the father of the mothers of the daughters | Бычки / Young Bulls                                        |                                                                                |                   | Телочки / Heifers                                          |                                                                                |                   | Продолжительность сервис-периода (дней) при рождении / Length of service period (days) at birth |                   |                             | Удой матерей бычков к матерям телочек, ± кг / Milk yield of bull mothers to heifer mothers, ± kg |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                     | количество пар мать-дочь / Number of mother-daughter pairs | удой за 305 дней лактации, кг / milk yield for 305 days of first lactation, kg |                   | количество пар мать-дочь / Number of mother-daughter pairs | удой за 305 дней лактации, кг / milk yield for 305 days of first lactation, kg |                   | Бычков / Young Bulls                                                                            | телочек / Heifers | ± к телочкам / ± to Heifers |                                                                                                  |
|                                                                                                     |                                                            | дочерей / Daughters                                                            | Матерей / Mothers |                                                            | дочерей / Daughters                                                            | Матерей / Mothers |                                                                                                 |                   |                             |                                                                                                  |
|                                                                                                     |                                                            |                                                                                |                   |                                                            |                                                                                |                   |                                                                                                 |                   |                             |                                                                                                  |
| Гир 1883 / Gir 1883                                                                                 | 4                                                          | 4456,5                                                                         | 3982,5            | 2                                                          | 4671,0                                                                         | 3468,5            | 58,7                                                                                            | 154,5             | +95,8                       | -214,5                                                                                           |
| Грильяж 6977 / Grillage 6977                                                                        | 3                                                          | 4299,0                                                                         | 4444,7            | 3                                                          | 4872,6                                                                         | 5304,3            | 91,0                                                                                            | 51,9              | -39,5                       | -573,6                                                                                           |
| Иман 314 / Iman 314                                                                                 | 3                                                          | 5183,3                                                                         | 4072,0            | 2                                                          | 4979,0                                                                         | 4023,3            | 122,7                                                                                           | 100,0             | -22,7                       | +204,3                                                                                           |
| Кнор 45026 / Knor 45026                                                                             | 4                                                          | 4825,5                                                                         | 4410,5            | 4                                                          | 4838,8                                                                         | 5001,5            | 121,5                                                                                           | 85,2              | -36,3                       | -13,3                                                                                            |
| Тибул 26849 / Tibul 26849                                                                           | 2                                                          | 4404,5                                                                         | 4697,3            | 4                                                          | 4920,8                                                                         | 4901,5            | 105,0                                                                                           | 111,8             | +6,8                        | -516,3                                                                                           |
| Торпан 2739 / Torpan 2739                                                                           | 5                                                          | 5003,8                                                                         | 4853,4            | 3                                                          | 4715,4                                                                         | 4997,3            | 109,0                                                                                           | 87,7              | +21,3                       | +288,4                                                                                           |
| Прочие / Other                                                                                      | 6                                                          | 5245,8                                                                         | 4911,5            | 6                                                          | 4612,7                                                                         | 4402,3            | 138,0                                                                                           | 98,2              | +39,8                       | +633,1                                                                                           |
| Итого / Total                                                                                       | 27                                                         | 4852,8                                                                         | 4527,3            | 24                                                         | 4783,5                                                                         | 4663,0            | 103,3                                                                                           | 93,7              | -5,6                        | +69,3                                                                                            |

**Выводы.** По результатам исследований можно сделать следующие основные выводы:

- недоучет соотношения пола потомства при оценке быков может привести к дефициту телок для воспроизводства стада;
- вызывает сомнение целесообразность дальнейшего использования для воспроизводства стада быка Джовани 45013, оказавшегося лучшим по результатам оценки по удою дочерей в сравнении с матерями и сверстницами в силу низкого выхода телок, низкого удоя их матерей и высокой продолжительности сервис-периода;
- из трех быков по воспроизводительным качествам дочерей показатели потомства быка Пижон 1279 оказались близкими к оптимальным;
- учет сочетаемости с коровами разного генотипа позволяет дифференцированное использование быков.

**Conclusions.** Based on the research results, the following main conclusions can be drawn:

- underestimation of the sex ratio of offspring when evaluating bulls can lead to a shortage of heifers for the reproduction of the herd;
- casts doubt on the advisability of further use for reproduction of the herd of the bull Giovanni 45013, which turned out to be the best according to the results of the assessment of the milk yield of daughters in comparison with mothers and peers due to the low yield of heifers, the low milk yield of their mothers and the long duration of the service period;
- of the three bulls, in terms of the reproductive qualities of the daughters, the indicators of the offspring of the bull Pizhon 1279 turned out to be close to optimal;
- taking into account compatibility with cows of different genotypes allows for differentiated use of bulls.

#### Библиографический список

1. Габаев М. С., Гукеев В. М. Зависимость воспроизводительных качеств дочерей быков от различных факторов. Аграрный вестник Урала. 2013. № 4 (110). С. 22-26.
2. Гукеев В. М., Габаев М. С., Губжиков М. А. Красная степная порода – перспектива для Юга России. Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2019. № 2 (88). С. 89-95.
3. Головань В. Т., Лещук А. Г., Кучерявенко А. В., Ведищев В. А. К вопросу воспроизводства стада крупного рогатого скота. Биологическая защита растений - основа стабилизации агроэкосистем: матер. науч.-практ. конф. Краснодар: ВНИИБЗР, 2016. Ч. 1. С. 159-165.
4. Головань В. Т., Кучерявенко А. В., Юрин Д. А., Галичева М. С. О взаимодействии воспроизводительной и лактационной функции у коров. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 51. С. 49-52.
5. Дунин И. М. и др. Оценка племенной ценности сельскохозяйственных животных и ее использование в селекционной практике. Лесные поляны, 2021. 74 с.
6. Ерохин А. С., Сейдахметов Б. С., Мороз Т. А., Панферов В. В., Малиновский А. М., Блохина Т. М., Архангельская Е. Ю. Изучение стабильности ДНК в сперматозоидах быков-производителей методом ДНК-комет. Зоотехния. 2020. № 4. С. 30-32.
7. Исупова Ю. В., Ачкасова Е. В. Перспективы использования оценки геномной племенной ценности в селекции молочного скота в условиях удмуртской республики. Известия оренбургского государственного аграрного университета. № 4 (90). 2021. С. 307-311.
8. Мишхожев А. А., Тарчоков Т. Т., Тлейншева М. Г. Племенная ценность быков-производителей голштинской породы. Известия оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (83). С. 282-284.
9. Мурзаева М. Е. Сексированное семя и вопросы воспроизводства в современном животноводческом комплексе. Стратегическое развитие инновационного потенциала АПК регионов: материалы конференции. Тверь, 2012. С. 283-286.
10. Прожерин В. П., Ялуга В. Л., Селькова И. В., Кувакина И. В., Хуснутдинова Е. Д. Проблемы в селекции быков-производителей генофондных пород России. Зоотехния. 2022. № 4. С. 2-5.
11. Решетникова Н. М., Ескин Г. В., Комбарова Н. А., Порошина Е. С., Шавырин И. И. Современное состояние и стратегия воспроизводства стада при повышении молочной продуктивности крупного рогатого скота. Молочное и мясное скотоводство. 2012. № 3. С. 2-4.
12. Решетникова Н. М., Ескин Г. В., Комбарова Н. А., Порошина Е. С., Шавырин И. И. Современное состояние и стратегия воспроизводства стада при повышении молочной продуктивности крупного рогатого скота. Молочное и мясное скотоводство. 2012. № 4. С. 2-6.
13. Самусенко Л. Д. Оценка племенной ценности быков-производителей разных линий, используемых на племенных предприятиях Орловской области. Вестник аграрной науки № 2 (83). 2020. С. 70-76.
14. Санова З. С. Влияние генотипа быков на молочную продуктивность и воспроизводительные качества голштинских коров. Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 6. С. 26-28.
15. Сермягин А. А., Гладырь Е. А., Харитонов С. Н. и др. Полногеномный анализ ассоциаций с продуктивными и репродуктивными признаками у молочного скота в российской популяции голштинской породы. Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 2. С. 182-193.
16. Barbat A., Le Mezec P., et al. Female fertility in French dairy breeds: current situation and strategies for improvement J. Reprod. Dev. 2010. № 56. Pp. 15-21.



17. Basiel B. L., Macrina A. L., Dechow C. D. Cholesterol deficiency carriers have lowered serum cholesterol and perform well at an elite cattle show. JDS Communications. 2020. Vol. 1. Pp. 6-9.
18. Oltenacu P. A., Broom D. M. The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. Animal Welfare. 2010. No 19 (S). Pp. 39-49.
19. Gaworski M., Rocha A. G. F. Effect of management practices on time spent by cows in waiting area before milking. Engineering for Rural Development: 15th international scientific conference proceedings. Jelgava. 2016. Vol. 15. Pp. 1300-1304.
20. Carvalho J. O., Sartori R., Machado G. M., Mourão G. B., Dode M. A. N. Quality assessment of bovine cryopreserved sperm after sexing by flow cytometry and their use in in vitro embryo production. Theriogenology. 2010. Vol. 74. Pp. 1521-1530.
21. Gorlov I. F., Bozhkova S. E., Shakhbazova O. P., Gubareva V. V., Mosolova N. I., Zlobina E. Yu., Fiodorov Yu. N., Mokhov A. S. Productivity and adaptation capability of Holstein cattle of different genetic selections. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 2016. Vol. 40 (5). Pp. 527-533.
22. DeJarnette J. M., Nebel R. L., Marshall C. E. Evaluating the success of sex-sorted semen in US dairy herds from on farm records. Theriogenology. 2009. Vol. 71. Pp. 49-58.
23. McNamara J. P., Shields S. L. Reproduction during lactation of dairy cattle: Integrating nutritional aspects of reproductive control in a systems research approach Animal Frontiers. 2013. Vol. 3. № 4. Pp. 76-83.
24. Seidel G. E. Application of Sex-selected Semen in Heifer Development and Breeding Programs Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice. 2013. Vol. 29 (3). Pp. 619-625.

#### References

1. Gabaev M. S., Gukezhev V. M. Dependence of the reproductive qualities of bull daughters on various factors. Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. No. 4 (110). Pp. 22-26.
2. Gukezhev V. M., Gabaev M. S., Gubzhokov M. A. Red steppe breed is a prospect for the South of Russia. News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2019. No. 2 (88). Pp. 89-95.
3. Golovan V. T., Leshchuk A. G., Kucheryavenko A. V., Vedishchev V. A. On the issue of reproduction of the cattle herd. Biological plant protection is the basis for stabilizing agroecosystems: mater. scientific-practical conf. Krasnodar: VNIIBZR, 2016. Part 1. Pp. 159-165.
4. Golovan V. T., Kucheryavenko A. V., Yurin D. A., Galicheva M. S. On the interaction of reproductive and lactation functions in cows. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2014. No. 51. Pp. 49-52.
5. Dunin I. M., et al. Assessment of the breeding value of farm animals and its use in breeding practice. Forest glades, 2021. 74 p.
6. Erokhin A. S., Seidakhmetov B. S., Moroz T. A., Panferov V. V., Malinovsky A. M., Blokhina T. M., Arkhangelskaya E. Yu. Study of DNA stability in spermatozoa of stud bulls using the DNA comet method. Animal science. 2020. No. 4. Pp. 30-32.
7. Isupova Yu. V., Achkasova E. V. Prospects for using the assessment of genomic breeding value in the selection of dairy cattle in the conditions of the Udmurt Republic. News of the Orenburg State Agrarian University. 2021. No 4 (90). Pp. 307-311.
8. Mishkhozhev A. A., Tarchokov T. T., Tleinsheva M. G. Breeding value of Holstein bulls. News of the Orenburg State Agrarian University. 2020. No. 3 (83). Pp. 282-284.
9. Murzaeva M. E. Sexed seed and reproduction issues in the modern livestock complex. Strategic development of the innovative potential of the regional agro-industrial complex: material. scientific-practical Conf. Tver, 2012. Pp. 283-286.
10. Prozherin V. P., Yaluga V. L., Selkova I. V., Kuvakina I. V., Khusnutdinova E. D. Problems in the selection of sires of gene pool breeds in Russia. Animal science. 2022. No. 4. Pp. 2-5.
11. Reshetnikova N. M., Eskin G. V., Kombarova N. A., Poroshina E. S., Shavyrin I. I. The current state and strategy of herd reproduction while increasing the milk productivity of cattle. Dairy and beef cattle breeding. 2012. No. 3. Pp. 2-4.
12. Reshetnikova N. M., Eskin G. V., Kombarova N. A., Poroshina E. S., Shavyrin I. I. Current state and strategy of herd reproduction while increasing the milk productivity of cattle. Dairy and beef cattle breeding. 2012. No. 4. Pp. 2-6.
13. Samusenko L. D. Assessment of the breeding value of stud bulls of different lines used at breeding enterprises in the Oryol region. Bulletin of Agrarian Science. 2020. No 2 (83). Pp. 70-76.
14. Sanova Z. S. The influence of bull genotype on milk productivity and reproductive qualities of Holstein cows. Dairy and beef cattle breeding. 2019. No. 6. Pp. 26-28.
15. Sermyagin A. A., Gladyr E. A., Kharitonov S. N., et al. Genome-wide analysis of associations with productive and reproductive traits in dairy cattle in the Russian population of the Holstein breed. Agricultural biology. 2016. V. 51. No. 2. Pp. 182-193.
16. Barbat A., Le Mezec P., et al. Female fertility in French dairy breeds: current situation and strategies for improvement J. Reprod. Dev. 2010. № 56. Pp. 15-21.
17. Basiel B. L., Macrina A. L., Dechow C. D. Cholesterol deficiency carriers have lowered serum cholesterol and perform well at an elite cattle show. JDS Communications. 2020. Vol. 1. Pp. 6-9.
18. Oltenacu P. A., Broom D. M. The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. Animal Welfare. 2010. No 19 (S). Pp. 39-49.
19. Gaworski M., Rocha A. G. F. Effect of management practices on time spent by cows in waiting area before milking. Engineering for Rural Development: 15th international scientific conference proceedings. Jelgava. 2016. Vol. 15. Pp. 1300-1304.
20. Carvalho J. O., Sartori R., Machado G. M., Mourão G. B., Dode M. A. N. Quality assessment of bovine cryopreserved sperm after sexing by flow cytometry and their use in in vitro embryo production. Theriogenology. 2010. Vol. 74. Pp. 1521-1530.
21. Gorlov I. F., Bozhkova S. E., Shakhbazova O. P., Gubareva V. V., Mosolova N. I., Zlobina E. Yu., Fiodorov Yu. N., Mokhov A. S. Productivity and adaptation capability of Holstein cattle of different genetic selections. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 2016. Vol. 40 (5). Pp. 527-533.

22. DeJarnette J. M., Nebel R. L., Marshall C. E. Evaluating the success of sex-sorted semen in US dairy herds from on farm records. *Theriogenology*. 2009. Vol. 71. Pp. 49-58.

23. McNamara J. P., Shields S. L. Reproduction during lactation of dairy cattle: Integrating nutritional aspects of reproductive control in a systems research approach *Animal Frontiers*. 2013. Vol. 3. № 4. Pp. 76-83.

24. Seidel G. E. Application of Sex-selected Semen in Heifer Development and Breeding Programs *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*. 2013. Vol. 29 (3). Pp. 619-625.

#### Информация об авторах

**Гукеев Владимир Мицахович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией животноводства Института сельского хозяйства – филиала Кабардино-Балкарского научного центра РАН (Российская Федерация, 360006, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Семашко, д. 50), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2523-1246>, e-mail: kbniish2007@yandex.ru

**Жашуев Жамал Хусеевич**, старший научный сотрудник Института сельского хозяйства – филиала Кабардино-Балкарского научного центра РАН (Российская Федерация, 360004, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Матросова, д. 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8682-4750>, e-mail: kbniish2007@yandex.ru

**Габаев Муса Султанович**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Института сельского хозяйства – филиала Кабардино-Балкарского научного центра РАН (Российская Федерация, 361424, Кабардино-Балкарская республика, с. Янкой, ул. Пушкина, д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0393-9385>, e-mail: gabaev@mail.ru

#### Author's Information

**Gukezhev Vladimir Mitsakhovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Leading Researcher, Head of the Live-stock Laboratory of the Institute of Agriculture – branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 360006, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Semashko St., 50), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2523-1246>, e-mail: kbniish2007@yandex.ru

**Zhashuev Zhamal Khuseevich**, senior researcher at the Institute of Agriculture – branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 360004, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Matrosova St., 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8682-4750>, e-mail: kbniish2007@yandex.ru

**Gabaev Musa Sultanovich**, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher at the Institute of Agriculture – branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 361424, Kabardino-Balkarian Republic, Yanikoy village, Pushkina str., 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0393-9385>, e-mail: gabaev@mail.ru

DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-22

## THE EFFICIENCY OF THE USE OF LUPINE GRAIN IN THE DIETS OF DAIRY COWS

Karapetyan A. K., Chehranova S. V., Vuesky N. O., Nikolaev S. I., Danilenko I. Y.

*Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Received 25.02.2024

Submitted 08.04.2024

### Summary

This article presents the results of studying the effectiveness of the use of lupine grains in the diet for dairy cows. The experiment was carried out in the conditions of JSC AGROFIRMA VOSTOK in the Nikolaevsky district of the Volgograd region. Studies have established the positive effect of lupine grain on the dairy productivity of cows and their hematological parameters.

### Abstract

**Introduction.** The modern structure of the global food system leads to food shortages, since a significant part of the resources used in feeding farm animals are consumed by humans. In this regard, it is necessary to search for alternative feed products that do not differ in nutritional value from traditional feeds. The aim of the study was to study the effect of partial or complete replacement of full-fat soy with lupine grain on hematological parameters and dairy productivity of cows and the quality of milk obtained from them. **Object.** The object of the study was dairy cows of the Ayrshire breed. **Materials and methods.** At a dairy enterprise (JSC AGROFIRMA VOSTOK of the Nikolaevsky district of the Volgograd region). A scientific and economic experiment was conducted on dairy cows. The distinctive features were only in the feeding rations, the cows of the control group received the main diet with full-fat soy, 1-, 2- and 3-experimental groups - the main diet, in which lupine was partially or completely introduced instead of soy (50, 75 and 100% of the weight of soy in the mixed feed of cows from the control group). **Results and conclusions.** Daily milk yield (average for the experiment) in cows of the 1st, 2nd and 3rd experimental groups increased by 1.07 kg, 1.53 kg and 1.94 kg as the lupine content in the diet increased compared with animals of the control group receiving full-fat soy as part of the diet. Based on the chemical analysis of milk, an advantage was revealed in the concentration of the mass fraction of fat, protein, lactose and minerals in cows of the experimental groups compared with the control, respectively, on 0,02-0,05 %, 0,03-0,04 %, 0,03-0,06 % and 0.02-0.07%. The morphological and biochemical blood parameters of cows of all four groups were within the normal range, which suggests that redox processes were taking place intensively in their body. At the same time, there was an increase in the blood of cows from the experimental groups in comparison with the control

group of erythrocytes by 1.19-3.41%, hemoglobin by 2.99-6.31%, total protein by 2.13-2.60%, calcium by 1.85-6.30%, phosphorus by 1.21-4.24%. Thus, our results showed that the use of lupine in the diet of dairy cows has a positive effect on hematological parameters, the amount of milk produced, while improving its nutritional value.

**Keywords:** dairy cow feeding, dairy cow rations, dairy cows, lupine grain, grain feed.

**Citation.** Karapetyan A. K., Chehranova S. V., Vuevsky N. O., Nikolaev S. I., Danilenko I. Y. The efficiency of the use of lupine grain in the diets of dairy cows. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 187-194 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-22.

**Author's contribution.** In this experiment, all authors took part in the planning, implementation, and analysis of the results of the research. The presented version of the article was approved by all authors.

**Conflict of interest.** The authors did not declare a conflict of interest.

УДК 636.2.086.367:612.12

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЗЕРНА ЛЮПИНА В РАЦИОНАХ ДОЙНЫХ КОРОВ

Карапетыан А. К., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Чехранова С. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Вуевский Н. О., аспирант

Николаев С. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Даниленко И. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Актуальность.** К нехватке продовольствия приводит современная структура глобальной продовольственной системы, так как значительная часть ресурсов, используемых в кормлении сельскохозяйственных животных, потребляется людьми. В связи с этим необходимо осуществлять поиск альтернативных кормовых средств, не отличающихся по питательной ценности от традиционных кормов. Цель исследования – изучить влияние частичной или полной замены сои полножирной на зерно люпина на гематологические показатели и молочную продуктивность коров и качество полученного от них молока. **Объект исследования.** Объектом исследования стали дойные коровы айрширской породы. **Материалы и методы.** На молочном предприятии (АО «АГРОФИРМА «ВОСТОК» Николаевского района Волгоградской области) был проведен научно-хозяйственный опыт на дойных коровах. Отличительные особенности были только в рационах кормления, коровы контрольной группы получали основную рацион с соей полножирной, 1-, 2- и 3-опытной групп – основной рацион, в котором взамен сои частично или полностью был введен люпин (50, 75 и 100% от массы сои в комбикорме коров из контрольной группы). **Результаты и выводы.** Суточный удой (средний за опыт) у коров 1-, 2- и 3-опытной групп по мере увеличения содержания люпина в рационе увеличивался на 1,07 кг, 1,53 кг и 1,94 кг по сравнению с животными контрольной группы, получавшими сою полножирную в составе рациона. На основании химического анализа молока было выявлено преимущество в концентрации массовой доли жира, белка, лактозы и минеральных веществ у коров опытных групп по сравнению с контролем соответственно на 0,02-0,05%, 0,03-0,04%, 0,03-0,06% и 0,02-0,07%. В пределах нормы находились морфологические и биохимические показатели крови у коров всех четырех групп, это позволяет судить о том, что в их организме усиленно протекали окислительно-восстановительные процессы. При этом было отмечено увеличение в крови коров из опытных групп в сравнении с контрольной группой эритроцитов на 1,19-3,41%, гемоглобина на 2,99-6,31%, общего белка на 2,13-2,60%, кальция на 1,85-6,30%, фосфора на 1,21-4,24%. Таким образом, наши результаты показали, что использование люпина в рационе дойных коров положительно отражается на гематологических показателях, количестве надоенного молока, при этом улучшая его питательную ценность.

**Ключевые слова:** кормление дойных коров, рационы дойных коров, дойные коровы, зерно люпина, зерновые корма.

**Цитирование.** Карапетыан А. К., Чехранова С. В., Николаев С. И., Вуевский Н. О., Даниленко И. Ю. Эффективность применения зерна люпина в рационах дойных коров. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 187-194. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-22.

**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 годы производство продукции скотоводства в России увеличилось, что оказало влияние на интенсификацию исследований по улучшению показателей здоровья и продуктивных качеств коров. Учеными и практиками в области кормления был установлен дефицит протеина, отдельных аминокислот, ферментов, минеральных

веществ, витаминов в рационах коров. Сбалансировать рацион по сырому протеину, аминокислотам и необходимым веществам можно за счет усовершенствования технологии приготовления и заготовки кормов, их подготовки к скармливанию и глубокой переработки до выделения отдельных аминокислот. Однако дефицит протеина в рационах коров может быть компенсирован с помощью ввода кормов с высоким содержанием белка (зерна бобовых, шротов, жмыхов и отдельных протеинсодержащих премиксов и добавок) [3, 8, 10].

Продукты переработки сои традиционно используются в качестве основного источника белка в рационах дойных коров из-за высокого содержания протеина и относительно высокого содержания энергии, которые необходимы для синтеза молока [4-6, 9].

Концепция частичной или полной замены соевых кормов связана с колебаниями в стоимости сои. Также полусасушливые районы с малым количеством осадков не могут поддерживать рост травы для удовлетворения потребностей сельскохозяйственных животных и птицы. Потребность в альтернативных источниках экономически эффективного белка, подходящих для снижения воздействия животных в целом на окружающую среду, жизненно важна для устойчивости сырьевого сектора. Эта ситуация еще более усложняется из-за изменения климата, которое проявляется в длительных периодах засухи, вызывающей дальнейшую деградацию малопродуктивных пахотных земель. Следовательно, выбор культур, которые можно выращивать на малопродуктивных пахотных землях и давать ценные корма, представляется ключевой проблемой для устойчивости сектора животноводства в большинстве засушливых регионов страны [7, 11, 12].

Так, все больше местные производители отдают предпочтение таким кормам, как сорго, нут, люпин, сафлор, остатки переработки семян горчицы, рыжика, сурепицы и т.д., которые частично или полностью вытесняют из рациона традиционные кормовые средства [2, 13-15].

В связи с вышесказанным считаем актуальным проведение исследований по включению в рацион коров зерна люпина сорта Деко, который характеризуется низким содержанием антипитательных факторов.

Целью исследования было определить влияние частичной или полной замены сои полножирной на зерно люпина на молочную продуктивность и гематологические показатели коров.

**Материал и методы.** В условиях крупного предприятия АО «АГРОФИРМА «ВОСТОК» Николаевского района Волгоградской области был проведен научно-хозяйственный опыт на коровах айрширской породы. Животных подбирали в группы методом пар-аналогов, всего было сформировано 4 группы (контрольная, 1-, 2- и 3-опытная). Условия содержания были идентичными у животных всех подопытных групп и соответствовали зооигиеническим параметрам. Отличительные особенности были только в рационах кормления животных: коровы контрольной группы получали основной рацион с соей полножирной (содержание ее в комбикорме составило 15%), 1-, 2- и 3-опытной групп - основной рацион, в котором взамен сои частично или полностью был введен люпин (таблица 1).

Таблица 1 – Схема проведения опыта на животных  
Table 1 – The scheme of the experiment on animals

| Группа коров /<br>A group of<br>cows | Условия кормления / Feeding conditions                                                                                                        | Прод. периода<br>(учетного) / Cont.<br>period (accounting) | Кол-во ко-<br>ров / Num-<br>ber of cows |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Контрольная /<br>Control             | ОП (основной рацион) с соей полножирной /<br>MD (main diet) with full-fat soy                                                                 | 180 дней /180 days                                         | 10                                      |
| 1-опытная /<br>1-experienced         | ОП с замещением сои полножирной на зерно люпина (на 50 %) / MD with substitution of full-fat soybean with lupine grain (by 50%)               |                                                            | 10                                      |
| 2-опытная /<br>2-experienced         | ОП с замещением сои полножирной на зерно люпина (на 75 %) / MD with substitution of full-fat soybean with lupine grain (by 75%)               |                                                            | 10                                      |
| 3-опытная /<br>3-experienced         | ОП с полным замещением сои полножирной на зерно люпина (на 100 %) / MD with full replacement of full-fat soybeans with lupine grain (by 100%) |                                                            | 10                                      |



**Результаты и обсуждение.** Анализ химического состава зерна люпина и сои показал превосходство первого над вторым по следующим показателям: сырой протеин – на 1,7%, сырая клетчатка – на 0,9%, сырая зола – на 0,2% и БЭВ – на 3,8%, однако было выявлено меньшее содержание сырого жира на 6,7%.

Таким образом, можно заключить следующее, что по кормовому достоинству зерно люпина превосходит сою полножирную и может быть использовано в кормлении животных.

В молочном скотоводстве главным показателем является молочная продуктивность коров, и в зависимости от большинства факторов (условия кормления и содержания), она может быть вариабельной (быть либо повышена, либо понижена) (таблица 2).

Таблица 2 – Молочная продуктивность коров и качество полученного молока  
Table 2 – Dairy productivity of cows and the quality of the milk obtained

| Подопытные группы / Test Groups | Показатель / Index                                     |                                  |                 |                   |                |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------|-------------------|----------------|
|                                 | Среднесуточный удой, кг / Average daily milk yield, kg | Массовая доля, % / Mass share, % |                 |                   |                |
|                                 |                                                        | Жира / Fat                       | Белка / Protein | Лактозы / Lactose | Золы / Ash     |
| Контрольная / Control           | 28,1                                                   | 4,01±<br>0,022                   | 3,23±<br>0,020  | 4,64±<br>0,049    | 0,69±<br>0,028 |
| 1-опытная / 1-experienced       | 29,17                                                  | 4,03±<br>0,020                   | 3,26±<br>0,020  | 4,67±<br>0,045    | 0,71±<br>0,025 |
| 2-опытная / 2-experienced       | 29,63                                                  | 4,06±<br>0,019                   | 3,27±<br>0,018  | 4,68±<br>0,048    | 0,74±<br>0,029 |
| 3-опытная / 3-experienced       | 30,04                                                  | 4,06±<br>0,017                   | 3,27±<br>0,015  | 4,7±<br>0,047     | 0,76±<br>0,022 |

По мере увеличения содержания люпина в рационе повышалась в среднем за сутки выработка молока у коров 1-, 2- и 3-опытной групп на 3,81% (1,07 кг), 5,44% (1,53 кг) и 6,90% (1,94 кг) по сравнению с коровами из контроля, получавшими сою полножирную в составе рациона.

На предприятии специалисту по кормлению коров необходимо своевременно принимать решение по коррекции программ кормления для получения молока высокого качества. С помощью полноценного кормления можно изменить состав молока коров, однако стоит учитывать сложную взаимосвязь между компонентами корма и составом молока [1].

Различное включение зерна люпина сорта «Деко» в рацион коров привело к некоторому изменению массовой доли жира и белка в молоке по сопоставлению с коровами, получавшими сою полножирную. Так, в молоке коров 1-опытной группы содержание жира и белка составило 4,03% и 3,26%, 2-опытной группы – 4,06% и 3,27% и 3-опытной группы – 4,06% и 3,27%, что несколько больше в сравнении с коровами из контроля на 0,02% и 0,03%, 0,05% и 0,04% и 0,05% и 0,04%.

Наблюдалось некоторое увеличение молочного сахара в образцах молока коров (1-, 2- и 3-опытной групп) по мере увеличения количества ввода зерна люпина в рацион на 0,03%, 0,04% и 0,06% по сравнению молоком, полученным от животных контрольной группы.

Согласно полученным данным, концентрация минеральных веществ в молоке коров 1-, 2- и 3- опытной групп, была выше, чем у контрольной группы животных на 0,02%, 0,05% и 0,07%.

Следует отметить повышение витаминного состава молока у коров опытных групп по сравнению с контрольной, так концентрация витамина С была выше на 0,09-0,40 мг/л, витамина А – 0,008-0,024 мг/л (рисунок 1).

Таким образом, в ходе исследований отмечено положительное влияние включения в рацион коров зерна люпина на их молочную продуктивность и качество молока.

Для оценки метаболических процессов в организме животных проводят анализ гематологических показателей, так как на изменения в условиях кормления и содержания в первую очередь реагирует кровь. Многими учеными уже давно доказана тесная взаимосвязь между продуктивными качествами животных и их гематологическими показателями. В связи с этим мы оценивали изменения гематологического статуса дойных коров под влиянием частичной или полной замены сои на зерно люпина в рационе (таблица 3).

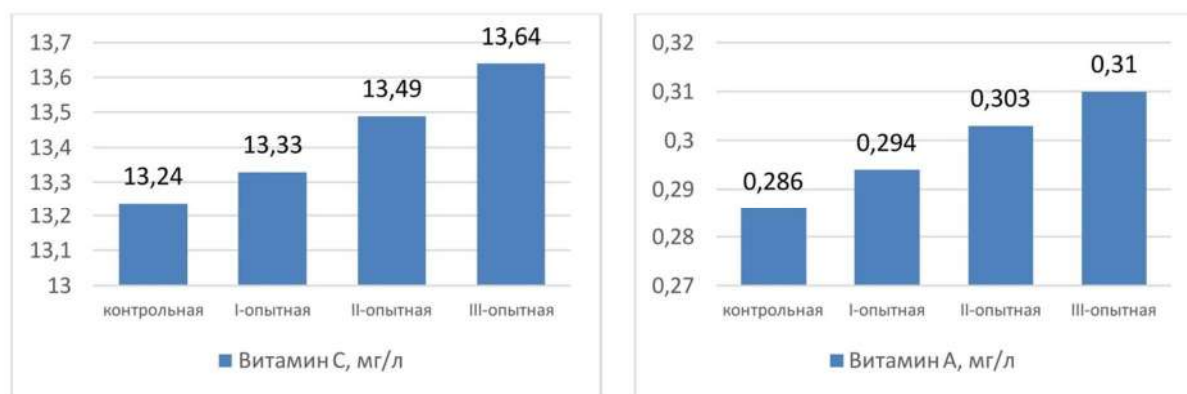


Рисунок 1 – Содержание витаминов С и А в молоке коров  
Figure 1 – The content of vitamins C and A in cow's milk

Таблица 3 – Морфологические и биохимические показатели крови коров  
Table 3 – Morphological and biochemical parameters of cow blood

| Показатель / Index                                  | Подопытные группы / Test Groups |                           |                           |                           |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                                                     | Контрольная / Control           | 1-опытная / 1-experienced | 2-опытная / 2-experienced | 3-опытная / 3-experienced |
| Эритроциты, $10^{12}/л$ / Erythrocytes, $10^{12}/l$ | 6,75±0,062                      | 6,83±0,055                | 6,98±0,051                | 6,92±0,53                 |
| Лейкоциты, $10^9/л$ / Leukocytes, $10^9/l$          | 7,89±0,071                      | 7,86±0,070                | 7,85±0,067                | 7,88±0,068                |
| Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l                   | 100,53±3,124                    | 103,54±2,973              | 106,87±2,957              | 106,18±2,891              |
| Общий белок, г/л / Total protein, g/l               | 74,19±1,219                     | 75,77±1,279               | 76,07±1,192               | 76,12±1,197               |
| Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/l                  | 2,70±0,043                      | 2,82±0,039                | 2,75±0,041                | 2,87±0,044*               |
| Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l                | 1,65±0,022                      | 1,71±0,024                | 1,67±0,021                | 1,72±0,020*               |

Основной функцией эритроцитов является перенос кислорода, помимо этого они участвуют в транспорте аминокислот, адсорбции вирусов и токсинов и оказывают влияние на промежуточный обмен белков. Количество эритроцитов у коров (1-, 2- и 3-опытной групп), получавших различные проценты ввода зерна люпина взамен сои полножирной, составило  $6,83 \cdot 10^{12}/л$ ,  $6,98 \cdot 10^{12}/л$  и  $6,92 \cdot 10^{12}/л$ , что было на  $0,08 \cdot 10^{12}/л$ ,  $0,23 \cdot 10^{12}/л$  и  $0,17 \cdot 10^{12}/л$  больше, чем в контрольной группе коров.

В сопоставлении с контрольными аналогами гемоглобин у коров во 2-опытной группе был выше на 6,34 г/л или 6,31 %. Коровы 1- и 3- опытной групп имели содержание гемоглобина в крови 103,54 г/л и 106,18 г/л, что было выше, чем у контрольных аналогов на 2,99 % и 5,62 %.

Данные по концентрации в крови гемоглобина и эритроцитов подтверждают факт интенсивности окислительно-восстановительных реакций в организме коров опытных групп, что положительно сказалось на показателях молочной продуктивности.

Концентрация лейкоцитов в крови животных опытных групп имела тенденцию к снижению в сопоставлении с кровью коров из контроля на  $0,01-0,04 \cdot 10^9/л$ .

Наиболее точными индикаторами метаболических процессов в организме животного являются биохимические показатели, которые определяются в сыворотке крови. По концентрации общего белка в сыворотке крови можно судить об обеспеченности животных протеином.

В крови коров контрольной группы уровень общего белка был 74,19 г/л, что ниже, чем у коров из 1-опытной (75,77 г/л), на 1,58 г/л или 2,13 %, во 2-опытной – 76,07 г/л, превзойдя аналогов из контроля на 1,88 г/л или 2,54 % и в 3-опытной – 76,12 г/л, что на 1,93 г/л или 2,60 % было выше, чем у животных из контрольной группы.

Уровень кальция и фосфора в сыворотке крови коров из контрольной группы составил 2,70 ммоль/л и 1,65 ммоль/л, что было ниже, в сравнении с опытными группами коров, соответственно на 0,12 ммоль/л и 0,06 ммоль/л в 1-опытной, 0,05 ммоль/л и 0,02 ммоль/л во 2-опытной и 0,17 и 0,07 ммоль/л в 3-опытной группе. Разница по приведенным выше показателям была достоверна между животными контрольной и третьей опытной групп (P < 0,05).

Стоит отметить, что все изучаемые показатели крови входили в границы референтных значений для данного вида животных, при этом включение в состав рационов коров зерна люпина способствовало интенсивности обменных процессов в организме животных, что отразилось на повышении некоторых гематологических показателей.

**Выводы.** Проведенные исследования на дойных коровах выявили положительное влияние от использования люпина в рационах на показатели качества молока и гематологические показатели. В 1-, 2- и 3-опытных группах коров, которым с рационом скармливали взамен сои полножирной зерно люпина в количестве 7,50%, 11,25% и 15,00% было отмечено повышение среднесуточного удоя молока на 3,81% (1,07 кг), 5,44% (1,53 кг) и 6,90% (1,94 кг) по сравнению с животными контрольной группы, получавшими сою полножирную (15,00%). Различные проценты ввода зерна люпина сорта «Деко» в рационы дойных коров способствовали повышению в молоке массовой доли жира на 0,02-0,05%, белка – на 0,03-0,04%, лактозы – на 0,03-0,06%, золы – на 0,02-0,07%. При этом следует отметить, что максимальный среднесуточный удой был отмечен в группе коров, у которых в составе рациона была произведена полная замена сои полножирной на зерно люпина. Включение в рацион коров зерна люпина в дозировках 50, 75 и 100% взамен сои полножирной способствовало благоприятному влиянию на их гематологическую картину. В крови коров опытных групп было отмечено некоторое повышение эритроцитов на 0,08-0,23  $10^{12}/л$ , гемоглобина – на 3,01-6,34 г/л, общего белка – на 1,58-1,93 г/л, кальция – 0,05-0,17 ммоль/л и фосфора – на 0,02-0,07 ммоль/л по сравнению с животными из контроля. Следует отметить, что замена сои полножирной на зерно люпина в основном рационе коров положительно воздействовала на организм и способствовала улучшению качественных показателей молока.

**Conclusions.** Studies conducted on dairy cows have revealed a positive effect of the use of lupine in diets on milk quality and hematological indicators. In the 1st, 2nd and 3rd experimental groups of cows, which were fed with full-fat lupine grain instead of soybeans in the amount of 7.50%, 11.25% and 15.00 %, an increase in the average daily milk yield by 3.81% (1.07 kg), 5.44% (1.53 kg) and 6.90% (1.94 kg) compared to the animals of the control group received full-fat soybeans (15.00 kg) was noted. Different percentages of the introduction of Lupine grain of the "Deco" variety into the diets of dairy cows contributed to an increase in the mass fraction of fat in milk by 0.02-0.05%, protein – by 0.03-0.04%, lactose – by 0.03-0.06%, ash – by 0.02-0.07%. At the same time, it should be noted that the maximum average daily milk yield was noted in the group of cows in which the diet was completely replaced by full-fat soybeans with lupine grain. At the same time, it should be noted that the maximum average daily milk yield was noted in the group of cows in which the diet was completely replaced by full-fat soybeans with lupine grain. The inclusion of lupine grain in the diet of cows in doses of 50, 75 and 100% instead of full-fat soybeans contributed to a favorable effect on their hematological picture. In the blood of cows of the experimental groups, there was a slight increase in erythrocytes by 0.08-0.23  $10^{12}/l$ , hemoglobin by 3.01-6.34 g/l, total protein by 1.58-1.93 g/l, calcium by 0.05-0.17 mmol/l and phosphorus by 0.02-0.07 mmol/l compared to animals from the control. It should be noted that the replacement of full-fat soybeans with lupine grain in the main diet of cows had a positive effect on the body and contributed to the improvement of milk quality.

#### Библиографический список

1. Пенкин П. В., Земскова Н. Е., Мещеряков А. Г. и др. Влияние биоконсервантов на качество силосованных кормов. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 3 (101). С. 359-364.
2. Швецов Н. Н., Наумов М. М., Зуев Н. П. и др. Влияние комбикормов-концентратов с экструдированным зерном на продуктивность и этологию дойных коров. Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2019. № 2 (12). С. 135-142.
3. Дуборезов В., Цис Е., Ваулин Е. Пребиотическая добавка на основе микроскопических водорослей в рационе первотелок. Комбикорма. 2023. № 6. С. 46-48.
4. Тарасова К. Ю., Швецов Н. Н., Иевлев М. Ю., Иванов А. В. Молочная продуктивность коров при использовании в составе кормосмеси премикса «Румимикс-3». Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2023. № 2 (28). С. 127-130.
5. Медведев И. К., Буряков Н. П., Менберг И. В., Жевнеров А. В. Оценка эффективности влияния ферментированного рапсового шрота на молочную продуктивность коров. Кормопроизводство. 2023. № 1. С. 43-47.

6. Трухачев В. И., Буряков Н. П., Махнырева О. Е., Бурякова М. А. Переваримость питательных веществ рационов при использовании мультienzимной ферментной добавки. Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 4. С. 49-52.
7. Цыганков Е. М., Менькова А. А., Андреев А. И. и др. Показатели рубцового пищеварения лактирующих коров при скармливании кормовой добавки NCG-N-карбамилглутамат. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 2 (100). С. 188-192.
8. Валитов Х. З., Фролкин А. И., Забелина М. В., Корнилова В. А. Применение в рационе молочного скота кормовой добавки на основе гуминовых кислот. Аграрный научный журнал. 2021. № 7. С. 58-61.
9. Швецов Н. Н., Швецова М. Р., Походня Г. С. и др. Применение регламентированного кормления при выращивании телок. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2023. Т. 255. № 3. С. 396-401.
10. Короткий В. П., Бритвина И. В., Ошуркова Ю. Л. и др. Результаты скармливания фитонцидной хвойной добавки глубокостельным и новотельным коровам. Зоотехния. 2023. № 10. С. 19-24.
11. Цис Е. Ю., Дуборезов В. М., Рыков Р. А. Влияние различного уровня кормления на продуктивность и обмен веществ молочных коров. Зоотехния. 2023. № 5. С. 2-4.
12. Швецов Н. Н., Корниенко Е. М. Пробиотическая кормовая добавка Амилоцин в рационах цыплят-бройлеров. Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2023. № 2 (28). С. 150-154.
13. Buonaio G., Palmonari A., Ghiaccio F., Visentin G., Cavallini D., Campidonico L., Formigoni A., Eugenia Mammi L. M. Effects of complete replacement of corn flour with sorghum flour in dairy cows fed Parmigiano Reggiano dry hay-based ration. Italian Journal of Animal Science. 2021. V. 20. Issue 1. Pp. 826-833.
14. Li S. S., Zhang J. J., Bai Y. F., Degen Allan, Wang T., Shang Z. H., Ding L. M., Long R. J. Sorghum silage substituted for corn silage in diets for dairy cows: Effects on feed intake, milk yield and quality, and serum metabolites. Applied Animal Science. 2020. V. 36. Issue 2. Pp. 228-236.
15. Hayes E., Wallace D., O'Donnell C., Greene D., Hennessy D., O'Shea N., Tobin J. T., Fenelon M. A. Trend analysis and prediction of seasonal changes in milk composition from a pasture-based dairy research herd. Journal of Dairy Science. 2023. V. 106. I. 4. Pp. 2326-2337.

#### References

1. Penkin P. V., Zemskova N. E., Meshcheryakov A. G., et al. Influence of biopreservatives on the quality of silage feeds. Proceedings of Orenburg state agrarian university. 2023. № 3 (101). Pp. 359-364.
2. Shvetsov N. N., Naumov M. M., Zuev N. P., et al. Influence of Compound Feed Concentrates with Extruded Grain on Productivity and Ethology of Dairy Cows. Topical Issues of Agricultural Biology. 2019. № 2 (12). Pp. 135-142.
3. Duborezov V., Tsis E., Vaulin E. Prebiotic additive based on microscopic algae in the diet of first-calf heifers. Feed. 2023. № 6. Pp. 46-48.
4. Tarasova K. Yu., Shvetsov N. N., Ilev M. Yu., Ivanov A. V. Milk productivity of cows when using the premix "Rumimix-3" in the composition of the feed mixture. Topical Issues of Agricultural Biology. 2023. № 2 (28). Pp. 127-130.
5. Medvedev I. K., Buryakov N. P., Menberg I. V., Zhevnerov A. V. Evaluation of the Effectiveness of the Effect of Fermented Rapeseed Meal on the Milk Productivity of Cows. Fodder production. 2023. № 1. Pp. 43-47.
6. Trukhachev V. I., Buryakov N. P., Makhnyreva O. E., Buryakova M. A. Digestibility of Ration Nutrients When Using a Multienzyme Enzyme Supplement. Dairy and beef cattle breeding. 2023. № 4. Pp. 49-52.
7. Tsygankov, E. M., Menkova, A. A., Andreev, A. I., et al. Indicators of rumen digestion in lactating cows when feeding the feed additive NCG-N-carbamyl glutamate. Proceedings of the Orenburg state agrarian university. 2023. № 2 (100). Pp. 188-192.
8. Valitov Kh. Z., Frolokin A. I., Zabelina M. V., Kornilova V. A. Application of a Feed Additive Based on Humic Acids in the Diet of Dairy Cattle. Agrarian Scientific Journal. 2021. № 7. Pp. 58-61.
9. Shvetsov N. N., Shvetsova M. R., Pokhodnya G. S., et al. Application of regulated feeding in heifer rearing. Scientific Notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman. 2023. V. 255. № 3. Pp. 396-401.
10. Korotky V. P., Britvina I. V., Oshurkova Y. L., et al. Results of Feeding Phytoncidal Coniferous Supplement to Deep-Calving and New-Calving Cows. Zootechnics. 2023. № 10. Pp. 19-24.
11. Tsis E. Yu., Duborezov V. M., Rykov R. A. Influence of Different Levels of Feeding on Productivity and Metabolism of Dairy Cows. Zootechnics. 2023. № 5. Pp. 2-4.
12. Shvetsov N. N., Kornienko E. M. Probiotic feed additive Amilocin in the diets of broiler chickens. Topical Issues of Agricultural Biology. 2023. № 2 (28). Pp. 150-154.
13. Buonaio G., Palmonari A., Ghiaccio F., Visentin G., Cavallini D., Campidonico L., Formigoni A., Eugenia Mammi L. M. Effects of complete replacement of corn flour with sorghum flour in dairy cows fed Parmigiano Reggiano dry hay-based ration. Italian Journal of Animal Science. 2021. V. 20. Issue 1. Pp. 826-833.
14. Li S. S., Zhang J. J., Bai Y. F., Degen Allan, Wang T., Shang Z. H., Ding L. M., Long R. J. Sorghum silage substituted for corn silage in diets for dairy cows: Effects on feed intake, milk yield and quality, and serum metabolites. Applied Animal Science. 2020. V. 36. Issue 2. Pp. 228-236.
15. Hayes E., Wallace D., O'Donnell C., Greene D., Hennessy D., O'Shea N., Tobin J. T., Fenelon M. A. Trend analysis and prediction of seasonal changes in milk composition from a pasture-based dairy research herd. Journal of Dairy Science. 2023. V. 106. I. 4. Pp. 2326-2337.

#### Информация об авторах

**Карапетян Анжела Керововна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

**Чехранова Светлана Викторовна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: schekhranova@mail.ru



**Вуевский Никита Олегович**, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: vuevskii.nikita@mail.ru

**Николаев Сергей Иванович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, 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, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: taranova\_15@mail.ru

#### Author's Information

**Karapetyan Angela Keropovna**, Doctor of Agricultural Sciences, professor at the Department of "Feeding and Breeding of Agricultural Animals" of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Agrarian University" (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

**Chekhranova Svetlana Viktorovna**, Doctor of Agricultural Sciences, professor at the Department of "Feeding and Breeding of Agricultural Animals" of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Agrarian University" (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: schekhranova@mail.ru

**Vuevskiy Nikita Olegovich**, graduate student at the Department of "Feeding and Breeding of Agricultural Animals" of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Agrarian University" (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: vuevskii.nikita@mail.ru

**Nikolaev Sergey Ivanovich**, Doctor of Agricultural Sciences, professor at the Department of "Feeding and Breeding of Agricultural Animals" of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Agrarian University" (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

**Danilenko Irina Your'evna**, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor at the Department of "Feeding and Breeding of Agricultural Animals" of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Agrarian University" (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: taranova\_15@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-23

## THE NATURE OF INHERITANCE OF WOOL PRODUCTIVITY IN MERINO SHEEP OF IMPROVED GENOTYPES

<sup>1</sup>Kolosov Y. A., <sup>4</sup>Chamurliov N. G., <sup>3</sup>Aboneev V. V., <sup>2</sup>Gagloev A. Ch., <sup>4</sup>Shperov A. S.

<sup>1</sup>Don State Agrarian University  
Persianovsky, Rostov region, Russian Federation

<sup>2</sup>Michurinsky State Agrarian University  
Michurinsk, Russian Federation

<sup>3</sup>Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine  
Krasnodar, Russian Federation

<sup>4</sup>Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: kolosov-dgau@mail.ru

Received 12.12.2023

Submitted 22.01.2024

### Summary

**Introduction.** The purpose of the study was a comparative assessment of the inheritance of the basic parameters of wool productivity when creating new lines in the hundred sheep of the Salian breed. The scientific novelty of the research consists in the analysis of the manifestation of the nature of inheritance of the main signs of productivity in merino sheep when crossing domestic breeds in a new combination. **The methodology.** The assessment of inheritance of wool productivity was carried out on sheep and young sheep obtained by combining the genotypes of the Salskaya, Dzhalginsky merino and Russian meat merino breeds. **The results of the research.** The authors consider the prospect of creating genetic constructs in Merino sheep breeding in order to improve the genetic structure of populations. The expansion of genetic diversity is achieved through the creation of synthetic lines. The material for this will be animals obtained as a result of the unification of the carriers of inheritance, different domestic breeds of sheep. According to the results of the assessment of the average wool shearing in the mother-daughter subgroups, it was found that the bright descendants from the CA+DM crossing by shearing in pure fiber had an advantage over the control (CA) of 10%. The bright 3 (CA+RMM) groups had the highest yield of pure wool – 58%. However, in terms of cutting clean wool, they were inferior to the group of control animals (CA) by almost 3%. The thinnest hair, both on the side and on the thigh, was in the second group (CA+DM). In relation to the first group (CA), this difference was 2.4%, and in relation to the 3rd group – 6.5%. The longest hair turned out to be in the bright 3 groups, whose fathers had hair less often, rougher and longer than their peers from the first and second groups. The difference between the brightness of groups 3 and 1 was 0.6 cm or almost 5.5%. **Conclusions.** It was found that as a result of crossbreeding, crossbred animals showed an intermediate nature of inheritance of the main indicators of wool productivity. The crossbreeds of the Salian breed with the Dzhalgin merinos had higher cuts of finer wool. The crossbreeds of the Salsk breed with the Russian meat merino had lower shearing of wool with a large diameter of the cross-section of the hairs, but had the highest yield of pure wool.

**Keywords:** wool productivity of sheep, breeds of sheep, Salskaya breed of sheep, Jalga merino, Russian meat merino.

**Citation.** Kolosov Yu. A., Chamurliiev N. G., Aboneev V. V., Gagloev A. Ch., Shperov A. S. The nature of inheritance of wool productivity in merino sheep of improved genotypes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 194-201 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-23.

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

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

УДК 636.32/38.082

## ХАРАКТЕР НАСЛЕДОВАНИЯ ШЕРСТНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ У МЕРИНОСОВЫХ ОВЕЦ УЛУЧШЕННЫХ ГЕНОТИПОВ

<sup>1</sup>Колосов Ю. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>4</sup>Чамурлиев Н. Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>3</sup>Абонеев В. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН

<sup>2</sup>Гаглоев А. Ч., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>4</sup>Шперов А. С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>1</sup>Донской государственный аграрный университет

п. Персиановский, Ростовская область, Российская Федерация

<sup>2</sup>Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Российская Федерация

<sup>3</sup>Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии

г. Краснодар, Российская Федерация

<sup>4</sup>ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

**Аннотация.** Цель исследования состояла в сравнительной оценке наследования основных параметров шерстной продуктивности при объединении генетических ресурсов сальской, джалгинский и российский мясной меринос пород в стаде овец сальской породы. **Научная новизна** исследований состоит в анализе проявления характера наследования основных признаков продуктивности у мериносовых овец при скрещивании отечественных пород в новом сочетании. **Методика.** Оценка наследования основных критериев шерстной продуктивности осуществлялась путем сравнения настригов физического и мытой шерсти, выхода чистой шерсти, а также основных технологических качествах шерсти как сырья для переработки – длины, диаметра поперечного сечения (тонины) и её уравниности, у овцематок и их потомства. Метод сопоставления продуктивных качеств потомства (ярок), полученного в результате объединения наследственных качеств овцематок-аналогов сальской породы и баранов-производителей пород сальская, джалгинский и российский мясной меринос базировался на допуске равноценного влияния отцовского и материнского организмов на наследственный потенциал потомков. Необходимый уровень достоверности полученных результатов достигался путем математической обработки методами вариационной статистики. **Результаты исследований.** Авторами рассматривается перспектива создания генетических конструкций в мериносовом овцеводстве с целью совершенствования генетической структуры популяций. Расширение генетического разнообразия достигается посредством создания синтетических линий. Материалом для этого послужат животные, полученные в результате объединения носителей наследования, разных отечественных пород овец. По результатам оценки средних настригов шерсти в подгруппах матери-дочери было установлено, что ярки-потомки от скрещивания СА+ДМ по настригу в чистом волокне имели превосходство над контролем (СА) 10%. Ярки 3 (СА+РММ) группы имели самый высокий выход чистой шерсти – 58%. Однако по настригу чистой шерсти они уступали группе контрольных животных (СА) почти 3%. Наиболее тонкой шерсть, как на боку, так и на ляжке, была во второй группе (СА+ДМ). По отношению к первой группе (СА) эта разница составила 2,4%, а по отношению к 3 группе – 6,5%. Наиболее длинной шерсть оказалась у ярков 3 группы, отцы которых имели шерсть реже, грубее и более длинную, чем их ровесники из первой и второй групп. Разница между ярками 3 и 1 групп составила 0,6 см или почти 5,5%. **Выводы.** Установлено, что в результате скрещивания помесные животные проявили промежуточный характер наследования основных показателей шерстной продуктивности. Помеси сальской породы с джалгинскими мериносами имели более высокие настриги более тонкой шерсти. Помеси сальской породы с российским мясным мериносом имели ниже настриг шерсти с большим диаметром поперечного сечения шерстинок, но обладали более высоким выходом чистой шерсти.

**Ключевые слова:** шерстная продуктивность овец, породы овец, сальская порода овец, джалгинский меринос, российский мясной меринос.

**Цитирование.** Колосов Ю. А., Чамурлиев Н. Г., Абонеев В. В., Гаглоев А. Ч., Шперов А. С. Характер наследования шерстной продуктивности у мериносовых овец улучшенных генотипов. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 194-201. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-23.

**Авторский вклад.** Все авторы исследования принимали непосредственное участие в анализе технических решений инверторов, планировании работы и разработке новой функциональной схемы инвертора. Все авторы ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант настоящей статьи.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Экономическое состояние отрасли овцеводство, как элемента аграрного бизнеса, формирует новые требования к продуктивности овец. Большую долю прибыли от разведения овец приносит мясная продукция [10, 13, 15]. Однако шерстная продуктивность мериносовых овец продолжает оставаться статьёй доходов для получения прибыли от отрасли овцеводство и играет важную роль в обеспечении населения нашей страны высококачественными изделиями из шерсти [11, 12]. О значимости этого вида сырья можно судить по реакции на снижение поголовья и объёмов продукции отрасли со стороны законодательной и исполнительной властей нашего государства, выразившейся в ряде специальных совместных заседаний представителей Федерального Собрания и Правительства РФ осенью текущего года, посвященных проблеме рационального использования овечьей шерсти. На этих заседаниях были приняты конкретные документы, направленные на поддержку и стимулирование производства и переработки овечьей шерсти отечественного происхождения. Следовательно, данный вид продукции, получаемой от овец, нуждается в постоянном контроле качества на предмет её совершенствования. Внутрипородная селекция при чистопородном разведении даёт определённый эффект, однако, по многочисленным публикациям отечественных и иностранных ученых, прилитие крови родственных пород значительно ускоряет процесс совершенствования продуктивных качеств овец [1-4, 8]. Вопросы наследования основных компонентов шерстной продуктивности в этом контексте представляют значительный научный и практический интерес [5-7]. Поэтому для товарного овцеводства этот приём имеет безусловный приоритет. Проблема совершенствования популяции овец сальской породы посредством создания синтетических линий через привлечение генетических ресурсов других пород стала предметом исследований ряда отечественных ученых и наших исследований [8, 9]. Подобные приёмы основаны на законах классической генетики и имеют широкое распространение не только в животноводстве, но и в растениеводстве [16, 17]. Поэтому тематика статьи является, по нашему мнению, достаточно актуальной, а перспективы достижения поставленной цели убедительны.

**Цель и задачи исследования.** Сравнительная оценка наследования основных параметров шерстной продуктивности при использовании внешних генетических источников с целью создания новых линий в стаде овец сальской породы, стало предметом нашего эксперимента. Для её достижения были подвергнуты оценке настриг шерсти овцематок и их потомков ярок-годовиков, а также длина штапеля на боку и тонина шерсти на боку и на ляжке этих животных.

**Материалы и методы исследований.** Для проведения эксперимента было отобрано 90 голов овцематок сальской породы первого класса в возрасте 30 месяцев. Их разделили на три равноценные группы. Для искусственного осеменения использовали баранов-производителей собственной селекции и приобретённых для этой цели животных в племенном заводе «Вторая Пятилетка» Ставропольского края. Овцематок первой группы осеменили в 2020 году спермой баранов собственной селекции, 2 группы – семенем баранов породы джалгинский меринос, 3 группы – российский мясной меринос. В 2021 году были получены ярки – потомки, которых выращивали по традиционной для Ростовской области технологии. В 2022 г. в 14-месячном возрасте они были подвергнуты бонитировке согласно «Порядка и условий проведения бонитировки племенных овец тонкорунных пород», введённых согласно приказу Минсельхоза России от 21 декабря 2021. В ходе бонитировки была проведена оценка длины шерсти на боку посредством миллиметровой линейки с точностью до 0,5 см. Стрижка овец была проведена в 14,5-месячном возрасте. На данном топографическом участке была оценена и тонина шерстных волокон с точностью до 1 мкм (ГОСТ 30702-2000). В ходе стрижки была оценена шерстная продуктивность подопытного поголовья по традиционной в отрасли овцеводство методике. Нстриг невымытой шерсти учитывался индивидуально путем взвешивания с точностью до 0,1 кг. Выход мытого во-

локна определяли по методике ВНИИОК (1991). Для каждого животного рассчитывался настриг шерсти в чистом (мытом) волокне по формуле:  $\text{НМШ, кг} = \text{ФНШ, кг} \cdot \text{ВМШ, \%} / 100$ , где НМШ – настриг мытой шерсти, ФНШ – физический настриг шерсти, ВМШ – выход мытой шерсти. Цифровые материалы были обработаны математически согласно рекомендациям, предлагаемым для повышения надёжности оценки достоверности экспериментальных исследований в животноводстве (алгоритмы: Плохинский Н. А., 1969, Меркурьева Е. К., 1970 и др.).

**Результаты исследований и их обсуждение.** Основным критерием для оценки шерстной продуктивности овец является настриг шерсти. Как селекционный признак он подразделяется на две категории: физический настриг шерсти и настриг мытой (чистой) шерсти, определяемый через показатель выхода чистой шерсти. Последний показатель оценивали в лабораторных условиях по результатам промывки отобранных образцов [14]. Для оценки наследуемости и селекционного отбора животных, максимально приближающихся по своим параметрам к целевой функции отбора, мы провели индивидуальный учет настрига у молодняка подопытных групп и сопоставили, как изменялись показатели настрига и выхода чистой шерсти у ярок по сравнению с их матерями (таблица 1).

Таблица 1 – Основные показатели шерстной продуктивности у животных подопытных групп  
Table 1 – Main indicators of wool productivity in animals of experimental groups

| Половозрастная категория / Gender and age category | Группа животных / A group of living creatures | Настриг шерсти, кг / Wool shearing, kg |                     | C <sub>v</sub> , % | Выход мытой шерсти % / Washed wool yield, % |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------------------------------|
|                                                    |                                               | Физический / general                   | Мытой / washed wool |                    |                                             |
| Матки / Ewes                                       | 1                                             | 6,5±0,16                               | 3,64±0,04           | 11,9               | 56,1                                        |
| Ярки / Young Sheep                                 | 1                                             | 5,5±0,11                               | 3,04±0,03           | 9,0                | 55,4                                        |
| Матки / Ewes                                       | 2                                             | 6,3±0,18                               | 3,55±0,05           | 16,8               | 56,4                                        |
| Ярки / Young Sheep                                 | 2                                             | 5,9±0,20                               | 3,37±0,02           | 7,6                | 57,2                                        |
| Матки / Ewes                                       | 3                                             | 6,4±0,21                               | 3,58±0,06           | 15,6               | 56,0                                        |
| Ярки / Young Sheep                                 | 3                                             | 5,1±0,19                               | 2,96±0,04           | 10,3               | 58,0                                        |

Группы овцематок имели исходные параметры настрига в среднем одинакового уровня: 6,3-6,5 кг. Так же отражали средние значения по группам настриги в мытом волокне и выход чистой шерсти. Поэтому мы сравнили значения этих параметров у потомства. Было установлено, что у потомства, полученного от баранов-производителей джалгинский меринос, физический настриг шерсти был выше, чем у чистопородных потомков сальской породы, почти на 7%, а потомки от баранов-производителей российский мясной меринос уступали чистопородным яркам 1 группы также свыше 7%. У потомков 1 группы абсолютный показатель выхода чистой шерсти был больше почти на 2%. В результате превосходство потомков джалгинский меринос по настригу в чистом волокне над контролем было ещё выше – 10%. Ярки 3 группы имели самый высокий выход чистой шерсти – 58%. Однако по настригу чистой шерсти они уступали группе контрольных животных почти 3%. Разница между этими группами была недостоверной. В результате нами был сделан вывод о том, что комбинация наследственных качеств сальской породы и породы джалгинский меринос дала положительный результат в потомстве на повышение шерстной продуктивности, а использование для скрещивания с сальскими овцематками баранов российский мясной меринос (РММ) повлекло снижение настригов на фоне повышения выхода чистой шерсти. Приведенные факты интерпретируются нами таким образом, что при создании линии сальской породы с более высоким уровнем шерстной продуктивности целесообразно использовать потомков, полученных от комбинации скрещивания СА+ДМ. При создании синтетической линии овец с улучшенными мясными качествами при использовании потенциала РММ следует ожидать снижения уровня шерстной продуктивности на фоне повышения показателя выхода чистой шерсти.

Приведенный выше анализ влияния объединения наследственных задатков сальской породы с потенциалом джалгинской и российский мясной меринос породами на шерстную продуктивность не может считаться полным без рассмотрения основных факторов, влияющих на уровень шерстной продуктивности овец. Среди основных критериев сто-



имости шерсти прежде всего, помимо настрига, выделяют её тонины и длину. Поэтому в нашем исследовании интерес представляла оценка влияния объединения племенных ресурсов при скрещивании пород на эти качества (таблицы 2 и 3).

Таблица 2 – Влияние скрещивания на тонины и уравниность шерсти

Table 2 – Effect of Crossing on Fineness and Uniformity of Wool

| Половозрастная категория / Gender and age category | Группа подопытн. животных / A group of test subjects. Animals | Средняя тонина шерсти, мкм / Average coat fineness, $\mu\text{m}$ |                 | $C_v$ , % | Разница бок-ляжка, мкм / Side-thigh difference, $\mu\text{m}$ |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|---------------------------------------------------------------|
|                                                    |                                                               | Бок / Side                                                        | Ляжка / thigh   |           |                                                               |
| Матки / Ewes                                       | 1                                                             | 21,9 $\pm$ 0,65                                                   | 22,7 $\pm$ 0,30 | 21,5      | 0,8                                                           |
| Ярки / Young Sheep                                 | 1                                                             | 21,1 $\pm$ 0,42                                                   | 22,4 $\pm$ 0,44 | 22,3      | 1,3                                                           |
| Матки / Ewes                                       | 2                                                             | 22,3 $\pm$ 0,50                                                   | 22,5 $\pm$ 0,47 | 21,7      | 0,6                                                           |
| Ярки / Young Sheep                                 | 2                                                             | 20,6 $\pm$ 0,61                                                   | 21,3 $\pm$ 0,72 | 21,1      | 0,7                                                           |
| Матки / Ewes                                       | 3                                                             | 22,0 $\pm$ 0,48                                                   | 22,9 $\pm$ 0,81 | 22,0      | 0,9                                                           |
| Ярки / Young Sheep                                 | 3                                                             | 22,6 $\pm$ 0,53                                                   | 23,2 $\pm$ 0,64 | 22,9      | 1,0                                                           |

В ходе эксперимента была подтверждена общебиологическая закономерность о том, что на боку шерсть несколько тоньше, чем на ляжке. Эти различия в равном соотношении были отмечены во всех группах. Что касается сравнительного анализа между группами, то наиболее тонкой как на боку, так и на ляжке она была во второй группе. По отношению к первой группе эта разница составила 2,4%, а по отношению к 3 группе – 6,5%. Интерес представляла также оценка уравниности шерсти по руно, которая определяется у овец по разнице тонины на боку и ляжке, как топографических участках руна. Как известно, к высокоуровневой, а следовательно, и наиболее качественной относится шерсть, если эта разница не превышает 2 мкм. В результате оценки было констатировано, что во всех подопытных группах разница в тонине шерсти на боку и ляжке у молодняка была больше, чем у взрослых особей. Однако эти различия были незначительными, и вся шерсть по этому признаку была отнесена к высоко уравниной. Тем не менее мы отметили достоверный уровень превосходства по тонине (более тонкая шерсть) у ярок 2 группы по отношению к сверстницам из 3 группы. Разница по боку и по ляжке приближалась к 10%. В целом вся шерсть в подопытных группах относилась к 64 качеству с незначительным превышением этого параметра на ляжке у потомков российских мясных мериносов. По результатам данной оценки нами отмечен факт снижения качественных параметров шерсти у подопытных животных третьей группы по отношению к контролю. Таким образом, мы сделали вывод, что селекционная работа по созданию специализированной линии с улучшенными признаками мясной продуктивности, при использованном сочетании пород овец, влечёт за собой некоторое снижение качественных параметров (уравниности и тонины) шерстного покрова. Этот фактор следует принимать во внимание при отборе овец для последующего воспроизводства.

Как отмечалось ранее, длина шерсти в руно является важной составляющей стоимости шерсти. Данное физико-техническое свойство корреляционно увязано с другими параметрами шерстной продуктивности, а также экстерьерными характеристиками животных. Уровень такой связи в разных стадах мериносовых овец существенно варьирует, что, по нашему мнению, взаимосвязано с направлениями селекции в стадах. Так, по сообщению Белик Н. И. (2011), в пяти из шести подопытных групп овец породы советский меринос, в которых проводилась оценка, установлена достоверная положительная связь между длиной и тониной шерстных волокон. На умеренно положительный характер взаимосвязи длины шерсти в ставропольской породе с настригом и живой массой указывает Шумаенко С. Н. (2013, 2015, 2017). В наших исследованиях был установлен ряд особенностей в наследуемости длины шерсти, связанных с происхождением молодняка (таблица 3).

Исходное маточное поголовье подопытных групп имело среднюю длину шерсти 8,4-8,7 см, т. е. разница между группами была менее 5%. Оценивая длину шерсти у потомков, мы установили, что наиболее длинной шерсть оказалась у ярок 3 группы, которые имели шерсть реже, грубее и более длинную, чем их ровесники из первой и второй групп. Разница

между ярками 3 и 1 групп составила 0,6 см или почти 5,5%. Разница средней длины шерсти между животными 1 и 2, а также 2 и 3 групп была менее выраженной и может считаться тенденцией превосходства помесей над чистопородными ярками.

Таблица 3 – Длина шерсти у животных подопытных групп

Table 3 – Hair length in animals of experimental groups

| Половозрастная категория / Gender and age category | Группа подопытных животных / A group of experimental animals | Длина шерсти на боку, см / Length of hair on the side, cm | $\bar{x}$ , мкм | $C_v$ , % |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------|-----------|
| Матки / Ewes                                       | 1                                                            | 8,4±0,53                                                  | 0,26            | 3,1       |
| Ярки / Young Sheep                                 | 1                                                            | 11,2±0,61                                                 | 0,39            | 3,5       |
| Матки / Ewes                                       | 2                                                            | 8,7±0,49                                                  | 0,34            | 3,9       |
| Ярки / Young Sheep                                 | 2                                                            | 11,5±0,29                                                 | 0,36            | 3,2       |
| Матки / Ewes                                       | 3                                                            | 8,6±0,25                                                  | 0,25            | 2,9       |
| Ярки / Young Sheep                                 | 3                                                            | 11,8±0,71                                                 | 0,49            | 4,2       |

**Заключение.** Исходя из приведенных в статье материалов по сравнению показателей шерстной продуктивности овцематок сальской породы и молодняка, полученного при скрещивании с баранами-производителями пород джалгинский меринос и российский мясной меринос, а также сверстников подопытных групп между собой, можно сделать заключение о промежуточном характере наследования таких показателей шерстной продуктивности, как физический настриг шерсти, настриг чистой шерсти, выход чистой шерсти, длина и тонины шерстных волокон.

**Conclusions.** Based on the materials given in the article on the comparison of the indicators of wool productivity of the Sal ewes and young stock obtained by crossing with rams-producers of the Jalga Merino and Russian meat merino breeds, as well as peers of the experimental groups with each other, it is possible to conclude about the intermediate nature of inheritance of such indicators of wool productivity as physical shearing of wool, shearing of pure wool, yield of pure wool, length and fineness of wool fibers.

#### Библиографический список

- Белик Н. И. Взаимосвязь признаков у ярок с различной тониной шерсти. Вестник АПК Ставрополя. 2011. № 4. С. 22-24.
- Ефимова Н. И., Шумаенко С. Н., Омаров А. А. Взаимосвязь между основными селекционируемыми признаками овец пород российский мясной меринос и советский меринос. Аграрная наука. 2022. № 12. С. 71-75.
- Чамурлиев Н. Г., Колосов Ю. А., Дегтярь А. С., Романец Т. С. Некоторые биологические характеристики овец различного происхождения. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 247-253.
- Ковалева Г. П., Гаджиев З. К., Шумаенко С. Н., Кононова Л. В. Новое направление в животноводстве Ставрополя. Аграрный научный журнал. 2021. № 11. С. 72-74.
- Колосов Ю. А., Дегтярь А. С., Ганзенко Е. А. Прижизненные показатели мясности помесных овец. Овцы, козы, шерстяное дело. 2016. № 1. С. 37-39.
- Плахтюкова В. Р., Дмитрик И. И., Завгородняя Г. В., Павлова М. И., Лаврентьева А. Ю., Шумаенко С. Н. Наследуемость основных свойств шерсти у овец зарубежной селекции. Зоотехния. 2022. № 9. С. 36-40.
- Шумаенко С. Н. Продуктивность и сопряженность селекционируемых признаков маток кавказской породы разных линий. Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2013. Т. 1. № 6-1. С. 142-144.
- Шумаенко С. Н., Гаджиев З. К. Селекция овец кавказской породы на увеличение шерстной продуктивности. Аграрный научный журнал. 2019. № 11. С. 76-80.
- Приступа В. Н., Колосов Ю. А., Контарева В. Ю., Торосян Д. С., Вовченко Е. В., Никулин В. Н., Орлова О. Н. История и приоритеты животноводства Ростовской области. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (74). С. 188-191.
- Лушников В. П., Молчанов А. В., Ерофеев Д. В. Шерстная продуктивность и качество шерсти молодняка овец нового типа кавказской породы. Аграрный научный журнал. 2019. № 12. С. 61-63.
- Никонова Е. А., Косилов В. И., Ребезов М. Б., Лушников В. П., Забелина М. В., Фаткулин Р. Р. Влияние генотипа баранов на шерстную продуктивность и качество шерсти. Мичуринский агрономический вестник. 2020. № 4. С. 24-31.
- Gorlov I. F., Shirokova N. V., Slozhenkina M. I., Mosolova N. I., Anisimova E. Y., Karpenko E. V., Nikolaev D. V., Kolosov Y. A., Kolosov A. Y., Natyrov Growth hormone (gh) gene polymorphism and its association with meat productivity in two rough wool sheep breeds grown in RUSSIA'S DRY ZONE A.K. International Journal of Agriculture and Biology. 2021. V. 25. № 1. Pp. 255-259.
- Usatov A. V., Azarin K. V., Markin N. V., Tikhobaeva V. E., Usatova O. A., Makarenko M., Klimenko A. I., Kolosov Y. A., Bakoev S., Getmantseva L., Gorbachenko O. F. The relationship between heterosis and genetic distances based on ssr markers in helianthus annuus. American Journal of Agricultural and Biological Science. 2014. V. 9. № 3. Pp. 270-276.

14. Usatov A. V., Azarin K. V., Markin N. V., Tikhobaeva V. E., Usatova O. A., Bibov M. Yu., Klimenko A. I., Kolosov Yu. A., Bakoev S. Yu., Getmantseva L. V., Gorbachenko O. F. DNA-markers of sunflower resistance to the downy mildew (plasmopara halstedii). American Journal of Biochemistry and Biotechnology. 2014. V. 10. № 2. Pp. 136-140.
15. Karagodina N., Kolosov Y., Bakoev S., Kolosov A., Leonova M., Shirokova N., Svyatogorova A., Getmantseva L., Usatov A. Influence of various bio-stimulants on the biochemical and hematological parameters in porcine blood plasma. World Applied Sciences Journal. 2014. V. 30. № 6. Pp. 723-726.
16. Klimenko A., Getmantseva L., Kolosov Y., Tretyakova O., Bakoev S., Usatov A., Kostjunina O., Zinovieva N. Effects of melanocortin-4 receptor gene on growth and meat traits in pigs raised in Russia. American Journal of Agricultural and Biological Science. 2014. V. 9. № 2. Pp. 232-237.
17. Абонеев В. В., Чамурлиев Н. Г., Колосов Ю. А., Марченко В. В., Абонеев Д. В., Ларионов Р. П. Шерстная продуктивность молодняка овец разного происхождения. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 230-236.

#### References

1. Belik N. I. The relationship of signs in bright with different skin tone. Bulletin of the Agroindustrial complex of Stavropol. 2011. No 4. Pp.22-24.
2. Efimova N. I., Shumaenko S. N., Omarov A. A. The relationship between the main breeding characteristics of sheep breeds Russian meat merino and Soviet merino//Agricultural science. 2022. No 12. Pp. 71-75.
3. Chamurliiev N. G., Kolosov Yu. A., Degtyar A. S., Romanets T. S. Some biological characteristics of sheep of various origins. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2022. No 2 (66). Pp. 247-253.
4. Kovaleva G. P., Gadzhiev Z. K., Shumaenko S. N., Kononova L. V. A new direction in animal husbandry in Stavropol. Agrarian scientific journal. 2021. No 11. Pp. 72-74.
5. Kolosov Yu. A., Degtyar A. S., Ganzenko E. A. Lifetime indicators of meat production of mixed sheep. Sheep, goats, wool business. 2016. No 1. Pp. 37-39.
6. Plakhtyukova V. R., Dmitrik I. I., Zavgorodnaya G. V., Pavlova M. I., Lavrentieva A. Yu., Shumaenko S. N. Heritability of the main properties of wool in sheep of foreign breeding. Zootechny. 2022. No 9. Pp. 36-40.
7. Shumaenko S. N. Productivity and conjugacy of selected traits of Caucasian queens of different lines. Collection of scientific papers of the All-Russian Scientific Research Institute of Sheep and Goat Breeding. 2013. Vol. 1. No 6-1. Pp. 142-144.
8. Shumaenko S. N., Gadzhiev Z. K. Breeding of Caucasian sheep to increase wool productivity. Agricultural Scientific Journal. 2019. No 11. Pp. 76-80.
9. Pripada V. N., Kolosov Yu. A., Kontareva V. Yu., Torosyan D. S., Vovchenko E. V., Nikulin V. N., Orlova O. N. History and priorities of animal husbandry in the Rostov region. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2018. No 6 (74). Pp. 188-191.
10. Lushnikov V. P., Molchanov A. V., Yerofeev D. V. Wool production and wool quality of young sheep of a new type of Caucasian breed. Agrarian Scientific Journal. 2019. No 12. Pp. 61-63.
11. Nikonova E. A., Kosilov V. I., Rebezov M. B., Lushnikov V. P., Zabelina M. V., Fatkulov R. R. The influence of the sheep genotype on wool productivity and wool quality. Michurinsky agronomic Bulletin. 2020. No 4. Pp. 24-31.
12. Gorlov I. F., Shirokova N. V., Slozhenskina M. I., Mosolova N. I., Ani-simova E. Y., Karpenko E. V., Nikolaev D. V., Kolosov Y. A., Kolosov A. Y., Natyrov Growth hormone (gh) gene polymorphism and its association with meat productivity in two rough wool sheep breeds grown in Russia's dry zone A.K. International Journal of Agriculture and Biology. 2021. Vol. 25. No 1. Pp. 255-259.
13. Usatov A. V., Azarin K. V., Markin N. V., Tikhobaeva V. E., Usatova O. A., Makarenko M., Klimenko A. I., Kolosov Y. A., Bakoev S., Getmantseva L., Gorbachenko O. F. The relationship between heterosis and ge-netic distances based on ssr markers in helianthus annuus. American Journal of Agricultural and Biological Science. 2014. Vol. 9. No 3. Pp. 270-276.
14. Usatov A. V., Azarin K. V., Markin N. V., Tikhobaeva V. E., Usatova O. A., Bibov M. Yu., Klimenko A. I., Kolosov Yu. A., Bakoev S. Yu., Getmantseva L. V., Gorbachenko O. F. DNA-markers of sunflower resistance to the downy mildew (plasmopara halstedii). American Journal of Biochemistry and Biotechnology. 2014. Vol. 10. No 2. Pp. 136-140.
15. Karagodina N., Kolosov Y., Bakoev S., Kolosov A., Leonova M., Shi-rokova N., Svyatogorova A., Getmantseva L., Usatov A. Influence of various bio-stimulators on the biochemical and hematological parameters in porcine blood plasma. World Applied Sciences Journal. 2014. Vol. 30. No 6. Pp. 723-726.
16. Klimenko A., Getmantseva L., Kolosov Y., Tretyakova O., Bakoev S., Usatov A., Kostjunina O., Zinovieva N. Effects of melanocortin-4 receptor gene on growth and meat traits in pigs raised in Russia. American Journal of Agricultural and Biological Science. 2014. Vol. 9. No 2. Pp. 232-237.
17. Aboneev V. V., Chamurliiev N. G., Kolosov Yu. A., Marchenko V. V., Aboneev D. V., Larionov R. P. Wool productivity of young sheep of different origin. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2018. No 3 (51). Pp. 230-236.

#### Информация об авторах

**Колосов Ю. А.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Разведения с.-х. животных, частной зоотехнии и зоогигиены имени академика П. Е. Ладана», ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (Российская Федерация, 346493, Ростовская область, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, д. 24).

**Чамурлиев Н. Г.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26).

**Абонеев В. В.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник отдела разведения и генетики с.-х. животных» Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии и ВНИИ (Российская Федерация, 350055, г. Краснодар, пос. Знаменский, ул. Превомайская, д. 4), ORCID 0000-0002-1946-1822

**Гаглоев А. Ч.**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Зоотехнии и ветеринарии, ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» (Российская Федерация, 393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101).

**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

#### Author's Information

**Kolosov Y. A.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Breeding Academician P. E. Ladan, Don State Agrarian University (Russian Federation, 346493, Rostov region, Persianovsky village, Krivoslykova St., 24).

**Chamurliov N. G.**, Doctor of agricultural sciences, professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: kolosov-dgau@mail.ru

**Aboneev V. V.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher of the Department of Breeding and Genetics of Agriculture. Animals of the Krasnodar Scientific Center for Zootechnics and Veterinary Medicine and VNIIPlem, (Russian Federation, 350055, Krasnodar, Znamensky settlement, Prevomayskaya str., 4), ORCID 0000-0002-1946-1822

**Gagloev A. Ch.**, Doctor of agricultural sciences, associate professor of the Department of Zootechnics and Veterinary Medicine, Michurinsk State Agrarian University (Russian Federation, 393760, Tambov Region, Michurinsk, Internatsionalnaya St., 101).

**Shperov Aleksander Sergeevich**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Private Zootechny, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: shperov2011@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-24

## INFLUENCE OF PROTEIN CONCENTRATE "AGRO-MATIK" ON PHYSIOLOGICAL AND ZOOTECHNICAL INDICATORS OF PULLETS OF EGG PRODUCTIVITY

**Nikolaev S. I., Dronov R. N., Karapetyan A. K., Shkalenko V. V., Chekhranova S. V., Danilenko I. Yu.**

*Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Received 17.01.2024

Submitted 26.03.2024

### Abstract

**Introduction.** One of the main priorities of the agro-industrial complex of the Russian Federation remains to increase the production of high-quality poultry products, including edible chicken eggs. However, there are a number of negative factors that limit the growth rate of production. Special importance is attached to the full-fledged feeding of highly productive poultry. Currently, the key factor underlying technological processes in industrial poultry farming remains the use of diets that are balanced in all important nutrients and biologically active substances and ensure satisfaction of physiological needs, contributing to high poultry productivity. **Materials and methods.** Studies on poultry of the highly productive Haysex Brown cross were carried out in the conditions of the poultry farm of JSC Volzhskaya in the Volgograd region, Sredneakhtuba district, Zayar farm. The duration of scientific and economic experience on young chickens of an industrial herd was 120 days. The control group's poultry received a standard industrial diet. Pullets of the I – experimental group received a basic diet in which 50% of full-fat soy was replaced with protein concentrate "Agro-Matic", in the II – experimental group of chickens, full-fat soy was replaced in the diet with protein concentrate "Agro-Matic" by 75%, and in the III – group of experimental pullets, full-fat soy was replaced Agro-Matic protein concentrate is already 100%. **Results and conclusions.** The increase in the digestibility of nutrients in the body of young chickens of experimental groups who received different levels of protein concentrate "Agro-Matic" as part of compound feeds was higher compared with control analogues. Thus, in the body of youngsters of the 1st, 2nd and 3rd experimental groups, compared with the control, the digestibility of dry matter was higher by 1.04%, 0.64% and 0.91%, organic matter – by 2.08%, 2.48% and 2.63%, crude protein – by 0.49%, 0.62% and 0.78%, crude fiber – by 0.58%, 0.66% and 0.78% and crude fat – by 0.12%, 0.22% and 0.31%. The average availability of amino acids from compound feed by the body of chickens of the experimental groups was also higher than that of control analogues by 0.34-0.71%. At the same time, the live weight also tended to increase in the I – , II – and III – experimental groups compared with the control by 0.83%, 1.63% and 2.25%. Thus, based on the conducted studies, it was revealed that the complete replacement of full-fat soy in the feed with protein feed concentrate "Agro-Matic" contributed to better digestion of nutrients, digestibility of amino acids and an increase in the live weight of young animals.

**Keywords:** chicken feeding, feed nutritional components, protein concentrates, zootechnical indicators of chickens, live weight of chickens.

**Citation.** Nikolaev S. I., Dronov R. N., Karapetyan A. K., Shkalenko V. V., Chekhranova S. V., Danilenko I. Yu. Influence of protein concentrate "Agro-Matik" on physiological and zootechnical indicators of pullets of egg productivity. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 201-207 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-24.

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

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



УДК 636.087.3

**ВЛИЯНИЕ БЕЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТА "АГРО-МАТИК" НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЗООТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОДОК ЯИЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ****Николаев С. И.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**Дронов Р. Н.**, аспирант**Карапетян А. К.**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент**Шкаленко В. В.**, доктор биологических наук, доцент**Чехранова С. В.**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент**Даниленко И. Ю.**, кандидат сельскохозяйственных наукФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Актуальность.** Одним из приоритетов агропромышленного комплекса РФ остается увеличение производства высококачественной продукции птицеводства, включая пищевые куриные яйца. Однако существует ряд факторов, которые ограничивают темпы роста производства. Особое значение придается полноценному кормлению высокопродуктивной птицы. В настоящее время ключевым фактором, лежащим в основе технологических процессов в промышленном птицеводстве, остается применение рационов, которые сбалансированы по всем важным питательным и биологически активным веществам и обеспечивают удовлетворение физиологических потребностей, способствуя получению высокой продуктивности птицы. **Материалы и методы.** Исследования на птице высокопродуктивного кросса «Хайсекс Коричневый» проводились в условиях АО птицефабрика «Волжская» Волгоградской области, Среднеахтубинского района, хутор Заяр. Длительность научно-хозяйственного опыта на молодняке кур промышленного стада составила 120 дней. Птица контрольной группы получала стандартный промышленный рацион. Молодки I – опытной группы получали основной рацион, в котором 50% сои полножирной было замещено на белковый концентрат «Агро-Матик», во II – опытной группе курочек сою полножирную в рационе замещали белковым концентратом «Агро-Матик» уже на 75%, а в III – группе опытных молодок соя полножирная была замещена белковым концентратом «Агро-Матик» уже на 100%. **Результаты и выводы.** Повышение переваримости питательных веществ в организме молодняке кур опытных групп, получавших в составе комбикормов разные уровни ввода белкового концентрата «Агро-Матик», было выше по сравнению с контрольными аналогами. Так, в организме молодок 1 – 2 – и 3 – опытных групп по сравнению с контролем переваримость сухого вещества была выше на 1,04%, 0,64% и 0,91%, органического вещества – на 2,08%, 2,48% и 2,63%, сырого протеина – на 0,49%, 0,62% и 0,78%, сырой клетчатки – на 0,58%, 0,66% и 0,78% и сырого жира – на 0,12%, 0,22% и 0,31%. Средняя доступность аминокислот из комбикорма организмом курочек опытных групп была также выше, чем у контрольных аналогов на 0,34–0,71%. При этом живая масса имела также тенденцию к повышению в I – II – и III – опытных группах по сравнению с контрольной на 0,83%, 1,63% и 2,25%. Таким образом, на основании проведенных исследований было выявлено, что полная замена в комбикорме сои полножирной на белковый кормовой концентрат «Агроматик» способствовала лучшему перевариванию питательных веществ, усвояемости аминокислот и повышению живой массы молодок.

**Ключевые слова:** кормление кур, питательные компоненты кормов, белковые концентраты, зоотехнические показатели кур, живая масса кур.

**Цитирование.** Николаев С. И., Дронов Р. Н., Карапетян А. К., Шкаленко В. В., Чехранова С. В., Даниленко И. Ю. Влияние белкового концентрата "Агро-Матик" на физиологические и зоотехнические показатели молодок яичного направления продуктивности. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 201-207. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-24.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Развитие отечественного птицеводства является одной из стратегических задач в рамках формирования агропромышленного комплекса России не только за последние годы, но и в перспективе до 2025-2030 гг. [5]. Сдвиг в этом направлении прочно связан с производством качественных комбикормов для всех видов сельскохозяйственной птицы [1, 3, 7].

В настоящее время необходимость животных и птицы в полноценном белковом питании постоянно растет. В науке о кормлении животных за последние десятилетия внимание научных коллективов было сосредоточено на альтернативных источниках белка [8].

Из-за ограничений, сопряженных с применением белка животного происхождения, протеиновые продукты на растительной основе в настоящее время вызывают интерес как альтернативный вариант муки из животных белков. Благодаря высокому содержанию белка и пищевой энергии белый люпин представляется вероятно подходящей растительной белковой добавкой для диеты промышленной птицы.

Одним из приоритетов агропромышленного комплекса РФ остается увеличение производства высококачественной продукции птицеводства, включая пищевые куриные яйца [2, 6, 9]. Особое значение придается полноценному кормлению высокопродуктивной птицы [4, 10]. Несмотря на эти препятствия, продолжается успешное удержание достигнутых темпов производства.

В настоящее время ключевым фактором, лежащим в основе технологических процессов в промышленном птицеводстве, остается применение рационов, которые сбалансированы по всем важным питательным и биологически активным веществам и обеспечивают удовлетворение физиологических потребностей, способствуя получению высокой продуктивности птицы [11, 12].

Целью работы является изучение влияния различных уровней ввода белкового концентрата «Агроматик» в составе комбикормов на переваримость питательных веществ в организме молодняка кур и их живую массу.

**Материалы и методы.** Исследования на молодняке кур высокопродуктивного кросса «Хайсекс Коричневый» проводились в условиях АО птицефабрики «Волжская» Волгоградской области Среднеахтубинского района, хутор Заяр. Длительность научно-хозяйственного опыта на птице составила 120 дней (таблица 1). Яичная птица содержалась на протяжении опыта в клеточных батареях «BigDutchman».

Таблица 1 – Схема опыта на молодняке кур  
Table 1 – Diagram of the experiment on young chickens

| Группа / Group                | Количество голов / Number of goals | Продолжительность опыта, дней / Duration of experience, days | Особенности кормления / Feeding features                                                                                                                              |
|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Контрольная / Control         | 80                                 | 120                                                          | Основной рацион (ОР) с соей полножирной / Basic Diet (RR) with Full-Fat Soy                                                                                           |
| I-опытная / I-experienced     | 80                                 | 120                                                          | ОР с замещением 50% сои полножирной на белковый концентрат «Агро-Матик» / OR with the replacement of 50% of full-fat soybeans with Agro-Matic protein concentrate     |
| II-опытная / II-experienced   | 80                                 | 120                                                          | ОР с замещением 75% сои полножирной на белковый концентрат «Агро-Матик» / Basic Diet with replacement of 75% of full-fat soybeans with Agro-Matic protein concentrate |
| III-опытная / III-experienced | 80                                 | 120                                                          | ОР с замещением 100% сои полножирной на белковый концентрат «Агро-Матик» / Basic Diet with replacement of 100% full-fat soybeans with Agro-Matic protein concentrate  |

Из таблицы 1 видим, что птица, которая входила в контрольную группу, получала стандартный промышленный рацион. Молодки I – опытной группы получали основной рацион, в котором 50% сои полножирной было замещено на белковый концентрат «Агро-Матик», во II – опытной группе курочек сою полножирную в рационе замещали белковым концентратом «Агро-Матик» уже на 75%, а в III – группе опытных молодок соя полножирная была замещена белковым концентратом «Агро-Матик» уже на 100%. Питательность комбикормов, используемых для птицы всех групп, соответствовала требованиям к кроссу и рекомендациям по кормлению птицы, разработанным ВНИТИП.

Плотность посадки, фронт кормления и фронт поения, параметры микроклимата в течение проведения научно-хозяйственного опыта для птицы всех подопытных групп были идентичными и соответствовали руководству по работе с птицей кросса «Хайсекс Браун» и методическим рекомендациям ВНИТИП.

**Результаты и обсуждение.** С целью определения влияния белкового концентрата в составе комбикормов на переваримость питательных веществ птицей контрольной и опытных групп были проведены физиологические исследования. Для проведения данного опыта было отобрано из каждой группы по 3 головы птицы и посажено в индивидуальные клетки. Учет потребленного комбикорма, воды и выделенного помета вели по каждой особи (таблица 2).

Таблица 2 – Переваримость питательных веществ подопытными молодками, %  $M \pm m$  (n=3)  
Table 2 – Digestibility of nutrients by experimental youngsters, %  $M \pm m$  (n=3)

| Показатель / Index                                         | Группа / Group        |                               |                                 |                                   |
|------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
|                                                            | Контрольная / Control | I – опытная / I – experienced | II – опытная / II – experienced | III – опытная / III – experienced |
| Переваримость питательных веществ / Nutrient digestibility |                       |                               |                                 |                                   |
| Сухое вещество / Dry matter                                | 71,86 $\pm$ 0,65      | 72,90 $\pm$ 0,72              | 72,50 $\pm$ 0,59                | 72,77 $\pm$ 0,56                  |
| Органическое вещество / Organic matter                     | 74,64 $\pm$ 0,81      | 76,72 $\pm$ 0,89              | 77,12 $\pm$ 0,74                | 77,27 $\pm$ 0,76*                 |
| Сырой протеин / Crude Protein                              | 88,99 $\pm$ 0,56      | 89,48 $\pm$ 0,65              | 89,61 $\pm$ 0,56                | 89,77 $\pm$ 0,49                  |
| Сырая клетчатка / Crude fibre                              | 19,53 $\pm$ 0,15      | 20,11 $\pm$ 0,21              | 20,19 $\pm$ 0,18                | 20,31 $\pm$ 0,13                  |
| Сырой жир / Crude fat                                      | 95,33 $\pm$ 0,85      | 95,45 $\pm$ 0,79              | 95,55 $\pm$ 1,04                | 95,64 $\pm$ 0,91                  |

В процессе проведения физиологического опыта на подопытных курочках полученные результаты дают понимание о различиях в степени переваримости питательных компонентов комбикорма [8].

Так, в I – опытной группе молодок видно, что переваримость сухого вещества составила 72,90%, что выше, чем в контрольной группе, на 1,04%. Во II – опытной группе курочек показатель переваримости сухого вещества был на уровне 72,50%, что выше, чем у курочек контрольной группы, на 0,64% и III – опытной группы – 72,77%, что превосходило контрольную группу на 0,91%.

Переваримость органического вещества в организме опытных групп кур-молодок также имела отличия от аналогичного показателя контрольной группы. Из таблицы видно, что I – опытная группа курочек отличалась лучшей переваримостью органического вещества (76,72%) и была больше на 2,08% по отношению к контрольной группе, II и III – группа опытных курочек опережала контрольную группу на 2,48% и 2,63% соответственно.

Переваримость сырого протеина в I – опытной группе молодок была на уровне 89,48%, что лучше, чем в контрольной, на 0,49%, во II – опытной группе курочек – 89,61%, что опережает контрольную группу на 0,62% и в III – опытной группе – 89,77%, что превосходит контрольную группу на 0,78%.

Также у опытных групп курочек по сравнению с контрольной наблюдались изменения в положительную сторону по переваримости сырой клетчатки. Так, изучаемый показатель в I – опытной группе кур-молодок составил 20,11%, что было лучше, чем в контрольной группе, на 0,58%. Во II – опытной группе молодок переваримость сырой клетчатки составляет 20,19%, что лучше, чем у контрольной группы, на 0,66% и в III – опытной группе курочек – 20,31%, что было выше на 0,78% по отношению к контрольной группе, в которой данный показатель составил 19,53%.

Переваримость сырого жира у птицы I – опытной группы составила 95,45% и отличается от контрольной группы в положительную сторону на 0,12%, II – опытной группы – 95,55%, что было больше, чем в контрольной группе, на 0,22%, и у III – опытной группы – 95,64%, что оказалось выше, чем в контрольной группе, на 0,31%.

Далее нами была определена доступность аминокислот, которая является важным критерием в оценке качества комбикормов по содержанию протеина и аминокислот (рисунок 1).

В среднем доступность определяемых аминокислот в организме курочек в I-опытной группе составила 83,98%, что выше, чем у контрольных аналогов, на 0,34%, во II – опытной – 84,01%, что выше, чем в контроле, на 0,37% и в III – опытной группе – 84,35%, что было выше, чем в контроле, на 0,71%.

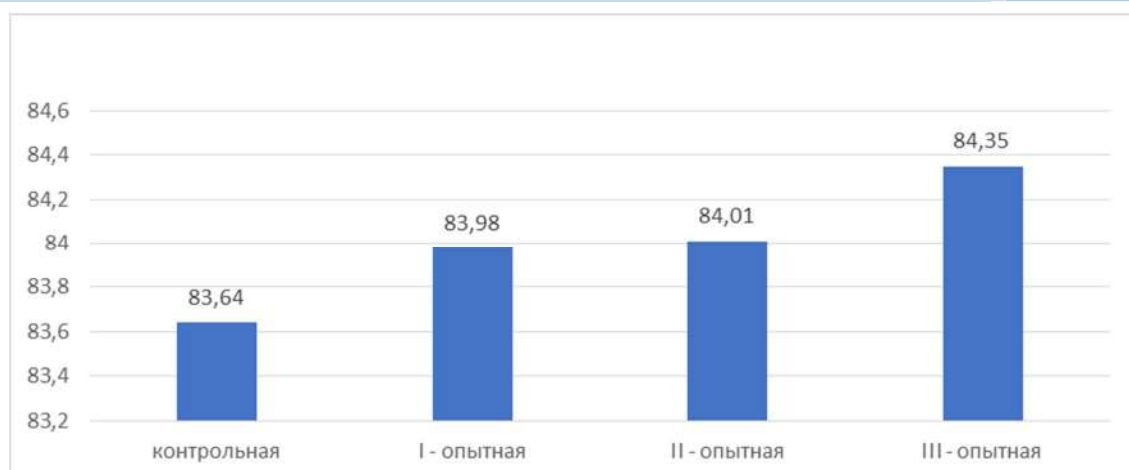


Рисунок 1 – Средняя доступность аминокислот, %  
Figure 1 – Average availability of amino acids, %

Живая масса молодок является важным фактором при выращивании птицы, так как она оказывает ключевое значение на формирование дальнейшей яичной продуктивности [7, 8]. Живая масса молодняк кур приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Живая масса молодняк кур,  $M \pm m$  (n=80)  
Table 3 – Live weight of young chickens,  $M \pm m$  (n=80)

| Возраст птицы, недель /<br>Age of the bird, weeks | Группа / Group        |                                  |                                    |                                      |
|---------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
|                                                   | Контроль /<br>Control | I – опытная /<br>I – experienced | II – опытная /<br>II – experienced | III – опытная /<br>III – experienced |
| 1 (первая) / first                                | 60,31±0,26            | 60,54±0,41                       | 60,37±0,38                         | 60,41±0,29                           |
| 4 (четвёртая) / fourth                            | 275,94±3,60           | 278,39±4,07                      | 283,37±3,85                        | 289,13±4,28*                         |
| 8 (восьмая) / eighth                              | 601,42±9,74           | 617,98±11,53                     | 623,05±8,49                        | 631,19±10,48                         |
| 16 (шестнадцатая) /<br>sixteenth                  | 1302,76±15,15         | 1318,95±18,28                    | 1324,70±13,61                      | 1330,53±17,70                        |
| 17 (семнадцатая) /<br>seventeenth                 | 1408,33±18,64         | 1420,46±22,79                    | 1431,30±21,80                      | 1440,04±25,19                        |

Анализируя динамику изменения живой массы подопытных молодок следует отметить, что данный показатель соответствовал требованиям, предъявляемым к выращиванию кросса «Хайсекс коричневый». Однако, живая масса молодок в I – , II – и III – опытной группах была несколько выше, чем в контрольной группе на 12,13 г, 22,97 г и 31,71 г соответственно.



Рисунок 2 – Общий прирост живой массы кур – молодок, г  
Figure 2 – Total live weight gain of young chickens, g



Общий прирост живой массы молодок в I – II – и III – опытных группах был выше, чем в контроле на 0,88%, 1,70% и 2,34% (рисунок 2).

**Выводы.** Таким образом, уровень переваримости питательных веществ в организме молодняк кур опытных групп, получавших в составе комбикормов разные уровни ввода белкового концентрата «Агро-Матик», был выше по сравнению с контрольными аналогами. В организме молодок 1 – II – и III – опытных групп в сравнении с контрольными аналогами переваривалось сухого вещества больше на 1,04%, 0,64% и 0,91%, органического вещества – на 2,08%, 2,48% и 2,63%, сырого протеина – на 0,49 %, 0,62% и 0,78%, сырой клетчатки – на 0,58%, 0,66% и 0,78% и сырого жира – на 0,12%, 0,22% и 0,31% соответственно. Доступность исследуемых аминокислот (средний показатель) из комбикорма организмом курочек в опытных группах была несколько больше, чем у контрольных аналогов на 0,34-0,71%. Так как ввод исследуемого концентрата в комбикорма способствовал лучшей переваримости и доступности аминокислот в организме птицы в I – II – и III – опытных групп, была отмечена тенденция к повышению живой массы на 0,83%, 1,63% и 2,25% по сравнению с контрольной. Таким образом, на основании проведенных исследований было выявлено, что полная замена в комбикорме сои полножирной на белковый кормовой концентрат «Агро-Матик» способствовала лучшему перевариванию питательных веществ, усвояемости аминокислот и повышению живой массы молодок.

**Conclusions.** Thus, the level of digestibility of nutrients in the body of young chickens of experimental groups who received different levels of protein concentrate "Agro-Matic" as part of compound feeds was higher compared with control analogues. In the body of youngsters of the 1st, 2nd and 3rd experimental groups, compared with control analogues, dry matter was digested by 1.04%, 0.64% and 0.91% more, organic matter – by 2.08%, 2.48% and 2.63%, crude protein – by 0.49%, 0.62% and 0.78%, crude fiber – by 0.58%, 0.66% and 0.78% and crude fat – by 0.12%, 0.22% and 0.31%, respectively. The availability of the studied amino acids (average) from mixed feed by the body of chickens in the experimental groups was slightly higher than that of control analogues by 0.34-0.71%. Since the introduction of the studied concentrate into compound feeds contributed to better digestibility and availability of amino acids in the poultry body in the I – II – and III – experimental groups, there was a tendency to increase live weight by 0.83%, 1.63% and 2.25% compared with the control group. Thus, based on the conducted studies, it was revealed that the complete replacement of full-fat soy in the feed with protein feed concentrate "Agro-Matic" contributed to better digestion of nutrients, digestibility of amino acids and an increase in the live weight of young animals.

#### Библиографический список

1. Байковская Е. Ю., Манукян В. А. Влияние добавок глицина на некоторые показатели обмена веществ у кур-несушек при низком уровне сырого протеина в комбикормах. Птицеводство. 2023. № 3. С. 9-13.
2. Буряков Н. П., Заикина А. С. Использование минерального комплекса в кормлении кур родительского стада бройлеров. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2018. № 3. С. 35-52.
3. Власов А. С., Фризен В. Г., Николаев С. И. и др. Использование амарантового жмыха в комбикормах для сельскохозяйственной птицы. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2023. № 5 (214). С. 3-14.
4. Корнилова В. А., Валитов Х. З., Забелина М. В. Влияние пробиотика Басулифор на мясную продуктивность цыплят-бройлеров. Аграрная наука и инновационное развитие животноводства - основа экологической безопасности продовольствия: сборник статей. Саратов: ООО "Центр социальных агроинноваций СГАУ", 2021. С. 119-125.
5. Николаев С. И., Карапетян А. К., Дмитриева А. А. Совершенствование селекционно-генетических признаков у птиц яичных кроссов. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2023. Т. 15. № 2. С. 30-37.
6. Буряков Н. П., Заикина А. С., Бурякова М. А. и др. Продуктивность и переваримость питательных веществ у кур родительского стада при использовании фитобиотика. Ветеринария и кормление. 2023. № 5. С. 11-14.
7. Корнилова В. А., Полозюк О. Н., Земскова Н. Е., Валитов Х. З. Продуктивные показатели цыплят-бройлеров при использовании кормовой добавки «Гептран». Вестник Донского государственного аграрного университета. 2023. № 2(48). С. 78-85.
8. Самофалова О. В., Карапетян А. К., Николаев С. И. и др. Эффективность использования нетрадиционных кормовых ингредиентов в кормлении цыплят-бройлеров и кур-несушек. Птицеводство. 2023. № 2. С. 26-29.
9. Околенова Т. М., Енгашев С. В., Струк А. Н., Струк Е. А. Эффективность применения органических кислот при выпойке яичным курам родительского стада. Птицеводство. 2022. № 4. С. 45-49.
10. Polozyuk O. N., Semenova O. O., Polozyuk E. S., et al. The influence of the biologically active substances on the indicators of natural resistance of the ducks. AIP Conference Proceedings: II International conference "Sustainable development: agriculture, veterinary medicine and ecology". Ufa, Karshi: Bashkir State Agrarian University, 2023. V. 3011.
11. Fisinin V. I., Egorova T. A., Egorov I. A., et al. The use of mixed feeds of different nutritional values for meat chickens of the "Smena 9" cross. Science in Modern Conditions: From Idea to Implementation: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference with International Participation. Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, 2022. Pp. 668-675.
12. Vlaicu P. A., et al. Feeding quality of the meat from broilers fed with dietary food industry by-products (flaxseed rapeseeds and buckthorn meal grape pomace). Sci. Papers Series D Anim. Sci. 2017. No 60. Pp. 123-130.

# References

1. Baykovskaya E. Yu., Manukyan V. A. Effect of Glycine Additives on Some Metabolic Indices in Laying Hens at a Low Level of Crude Protein in Compound Feeds. *Poultry*. 2023. № 3. Pp. 9-13.
2. Buryakov N. P., Zaikina A. S. Use of the Mineral Complex in Feeding Chickens of the Parent Flock of Broilers. *Feeding of farm animals and fodder production*. 2018. № 3. Pp. 35-52.
3. Vlasov A. S., Friesen V. G., Nikolaev S. I., et al. Use of amaranth cake in compound feeds for poultry. *Feeding of farm animals and fodder production*. 2023. № 5 (214). Pp. 3-14.
4. Kornilova V. A., Valitov Kh. Z., Zabelina M. V. Effect of the probiotic Basulifor on meat productivity of broiler chickens. *Agrarian Science and Innovative Development of Animal Husbandry - the Basis of Ecological Food Safety: Collection of Articles*. Saratov: OOO "Center of Social Agro-Innovations SSAU", 2021. Pp. 119-125.
5. Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., Dmitrieva A. A. Improvement of Selection and Genetic Traits in Birds of Egg Crosses. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev*. 2023. V. 15. № 2. Pp. 30-37.
6. Buryakov N. P., Zaikina A. S., Buryakova M. A., et al. Productivity and Digestibility of Nutrients in Parental Flock Chickens When Using a Phytobiotic. *Veterinary medicine and feeding*. 2023. № 5. Pp. 11-14.
7. Kornilova V. A., Polozyuk O. N., Zemskova N. E., Valitov Kh. Z. Productive Indicators of Broiler Chickens in the Use of the Heptran Feed Additive. *Bulletin of the Don State Agrarian University*. 2023. № 2 (48). Pp. 78-85.
8. Samofalova, O. V., Karapetyan, A. K., Nikolaev, S. I., et al. Efficacy of Using Non-Traditional Feed Ingredients in Feeding Broiler Chickens and Laying Hens. *Poultry*. 2023. № 2. Pp. 26-29.
9. Okolelova T. M., Engashev S. V., Struk A. N., Struk E. A. Efficacy of Organic Acids in Feeding Egg Hens of the Parent Flock. *Poultry*. 2022. № 4. Pp. 45-49.
10. Polozyuk O. N., Semenova O. O., Polozyuk E. S., et al. The influence of the biologically active substances on the indicators of natural resistance of the ducks. *AIP Conference Proceedings: II International conference "Sustainable development: agriculture, veterinary medicine and ecology"*. Ufa, Karshi: Bashkir State Agrarian University, 2023. V. 3011.
11. Fisinin V. I., Egorova T. A., Egorov I. A., et al. The use of mixed feeds of different nutritional values for meat chickens of the "Smena 9" cross. *Science in Modern Conditions: From Idea to Implementation: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference with International Participation*. Ulyanovsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, 2022. Pp. 668-675.
12. Vlaicu P. A., et al. Feeding quality of the meat from broilers fed with dietary food industry by-products (flax-seed rapeseeds and buckthorn meal grape pomace). *Sci. Papers Series D Anim. Sci*. 2017. No 60. Pp. 123-130.

## Информация об авторах

**Николаев Сергей Иванович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

**Дронов Роман Николаевич**, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: boyboy5858@mail.ru

**Карапетыан Анжела Кероповна**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

**Шкаленко Вера Владимировна**, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: v.shkalenko@volgau.ru

**Чехранова Светлана Викторовна**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: schekhranova@mail.ru

**Даниленко Ирина Юрьевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: taranova\_15@mail.ru

## Author's Information

**Nikolaev Sergey Ivanovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

**Dronov Roman Nikolaevich**, postgraduate student of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: boyboy5858@mail.ru

**Karapetyan Anzhela Keropovna**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

**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, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: v.shkalenko@volgau.ru

**Chekhranova Svetlana Viktorovna**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: schekhranova@mail.ru

**Danilenko Irina Yurievna**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: taranova\_15@mail.ru

**AGE-RELATED CHANGES IN PRODUCTIVE QUALITIES AND ELEMENTAL STATUS OF ORENBURG BREED GOATS****Panin V. A., Kharlamov A. V., 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 17.12.2023

Submitted 02.04.2024

***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 goats and sheep have some similarities in productivity indicators. The concentration of mineral elements in the blood of Orenburg goats has been insufficiently studied. It is necessary to pay attention to the inclusion of minerals in the feeding rations, while the introduction of such substances should be within the optimal dosages. In this regard, the purpose of the experiment was to study age-related changes in the elemental status and productive qualities of Orenburg breed goats. The performed studies aimed at a comprehensive study of age-related changes in the elemental status and productive qualities of Orenburg breed goats are relevant. The use of data on the age dynamics of the elemental status will allow for the correction of adult livestock in order to increase the productive qualities of goats. **Object.** The object of the experiment was goats of the Orenburg breed (2018-2022 years of birth). **Materials and methods.** The experiment was carried out in the Orenburg region, SEC (collective farm) "Donskoy" Belyaevsky district. Laboratory tests were performed at the Central Research Center of the Federal Research Center of the BST. Three groups of downy goats of the Orenburg breed of 15 heads of different ages were formed (I – 12 months, II – 36 months and III – 60 months groups). The value of down productivity was determined by the results of a two-fold check. Setting up a scientific and economic experiment "Fundamentals of experimental business" (Ovsyannikov A. I., Moscow: Kolos, 1976), Methods of organizing zootechnical experiments (Viktorov P. N., Menkin V. K., Moscow: Agropromizdat, 1991). **Results and conclusions.** The research was carried out on the livestock of the downy direction of productivity of Orenburg goats in different age periods – 12, 36 and 60 months. Fluff at the age of 36 months reached 492.0 g and was higher compared to goats at 12 months by 304.5 g or 61.89% and 60 months by 168.0 g or 34.15%. The indicator of the true length in goats at 36 months of age is determined to be smaller relative to goats at 60 months of age by 0.03 cm or 0.43%, but larger relative to animals at 12 months of age by 0.03 cm. The tonin of down fibers in animals aged 36 months was 16.44 microns and was higher than in goats at 12 months of age by 0.77 microns or 4.68%, but less than at 60 months of age by 0.47 microns or 2.86%. The extensibility of down fibers at the age of 36 months was 8.43%/gs and was higher relative to goats at the age of 12 months by 0.1%/gs (1.19%) and at 60 months by 0.31%/gs (3.68%). The index of complete elongation of down fibers at the age of 36 months was 47.31%, which is 0.32% higher compared to animals at the age of 12 months and 0.40% higher at 60 months. It was found that at 36 months, the content of down fibers in the coat was 62.10% versus 46.50% at 12 months, and 51.30% at 60 months, which is 15.6% and 10.8% higher, respectively. The Mn content in the blood decreases from 0.1056 mg/kg at 12 months of age to 0.0981 mg/kg at 36 months of age and to 0.0038 mg/kg at the age of 60 months. The Co content decreases from 0.0230 mg/kg at 12 months to 0.0155 mg/kg at 36 months and rises to 0.0181 mg/kg by 60 months. The Cu concentration also decreases from 0.9402 mg/kg at 12 months of age to 0.7736 mg/kg at 36 months and increases to 0.959 mg/kg at 60 months of age. The F content decreases from 5.4049 mg/kg to 5.0667 mg/kg and increases to 6.7532 mg/kg in similar age periods. The Cr content increased from 0.0814 mg/kg at the age of 12 months to 0.0921 mg/kg at 36 months and decreased to 0.0843 mg/kg at 60 months. And the Zn content decreased from 0.7892 mg/kg at 12 months of age to 0.7643 mg/kg at 36 months and increased to 0.9871 mg/kg at 60 months. Also, the amount of Se in the blood decreased from 0.1654 mg/kg at the age of 12 months to 0.1534 mg/kg at 36 months and increased to 0.2099 mg/kg at the age of 60 months. The TI content in the blood of goats of different age periods was relatively the same – 0.00088 (12 months), 0.0008 (36 months) and 0.00084 (60 months). Significant differences were obtained in the blood content of Na, Mg, K, Ca. One of the possible ways to increase the down productivity of goats is to study the elemental status and productive qualities in age dynamics.

**Keywords:** *Orenburg breed of goats, productive qualities of goats, goats, downy goats.***Citation.** Panin V. A., Kharlamov A. V., Ilyin V. V. Age-related changes in productive qualities and elemental status of Orenburg breed goats. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 208-217 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-25.**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 636.08(470.56)

**ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ И ЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА КОЗ ОРЕНБУРГСКОЙ ПОРОДЫ**

**Панин В. А.**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник  
**Харламов А. В.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник  
**Ильин В. В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией

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 у коз и овец имеются некоторые сходства в показателях продуктивности. Концентрация минеральных элементов в крови коз оренбургской породы изучена в недостаточной степени. Необходимо уделять внимание включению в рационы кормления минеральных веществ, при этом ввод таких веществ должен быть в пределах оптимальных дозировок. В связи с этим целью опыта являлось изучить возрастные изменения в элементном статусе и продуктивных качествах коз оренбургской породы. Выполненные исследования, направленные на комплексное изучение возрастных изменений элементного статуса и продуктивных качеств коз оренбургской породы, актуальны. Использование данных по возрастной динамике элементного статуса позволит проводить коррекцию взрослого поголовья с целью повышения продуктивных качеств коз. **Объект.** Объектом эксперимента использовались козы оренбургской породы (2018-2022 гг. рождения). **Материалы и методы.** Эксперимент осуществлялся в Оренбургской области, СПК (колхоз) «Донской» Беляевского района. Лабораторные исследования выполнены в ЦКП ФНЦ БСТ. Сформированы три разновозрастных группы пуховых коз оренбургской породы по 15 голов (I – 12 месяцев, II – 36 месяцев и III – 60 месяцев – группы). Величина пуховой продуктивности определялась по результатам двукратной чески. Постановка научно-хозяйственного эксперимента «Основы опытного дела» (Овсянников А. И., М: Колос, 1976), Методика организации зоотехнических опытов (Викторов П. Н., Менькин В. К., М: Агропромиздат, 1991). **Результаты и выводы.** Исследования выполнены на поголовье пухового направления продуктивности коз оренбургской породы в разные возрастные периоды – 12, 36 и 60 месяцев. Начес пуха в возрасте 36-месяцев достиг 492,0 г и был выше в сравнении с козами в 12 месяцев на 304,5 г или 61,89% и 60 месяцев на 168,0 г или 34,15%. Показатель истинной длины у коз в 36-месячном возрасте определен меньшим относительно коз в 60-месячном возрасте на 0,03 см или 0,43%, но большим относительно животных в 12-месячном возрасте на 0,03 см. Тонина волокон пуха у животных в возрасте 36 месяцев равнялась – 16,44 мкм и была больше в сравнении с козами в 12-месячном возрасте на 0,77 мкм или 4,68%, но меньше, чем в 60-месячном, на 0,47 мкм или 2,86%. Растяжимость пуховых волокон в возрасте 36 месяцев равнялась 8,43 %/гс и была больше относительно коз в возрасте 12 месяцев на 0,1 %/гс (1,19%) и в 60 месяцев на 0,31%/гс (3,68%). Показатель полного удлинения пуховых волокон в возрасте 36 месяцев составило 47,31% что выше в сравнении с животными в возрасте 12 месяцев на 0,32% и 60 месяцев на 0,40%. Установлено что в 36 месяцев содержание пуховых волокон в шерстном покрове равнялось 62,10 % против 46,50% в 12 месяцев, и 51,30% в 60 месяцев, что выше на 15,6% и 10,8% соответственно. Содержание в крови Mn снижается с 0,1056 мг/кг в 12-месячном возрасте до 0,0981 мг/кг в 36-месячном и до 0,0038 мг/кг в возрасте 60 месяцев. Содержание Co снижается с 0,0230 мг/кг в 12 месяцев до 0,0155 мг/кг в 36 месяцев и повышается до 0,0181 мг/кг к 60 месяцам. Концентрация Si также понижается с 0,9402 мг/кг в 12-месячном возрасте до 0,7736 мг/кг в 36 месяцев и повышается до 0,959 мг/кг в 60-месячном возрасте. Содержание F снижается с 5,4049 мг/кг до 5,0667 мг/кг и повышается до 6,7532 мг/кг в аналогичные возрастные периоды. Количество содержания Cr повысилось с 0,0814 мг/кг в возрасте 12 месяцев до 0,0921 мг/кг в 36 месяцев и понизилось до 0,0843 мг/кг в 60 месяцев. А содержание Zn понизилось с 0,7892 мг/кг в 12-месячном возрасте до 0,7643 мг/кг в 36 месяцев и повысилось до 0,9871 мг/кг в 60 месяцев. Также и количество в крови Se понизилось с 0,1654 мг/кг в возрасте 12 месяцев до 0,1534 мг/кг в 36 месяцев и повысилось до 0,2099 мг/кг в возрасте 60 месяцев. Содержание Ti в крови коз разных возрастных периодов было относительно одинаковым - 0,00088 (12 месяцев), 0,0008 (36 месяцев) и 0,00084 (60 месяцев). Достоверные различия были получены по содержанию в крови Na, Mg, K, Ca. Одним из возможных путей повышения показателей пуховой продуктивности коз является изучение элементного статуса и продуктивных качеств в возрастной динамике.

**Ключевые слова:** оренбургская порода коз, продуктивные качества коз, козы, пуховые козы.

**Цитирование.** Панин В. А., Харламов А. В., Ильин В. В. Возрастные изменения продуктивных качеств и элементного статуса коз оренбургской породы. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 208-217. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-25.



**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.** Известно, что основа продовольственной безопасности страны определяется стратегической целью – обеспечение населения доступной и безопасной сельскохозяйственной продукцией и продовольствием. Основой достижения поставленной цели является стабильность внутреннего производства, обеспечение качества и безопасности продуктов [10, 13, 14]. В этом свете отрасль козоводства является перспективной, постоянно развивающейся отраслью животноводства, производящей разнообразную продукцию высокого качества, пользующуюся спросом.

Следует отметить, что пуховому направлению продуктивности в козоводстве уделяется в достаточной степени значимое внимание, несмотря на то что в последние годы возросла численность молочных коз, которых насчитывается около одного млн. голов [5]. Количество пуховых коз остается относительно постоянным с тенденцией постепенного сокращения, что характерно и для оренбургской породы.

Необходимо обратить внимание, что на развитие козоводства выделяются дотации для содействия производителям данного направления деятельности и фермерским хозяйствам, разводящим коз [5].

Установлено, что козы и овцы во многом обладают сходством, в том числе и в показателях продуктивности. Изучением уровня и характера шерстной продуктивности овец занимались многие авторы [9, 11, 12].

В результате исследований обнаружено, что козы, в отличие от овец, более приспособлены к всевозможным природно-климатическим обстоятельствам. Содержание коз в большинстве случаев является рентабельным и объединенным с использованием традиционных домашних хозяйств. Отрасль козоводства приобрела форсированное развитие вследствие особого склада организма, что послужило увеличением поголовья коз во многих животноводческих зонах мира, за исключением нашей страны [2, 3].

Необходимо учитывать, что биологические свойства организма обуславливаются кроме наследственных факторов определённым типом обмена веществ и формируют продуктивность [6]. Продуктивность также определяется и возрастом животного.

Также необходимо отметить, что в вопросах организации полноценного кормления сельскохозяйственных животных необходимо уделять большое внимание включению в рационы кормления минеральных веществ, при этом ввод таких веществ должен быть в пределах оптимальных дозировок. При производстве животноводческой продукции особая роль отводится вводу в рационы кормления комплексных биологических добавок с высоким содержанием минеральных элементов, они необходимы для организма животных и служат материалом для построения и развития органов и тканей; входят в состав органических веществ; участвуют в повышении иммунитета, способствуют выводу токсических веществ из организма. На долю минеральных веществ приходится порядка 5% от массы тела животного, роль минеральных веществ разнообразна. Микроэлементы являются важной частью иммунной системы, участвуют в поддержании клеточных функций, участвуют в повышении резистентности организма [1, 7].

Балансирующие кормовые добавки в рацион повышают рост и развитие животных, а также продуктивность, качество продукции, воспроизводительную способность и конверсию [4].

Запланированному подъему эффективности производства продукции животноводства будет способствовать увеличение ассортимента вводимых в рационы добавок, при использовании которых более полно реализуется генетически обусловленный потенциал продуктивных качеств и улучшением этих показателей [8, 15].

В связи с вышесказанным наши исследования, направленные на комплексное изучение возрастных изменений элементного статуса и продуктивности коз, актуальны.

**Материалы и методы.** Объект исследования: козы оренбургской породы белой окраски (2018-2022 гг. рождения); кровь и сыворотка; шерстный покров; элементный статус коз; минеральный состав шерстного покрова и крови; пуховая продуктивность. Исследова-

ния проведены в СПК (колхоз) «Донской» Оренбургской области. Для проведения исследования сформированы три разновозрастных группы пуховых коз оренбургской породы по 15 голов (I-III группы) в каждой (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта  
Table 1 – Scheme of experience

| Группа / Group | Количество, гол / Number of goals | Возраст, мес. / Age, months | Материал для исследования / Material for research                     |
|----------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| I              | 15                                | 12                          | образцы пуха, шерстного покрова, кровь / samples of down, coat, blood |
| II             | 15                                | 36                          |                                                                       |
| III            | 15                                | 60                          |                                                                       |

Величина пуховой продуктивности определялась по результатам двукратной чески. Постановка научно-хозяйственного эксперимента «Основы опытного дела» (Овсянников А.И., М: Колос, 1976), Методика организации зоотехнических опытов (Викторов П.Н., Менькин В.К., М: Агропромиздат, 1991).

Лабораторные исследования пуха выполнялись в отделе технологии мясного скотоводства и производства говядины. Лабораторные исследования корма проводились с использованием применяемого оборудования: Весы электронные ВМ 153 Поверка 03.08.2022 г; Система капиллярного электрофореза «Капель-105 М» – 27.09.2022 г; Хроматограф газовый «Хроматэк-Кристал 5000.2» – 24.11.2021 г; Масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7900 ICP-MS – ТУ А; Весы электронные CE224-C – 03.08.2022 г.

**Результаты и обсуждение.** С целью суждения о динамике начеса пуха в разные возрастные периоды провели учет во время чески и исследование отобранных образцов, результаты которых представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели начеса и качества пуха, ( $X \pm m_x$ )  
Table 2 – Indicators of fluff and down quality, ( $X \pm m_x$ )

| Показатель / Index                                                                             | Группа (возраст, мес.) / Group (age, months) |                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------|----------------------|
|                                                                                                | I (12)                                       | II (36)              | III (60)             |
| Пуховая продуктивность, г / Down productivity, g                                               | 187,50 $\pm$ 7,79                            | 492,00 $\pm$ 6,65*** | 324,00 $\pm$ 8,18*** |
| Истинная длина, см / True length, cm                                                           | 6,88 $\pm$ 0,12                              | 6,91 $\pm$ 0,08      | 6,94 $\pm$ 0,13      |
| Тонина, мкм / Fineness, $\mu$ m                                                                | 15,67 $\pm$ 0,24                             | 16,44 $\pm$ 0,36     | 16,91 $\pm$ 0,24**   |
| Содержание пуха в шерстном покрове, % / Down content in the coat, %                            | 46,50                                        | 62,10                | 51,30                |
| Содержание ости в шерстном покрове, % / Awn content in the coat, %                             | 52,60                                        | 37,20                | 47,90                |
| Содержание переходного волоса в шерстном покрове, % / Transitional hair content in the coat, % | 0,90                                         | 0,70                 | 0,80                 |
| Прочность: / Strength:                                                                         |                                              |                      |                      |
| абсолютная, гс / Absolute, HS                                                                  | 5,19 $\pm$ 0,26                              | 6,24 $\pm$ 0,33*     | 5,10 $\pm$ 0,31*     |
| удельная, кгс/мм <sup>2</sup> / Specific weight, kgf/mm <sup>2</sup>                           | 23,73 $\pm$ 0,19                             | 22,97 $\pm$ 0,23     | 23,01 $\pm$ 0,34     |
| Растяжимость, %/гс / Extensibility, %/gs                                                       | 8,33 $\pm$ 0,31                              | 8,43 $\pm$ 0,41      | 8,12 $\pm$ 0,30      |
| Полное удлинение, % / Total elongation, %                                                      | 46,99 $\pm$ 0,69                             | 47,31 $\pm$ 0,48     | 46,91 $\pm$ 0,45     |
| Вид деформации: общая, % / Type of deformation: total, %                                       | 88,6                                         | 88,6                 | 88,1                 |
| в том числе: упругая, % / including: elastic, %                                                | 22,7                                         | 22,8                 | 22,5                 |
| эластическая, % / elastic, %                                                                   | 4,2                                          | 4,1                  | 4,0                  |
| пластическая, % / plastic, %                                                                   | 61,7                                         | 61,7                 | 61,6                 |

Пояснение: \* = P<0,05; \*\* = P<0,01; \*\*\* = P<0,001  
Explanation: \* = P<0.05; \*\* = P<0.01; \*\*\* = P<0.001

Пуховая продуктивность 36-месячных животных составила 492,0 г, что больше, чем у коз первой группы (12 месяцев), на 304,5 г или 61,89% ( $P \leq 0,001$ ) и третьей группой (60 месяцев) – 168,0 г или 34,15% ( $P \leq 0,001$ ). Показатель истинной длины у 36-месячных коз оказался меньше, чем у коз в 60-месячном возрасте, на 0,03 см или 0,43%, но больше относительно животных в 12-месячном возрасте на 0,03 см. Тонина пуха у животных второй группы (возраст 36 месяцев) равнялась 16,44 мкм. Тонина волокон коз второй в сравнении с козами первой группы была больше на 0,77 мкм или 4,68%, но меньше, чем в третьей, на 0,47 мкм или 2,86%, достоверные различия получены в показателях тонины пуха особей третьей группы (60 месяцев) в сравнении с первой и второй группами ( $P \leq 0,01$ ). Растяжимость пуховых волокон в возрасте 36 месяцев равнялась 8,43 %/гс, что больше, чем у коз первой группы (12 месяцев), на 0,10%/гс или 1,19% и третьей группы (60 месяцев) на 0,31%/гс или 3,68%. Полное удлинение пуха в возрасте 36 месяцев было более высоким и составило 47,31% что выше в сравнении с первой (12 месяцев) на 0,32% и третьей группой (60 месяцев) на 0,40%. У 36 месячных коз показатель содержания пуховых волокон в шерстном покрове составил 62,10% против 46,50% в первой группе (12 месяцев), и 51,30% в третьей (60 месяцев), что выше на 15,6% и 10,8% соответственно. Статистически значимые различия получены в показателе абсолютной прочности пуха – 1,14 гс или 18,27% ( $P \leq 0,05$ ) между особями третьей (60 месяцев) и второй групп (возраст 36 месяцев) в пользу последних.

Общая деформация в возрасте 36 месяцев определена 88,6%, что выше на 0,5%, чем у 60 месячных коз. Пластическая деформация (свойство пуха сохранять форму после воздействия тепла, влаги и давления) в группе 36-месячных коз оказалась выше на 0,1% в сравнении с третьей группой 60-месячных особей, а упругая деформация (способность пуха восстанавливать форму после сжатия) на 0,3% выше соответственно. Эластическая деформация (способность пуха трансформироваться в разную форму) в 12 месяцев составила 4,2%, в 36 месяцев – 4,1%, в 60 месяцев – 4,0%. Следовательно, исходя из полученных результатов показателей пуховой продуктивности (начеса) и качества пуховых волокон можно сформулировать заключение о том, что козы в возрасте 36 месяцев обладают максимальными показателями пуховой продуктивности и качества пуха. Причем с 12-месячного возраста до 36-месячного происходит увеличение как начеса, так и отдельных показателей качества пуха. А с 36-месячного до 60-месячного снижение. Это вызывает необходимость корректирования количества и качества получаемого пуха в сторону увеличения с возрастом коз (к 60-месячному возрасту) и продления продуктивного долголетия коз, что будет способствовать увеличению производства пуха и выработке качественных изделий.

В таблице 3 приведен рацион исследуемых коз по возрастным периодам согласно составу используемых кормов (1-сено естественных лугов; 2- сено естественных заливных лугов; 3-зерновая кормосмесь). Следует учитывать, что пуховые козы непритязательны в питании, хорошо усваивают клетчатку и питательные вещества из грубых кормов, способны питаться сеном и соломой, а также ветвями кустарников и деревьев. Сбалансированное кормление взрослых особей в период активного роста пуха и шерсти важно для поддержания средней и высшей упитанности. Нормы кормления для высокопродуктивных особей следует увеличить на 10-13%.

В таблице 4 отображены результаты анализа минерального состава крови коз разных возрастов. Элементный состав используемых во время опыта кормов (1 – сено естественных лугов; 2 – сено естественных заливных лугов; 3 – зерновая кормосмесь), показатели качества используемого корма и его количество по отдельным группам (возрастным) оказали некоторое влияние на минеральный состав крови коз. Однако основное влияние на минеральный состав крови коз оказали возрастные изменения физиологического статуса организма.

В результате биометрической обработки цифрового материала таблицы 4 установлено, что уровень концентрации химических элементов в крови коз по всем показателям имел значение t-критерия Стьюдента – NaN, вследствие чего можно утверждать, что имеющиеся различия статистически не значимы ( $p = NaN$ ). Однако показатели концентрации химических элементов в крови коз оренбургской породы в период первой чески имели достаточно выраженные различия между группами в возрастном аспекте.

Таблица 3 – Рацион коз с учетом показателей качества используемого корма  
Table 3 – Ration of goats taking into account the quality indicators of the feed used

| Наименование<br>показателей /<br>Name of indicators                                     | Возраст, мес. / Age, months                            |                                                                          |                                                     |                                                        |                                                                          |                                                     |                                                        |                                                                          |                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                                                         | 12                                                     |                                                                          |                                                     | 36                                                     |                                                                          |                                                     | 60                                                     |                                                                          |                                            |
|                                                                                         | сено естественных<br>лугов / Hay of<br>natural meadows | сено естественных<br>заливных лугов /<br>Hay of natural flood<br>meadows | зерновая<br>кормосмесь /<br>Grain Feed Mix          | сено естественных<br>лугов / Hay of<br>natural meadows | сено естественных<br>заливных лугов /<br>Hay of natural flood<br>meadows | зерновая<br>кормосмесь /<br>Grain Feed Mix          | сено естественных<br>лугов / Hay of<br>natural meadows | сено естественных<br>заливных лугов /<br>Hay of natural flood<br>meadows | зерновая<br>кормосмесь /<br>Grain Feed Mix |
| 1                                                                                       | 2                                                      | 3                                                                        | 4                                                   | 5                                                      | 6                                                                        | 7                                                   | 8                                                      | 9                                                                        | 10                                         |
| Количество, кг/<br>Quantity, kg                                                         | 0,8                                                    | 0,6                                                                      | 0,2                                                 | 1,1                                                    | 0,9                                                                      | 0,3                                                 | 1,4                                                    | 1,2                                                                      | 0,4                                        |
| Питательность,<br>кормовые ед./<br>Nutritional value,<br>fodder units                   | 0,376                                                  | 0,282                                                                    | 0,196                                               | 0,517                                                  | 0,423                                                                    | 0,294                                               | 0,658                                                  | 0,564                                                                    | 0,392                                      |
| Питательность,<br>обмен, энергия,<br>МДж/кг / Nutrition<br>metabolism,<br>energy, MJ/kg | 5,32                                                   | 4,11                                                                     | 1,84                                                | 7,315                                                  | 6,165                                                                    | 2,76                                                | 9,31                                                   | 8,22                                                                     | 3,68                                       |
| Массовая часть<br>сыр. протеина, г /<br>Mass part of<br>cheese. protein, g              | 78,08                                                  | 53,4                                                                     | 22,0                                                | 107,36                                                 | 80,1                                                                     | 33,0                                                | 136,64                                                 | 106,8                                                                    | 44,0                                       |
| Массовая часть<br>каротина, мг /<br>Mass part of<br>carotene, mg                        | 2,4                                                    | 2,4                                                                      | Не<br>обна-<br>руже-<br>но /<br>Not<br>Detect<br>ed | 3,3                                                    | 3,6                                                                      | Не<br>обна-<br>руже-<br>но /<br>Not<br>Detect<br>ed | 4,2                                                    | 4,8                                                                      | Не обна-<br>ружено /<br>Not<br>Detected    |
| Элементный со-<br>став: / Elemental<br>composition:                                     |                                                        |                                                                          |                                                     |                                                        |                                                                          |                                                     |                                                        |                                                                          |                                            |
| Na, мг/кг                                                                               | 133,924                                                | 92,0982                                                                  | 56,9236                                             | 184,15                                                 | 138,15                                                                   | 85,39                                               | 234,37                                                 | 184,20                                                                   | 113,85                                     |
| Mg, мг/кг                                                                               | 1477,1<br>464                                          | 857,478                                                                  | 327,<br>0102                                        | 2031,0763                                              | 1286,217                                                                 | 490,<br>5153                                        | 2585,<br>0062                                          | 1714,956                                                                 | 654,0204                                   |
| A1, мг/кг                                                                               | 102,<br>1888                                           | 75,7518                                                                  | 13,8646                                             | 140,5096                                               | 113,6277                                                                 | 20,<br>7969                                         | 178,<br>8304                                           | 151,5036                                                                 | 27,7292                                    |
| K, мг/кг                                                                                | 12127,<br>2944                                         | 6091,187<br>4                                                            | 929,<br>9796                                        | 16675,<br>0298                                         | 9136,7811                                                                | 1394,<br>9694                                       | 21222,<br>7652                                         | 12182,<br>3748                                                           | 1859,<br>9592                              |
| Ca, мг/кг                                                                               | 4145,<br>6512                                          | 2444,169                                                                 | 96,3516                                             | 5700,<br>2704                                          | 3666,<br>2535                                                            | 144,<br>5274                                        | 7254,<br>8896                                          | 4888,338                                                                 | 192,7032                                   |
| Mn, мг/кг                                                                               | 30,316                                                 | 31,8318                                                                  | 4,034                                               | 41,6845                                                | 47,7477                                                                  | 150,<br>5784                                        | 53,053                                                 | 53,053                                                                   | 200,7712                                   |
| Co, мг/кг                                                                               | 0,1248                                                 | 0,078                                                                    | 0,0312                                              | 0,1716                                                 | 0,117                                                                    | 0,0468                                              | 0,2184                                                 | 0,156                                                                    | 0,0624                                     |
| Ni, мг/кг                                                                               | 2,2704                                                 | 1,5096                                                                   | 0,6838                                              | 3,1218                                                 | 2,2644                                                                   | 1,0257                                              | 3,9732                                                 | 3,0192                                                                   | 1,3676                                     |
| Cu, мг/кг                                                                               | 3,7536                                                 | 3,94128                                                                  | 0,7968                                              | 5,1612                                                 | 5,91192                                                                  | 1,1952                                              | 6,5688                                                 | 7,88256                                                                  | 1,5936                                     |
| Ga, мг/кг                                                                               | 0,028                                                  | 0,0306                                                                   | 0,0042                                              | 0,0385                                                 | 0,0459                                                                   | 0,0063                                              | 0,049                                                  | 0,0612                                                                   | 0,0084                                     |
| Sr, мг/кг                                                                               | 36,1272                                                | 17,1708                                                                  | 0,5548                                              | 49,6749                                                | 25,7562                                                                  | 0,8322                                              | 63,2226                                                | 34,3416                                                                  | 1,1096                                     |
| Cd, мг/кг                                                                               | 0,0456                                                 | 0,0594                                                                   | 0,0046                                              | 0,0627                                                 | 0,0891                                                                   | 0,0069                                              | 0,0798                                                 | 0,1188                                                                   | 0,0092                                     |
| In, мг/кг                                                                               | 0,0024                                                 | 0,0012                                                                   | 0,0008                                              | 0,0033                                                 | 0,0018                                                                   | 0,0012                                              | 0,0042                                                 | 0,0024                                                                   | 0,0016                                     |
| Ba, мг/кг                                                                               | 19,6328                                                | 14,8998                                                                  | 0,3068                                              | 26,9951                                                | 22,3497                                                                  | 0,4602                                              | 34,3574                                                | 29,7996                                                                  | 0,6136                                     |
| Tl, мг/кг                                                                               | 0,0032                                                 | 0,0048                                                                   | 0,0004                                              | 0,0044                                                 | 0,0072                                                                   | 0,0006                                              | 0,0056                                                 | 0,0096                                                                   | 0,0008                                     |



Окончание таблицы 3

| 1         | 2       | 3       | 4       | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
|-----------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Pb, мг/кг | 0,2656  | 0,1908  | 0,0304  | 0,3652 | 0,2862 | 0,0456 | 0,4648 | 0,3816 | 0,0608 |
| Bi, мг/кг | 0,0192  | 0,012   | 0,004   | 0,0264 | 0,018  | 0,006  | 0,0336 | 0,024  | 0,008  |
| Cr, мг/кг | 3,9992  | 4,4994  | 4,6144  | 5,4989 | 6,7491 | 6,9216 | 6,9986 | 8,9988 | 9,2288 |
| Fe, мг/кг | 3,19936 | 91,7286 | 20,7908 | 114,56 | 137,59 | 31,19  | 145,81 | 183,46 | 41,58  |
| Zn, мг/кг | 24,6104 | 9,7104  | 5,5324  | 33,84  | 14,57  | 8,30   | 43,07  | 19,4   | 11,06  |
| Se, мг/кг | 0,6328  | 0,3072  | 0,169   | 0,8701 | 0,4608 | 0,2535 | 1,1074 | 0,6144 | 0,338  |

Таблица 4 – Показатели концентрации химических элементов в крови коз оренбургской породы в период первой чesки, мг/кг, (M±STD)

Table 4 – Indicators of the concentration of chemical elements in the blood of Orenburg goats during the first pregnancy, mg/kg, (M ±STD)

| Элемент / Element                                               | Группа (возраст, мес.) / Group (age, months) |                    |                    |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------|--------------------|
|                                                                 | I (12)                                       | II (36)            | III (60)           |
| Макроэлементы / Macronutrients                                  |                                              |                    |                    |
| Na                                                              | 3 291,049±202,73                             | 3 256,402±153,0989 | 3 420,217±166,4374 |
| Mg                                                              | 31,196±2,3787                                | 27,769±1,3725      | 31,475±1,4926      |
| K                                                               | 273,576±15,1310                              | 260,861±11,6051    | 269,145±11,8497    |
| Ca                                                              | 138,647±15,2983                              | 137,741±5,6685     | 145,380±7,7596     |
| Эссенциальные элементы / Essential Elements                     |                                              |                    |                    |
| Mn                                                              | 0,106±0,0048                                 | 0,098±0,0038       | 0,095±0,0034       |
| Co                                                              | 0,023±0,0013                                 | 0,016±0,0007       | 0,018±0,0012       |
| Cu                                                              | 0,940±0,0597                                 | 0,774±0,0312       | 0,959±0,0463       |
| Fe                                                              | 5,405±0,1878                                 | 5,067±0,1806       | 6,753±0,1827       |
| Cr                                                              | 0,081±0,0034                                 | 0,092±0,0043       | 0,084±0,0028       |
| Zn                                                              | 0,789±0,0349                                 | 0,764±0,0227       | 0,987±0,0343       |
| Se                                                              | 0,165±0,0248                                 | 0,153±0,0256       | 0,210±0,0392       |
| Условно-эссенциальные элементы / Conditional-essential elements |                                              |                    |                    |
| B                                                               | 1,194±0,049                                  | 1,073±0,0337       | 1,020±0,0472       |
| As                                                              | 0,039±0,0042                                 | 0,033±0,0134       | 0,043±0,0044       |
| In                                                              | 0,042±0,0026                                 | 0,046±0,0025       | 0,047±0,0017       |
| Ba                                                              | 0,157±0,0077                                 | 0,153±0,0095       | 0,164±0,0098       |
| Ni                                                              | 0,403±0,0166                                 | 0,352±0,0154       | 0,349±0,0132       |
| Ga                                                              | 0,019±0,0013                                 | 0,016±0,0011       | 0,015 0,0007       |
| Ag                                                              | 0,007±0,0005                                 | 0,004±0,0003       | 0,003±0,0002       |
| Tl                                                              | 0,001±0,0001                                 | 0,001±0,0001       | 0,001±0,0001       |
| Bi                                                              | 0,004±0,0003                                 | 0,004±0,0003       | 0,004±0,0003       |
| Токсичные элементы / Toxic Elements                             |                                              |                    |                    |
| Al                                                              | 3,469±0,2082                                 | 4,171±0,1799       | 3,7984±0,1637      |
| Hg                                                              | 0,121±0,0106                                 | 0,053±0,0032       | 0,038±0,0026       |
| Pb                                                              | 0,019±0,0013                                 | 0,020±0,0009       | 0,018±0,0008       |
| Sr                                                              | 0,324±0,0144                                 | 0,343±0,0134       | 0,294±0,0174       |
| Cd                                                              | 0,003±0,0001                                 | 0,003±0,0003       | 0,004±0,0005       |
| P                                                               | 90,562±3,2032                                | 86,212±3,057       | 92,797±4,0213      |

Так, количество содержащегося в крови Mn (Марганец) снижается с 0,1056 мг/кг в 12-месячном возрасте до 0,0981 мг/кг в 36-месячном и до 0,0038 мг/кг в возрасте 60 месяцев. Содержание Co (Кобальт) снижается с 0,0230 мг/кг в возрасте 12 месяцев до 0,0155 мг/кг в 36 месяцев и повышается до 0,0181 мг/кг к 60 месяцам. Концентрация Cu (Медь) также понижается с 0,9402 мг/кг (12-месячный возраст) до 0,7736 мг/кг в 36 месяцев и повышается до 0,959 мг/кг в 60-месячном возрасте. Содержание Fe (Железо) снижается с 5,4049 мг/кг до 5,0667 мг/кг и повышается до 6,7532 мг/кг в аналогичные возрастные периоды. Количество содержания Cr (Хром) с 0,0814 мг/кг в возрасте 12 месяцев повысилось до 0,0921 мг/кг в 36 месяцев и понизилось до 0,0843 мг/кг в 60 месяцев. А содержание Zn (Цинк), наоборот, понизилось с 0,7892 мг/кг в 12-месячном возрасте до 0,7643 мг/кг в 36 месяцев и повысилось до 0,9871 мг/кг в 60 месяцев. Также и количество в крови Se (Селен) понизилось с 0,1654 мг/кг (возраст 12 месяцев) до 0,1534 мг/кг (36 месяцев) и повысилось его содержание до 0,2099 мг/кг в возрасте 60 месяцев. Содержание Tl (Таллий) в крови коз

разных возрастных периодов было относительно одинаковым – 0,00088 (12 месяцев), 0,0008 (36 месяцев) и 0,00084 (60 месяцев). Достоверные различия были получены по содержанию в крови Na (Натрий), Mg (Магний), K (Калий), Ca (Кальций).

Таким образом, изученные в нашем опыте показатели концентрации химических элементов в крови подопытных коз находились в зависимости от продуктивности и возраста животного.

**Заключение.** В результате проведения исследования изучены возрастные изменения продуктивных качеств и элементного статуса коз оренбургской породы. Получены новые знания в результате индивидуальных исследований коз по их элементному статусу, показателям продуктивности в зависимости от возраста. Анализируя показатели концентрации химических элементов в крови и шерстном покрове коз оренбургской породы в 12, 36 и 60-месячном 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 о 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. В состав корма необходимо включать добавки элементов или их солей – Na, Mg, K, Ca и B, по содержанию которых получены достоверные различия и как наиболее выделившихся Co, Cu, Fe, Cr и Zn с целью реализации генетического потенциала пуховых коз и недопущения снижения их продуктивности к 60-месячному возрасту при разведении и создания высокопродуктивного стада в естественно-географических обстоятельствах Оренбургского региона.

**Conclusions.** As a result of the study, age-related changes in the productive qualities and elemental status of Orenburg breed goats were studied. New knowledge was obtained as a result of individual studies of goats according to their elementary status, productivity indicators depending on age. Analyzing the concentration of chemical elements in the blood and coat of Orenburg goats at the age of 12, 36 and 60 months, it is possible to note some 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 necessary essential elements is B (Boron). Among the toxic elements are Cd (Cadmium) and P (Phosphorus). Which makes it possible to judge the existing relationship between the concentration of individual elements and productivity indicators. This circumstance makes it possible in further work to adjust individual micro and macro elements in the diet in order to prevent a decrease in the productive qualities of an individual with age and thereby prolong productive longevity. The composition of the feed should include additives of elements or their salts – Na, Mg, K, Ca and B, the content of which obtained significant differences and as the most distinguished Co, Cu, Fe, Cr and Zn in order to realize the genetic potential of downy goats and prevent a decrease in their productivity by 60-at the age of one month when breeding and creating a highly productive herd in the natural geographical conditions of the Orenburg region.

#### Библиографический список

1. Горлов И. Ф., Княжеченко О. А., Мосолов А. А. Изучение эффективности лактулозосодержащих добавок в рационах кроликов. Кролиководство и звероводство. 2022. № 1. С. 23-29.
2. 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.
3. 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.
4. Ушаков А. С. и др. Переваримость питательных веществ рационов холостыми овцематками в летний период. Эффективное животноводство. 2017. № 6 (136) С. 46-47.
5. Сложенкина М. И., Брехова С. А., Ткаченко Н. А., Кудряшова О. В., Карпенко Е. В., Воронцова Е. С., Мосолов А. А. Влияние новой пребиотической кормовой добавки на качество и безопасность молока-сырья коз зааненской породы. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 3(67). С. 318-327.
6. Чамурлиев Н. Г., Шперов А. С., Шенгелия И. С., Быкова А. А. Функциональное состояние и морфо-биохимические показатели крови при адаптации молочных коз к условиям резко континентального климата. Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2021. Т. 1. С. 309-313.
7. Княжеченко О. А., Семенова И. А., Мосолов А. А. и др. Эффективность новых кормовых добавок на основе лактулозы при выращивании кроликов. Аграрно-пищевые инновации. 2020. № 4 (12). С. 52-60.

8. Варакин А. Т. и др. Эффективность производства молока с использованием льняного и рапсового жмыхов. Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. Вып. 3. С. 30-34.
9. Gorlov I. F., Kolosov Yu. A., Shirokova N. V., Getmantseva L. V., Slozhenkina M. I., Mosolova N. I., Bakoev N. F., Leonova M. A., Kolosov A. Yu., Zlobina E. Yu. Association of the growth hormone gene polymorphism with growth traits in Salsk sheep breed. Small Ruminant Research. 2017. V. 150. Pp. 11-14.
10. Semenova I. A., Gorlov I. F., Knyazhechenko O. A., et al. Improving rabbit meat productivity: the effect of antioxidant feed additives on meat quality. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. V. 677. P. 32067.
11. Gorlov I. F., Filatov A. S., Natyrov A. K., Mosolova N. L., Nikolaev D. V., Nelepov Yu. N., Chamurliiev N. G., Vladimtseva I. V., Zlobina E. Yu. Meat productivity of Volgograd breed ram hogs of different genotypes. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. V. 9. № 5. Pp. 2152-2161.
12. Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Nikolaev D. V., et al. Metrological aspects of using probiotics. Journal of Physics: Conference Series: II International Scientific Conference on Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. V. 1889. P. 52046.
13. Gorlov I. F., Shirokova N. V., Randelin A. V., Voronkova V. N., Mosolova N. I., Zlobina E. Y., Kolosov Y. A., Bakoev N. F., Leonova M. A., Bakoev S. Y., Kolosov A. Y., Getmantseva L. V. Polymorphism of the CAST/MSPI gene and its effect on the growth characteristics of Soviet Merino and Salsk sheep breeds in the south of the European part of Russia. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 2016. V. 40. № 4. Pp. 399-405.
14. Kurchaeva E. E., Derkanosova N. M., Kalashnikova S. V., et al. Production of meat products based on organic rabbit breeding resources with the inclusion of protein-carbohydrate composites of plant origin. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials. 2022. V. 1052. P. 012077.
15. Varakin A. T., et al. Productivity and blood composition indicators of ram lambs during fattening with the use of oil-plant seeds in diets. Development of the agro-industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad (DAIC 2020): International Scientific and Practical Conference. 2020. Vol. 222. Pp. 1-8.

#### References

1. Gorlov I. F., Knyazhechenko O. A., Mosolov A. A. Study of the effectiveness of lactulosecontaining additives in rabbit diets. Rabbit breeding and animal husbandry. 2022. No 1. Pp. 23-29.
2. 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.
3. Panin V. A. Some Indicators of the Bioresource 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.
4. Ushakov A. S., et al. Digestibility of nutrients of diets by single sheep in the summer period. Effective animal husbandry. 2017. No 6 (136). Pp. 46-47.
5. Slozhenkina M. I., Brekhova S. A., Tkachenkova N. A., Kudryashova O. V., Karpenko E. V., Vorontsova E. S., Mosolov A. A. The influence of a new prebiotic feed additive on the quality and safety of raw milk of Zaanen goats. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agro-university complex. 2022. No 3(67). Pp. 318-327.
6. Chamurliiev N. G., Shperov A. S., Shengelia I. S., Bykova A. A. Functional state and morphobiochemical parameters of blood in the adaptation of dairy goats to the conditions of a sharply continental climate. Innovative technologies in the agro-industrial complex in modern economic conditions: materials of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2021. V. 1. Pp. 309-313.
7. Knyazhechenko O. A., Semenova I. A., Mosolov A. A., et al. Effectiveness of new lactulose-based feed additives in rabbit breeding. Agricultural and food innovations. 2020. No 4 (12). Pp. 52-60.
8. Varakin A. T., et al. Efficiency of milk production using flax and rapeseed cake. Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2018. I. 3. Pp. 30-34.
9. Gorlov I. F., Kolosov Yu. A., Shirokova N. V., Getmantseva L. V., Slozhenkina M. I., Mosolova N. I., Bakoev N. F., Leonova M. A., Kolosov A. Yu., Zlobina E. Yu. Association of the growth hormone gene polymorphism with growth traits in Salsk sheep breed. Small Ruminant Research. 2017. V. 150. Pp. 11-14.
10. Semenova I. A., Gorlov I. F., Knyazhechenko O. A., et al. Improving rabbit meat productivity: the effect of antioxidant feed additives on meat quality. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. V. 677. P. 32067.
11. Gorlov I. F., Filatov A. S., Natyrov A. K., Mosolova N. L., Nikolaev D. V., Nelepov Yu. N., Chamurliiev N. G., Vladimtseva I. V., Zlobina E. Yu. Meat productivity of Volgograd breed ram hogs of different genotypes. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. V. 9. № 5. Pp. 2152-2161.
12. Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Nikolaev D. V., et al. Metrological aspects of using probiotics. Journal of Physics: Conference Series: II International Scientific Conference on Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. V. 1889. P. 52046.
13. Gorlov I. F., Shirokova N. V., Randelin A. V., Voronkova V. N., Mosolova N. I., Zlobina E. Y., Kolosov Y. A., Bakoev N. F., Leonova M. A., Bakoev S. Y., Kolosov A. Y., Getmantseva L. V. Polymorphism of the CAST/MSPI gene and its effect on the growth characteristics of Soviet Merino and Salsk sheep breeds in the south of the European part of Russia. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 2016. V. 40. № 4. Pp. 399-405.
14. Kurchaeva E. E., Derkanosova N. M., Kalashnikova S. V., et al. Production of meat products based on organic rabbit breeding resources with the inclusion of protein-carbohydrate composites of plant origin. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials. 2022. V. 1052. P. 012077.
15. Varakin A. T., et al. Productivity and blood composition indicators of ram lambs during fattening with the use of oil-plant seeds in diets. Development of the agro-industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad (DAIC 2020): International Scientific and Practical Conference. 2020. Vol. 222. Pp. 1-8.

## Информация об авторах

**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, пр-т. Гагарина, д. 27/1), ORCID [orcid.org/0000-0003-1239-1806](https://orcid.org/0000-0003-1239-1806), e-mail: [oniish@yandex.ru](mailto:oniish@yandex.ru)

**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, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29), ORCID [orcid.org/0000-0002-9477-6568](https://orcid.org/0000-0002-9477-6568), e-mail: [harlamov52@mail.ru](mailto:harlamov52@mail.ru)

**Ильин Виктор Васильевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией "Управление проектами", ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29), ORCID [orcid.org/0009-0001-3430-872X](https://orcid.org/0009-0001-3430-872X), e-mail: [vvilin1957@gmail.com](mailto:vvilin1957@gmail.com)

## Author's Information

**Panin Viktor Alekseevich**, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Beef Cattle Breeding Technology and Beef Production, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460051, Orenburg, pr-t. Gagarina, 27/1), ORCID [orcid.org/0000-0003-1239-1806](https://orcid.org/0000-0003-1239-1806), e-mail: [oniish@yandex.ru](mailto:oniish@yandex.ru)

**Kharlamov Anatoly Vasilievich**, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher of the Department of Beef Cattle Breeding Technology and Beef Production, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, 9 Yanvarya str., 29), ORCID [orcid.org/0000-0002-9477-6568](https://orcid.org/0000-0002-9477-6568), e-mail: [harlamov52@mail.ru](mailto:harlamov52@mail.ru)

**Ilyin Viktor Vasilievich**, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory "Project Management", Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, 9 Yanvarya str., 29), ORCID [orcid.org/0009-0001-3430-872X](https://orcid.org/0009-0001-3430-872X), e-mail: [vvilin1957@gmail.com](mailto:vvilin1957@gmail.com)

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-26

## THE USE OF TARGETED PREMIXES IN FEEDING DAIRY COWS

Chekhranova S. V., Nikolaev S. I., Yelizarov D. Yu., Karapetyan A. K., Danilenko I. Yu.

*Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author or E-mail: [schekhranova@mail.ru](mailto:schekhranova@mail.ru)

Received 12.02.2024

Submitted 10.04.2024

## Abstract

**Introduction.** Increasing the productivity of animals and the realization of their genetic potential largely depends on a full-fledged balanced feeding, which can be ensured only when using various balancing additives, in particular premixes, as part of diets. At the same time, it is worth noting that the greatest effect from the use of premixes is observed when developing their formulations taking into account specific feeding and maintenance conditions. In this regard, it is relevant to study the effectiveness of the use of the targeted premix PremiumPremix KMC in feeding lactating cows. **Object of study.** The object of the study was lactating cows of the Holstein breed. **Materials and methods.** Scientific and economic experience in studying the effectiveness of the use of target premix in the diets of dairy cows was organized in the conditions of one of the enterprises of EkoNivaAgro LLC in the Voronezh region. For this purpose, 20 cows were selected according to the principle of analogues, randomly divided into 2 groups (control and experimental). The cows of the control group received a premix prepared according to the Gost recipe, the experimental group received a premix PremiumPremix KMK, 150 g per day per head. During the experiment, indicators of milk productivity, digestibility and nutrient utilization, as well as hematological and biochemical parameters of blood were studied. **Results and conclusions.** For a more complete realization of the genetic potential, increasing productive indicators, it is necessary to take into account the peculiarities of feeding and keeping animals when developing premixes. The use of PremiumPremix KMK in cow diets allowed to increase the average daily milk yield by 5.61%, the percentage of fat in milk by 0.05%, protein in milk by 0.15%, while there was an increase in the level of digestibility of dry matter by 1.25%, crude protein by 1.56%, crude fat by 1.63%, crude fiber – by 1.08%. The analysis of hematological and biochemical parameters showed that cows consuming the studied premix had a more intensive metabolism, which had a positive effect on milk productivity.

**Keywords:** *feeding of dairy cows, rations of dairy cows, targeted premixes, premixes.*

**Citation.** Chekhranova S. V., Nikolaev S. I., Elizarov D. Yu., Karapetyan A. K., Danilenko I. Yu. The use of targeted premixes in feeding dairy cows. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 217-223 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-26.

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

**Conflict of interest.** The authors did not declare a conflict of interest



УДК 636.084.523

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДРЕСНЫХ ПРЕМИКСОВ В КОРМЛЕНИИ ДОЙНЫХ КОРОВ**

**Чехранова С. В.**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент  
**Николаев С. И.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
**Елизаров Д. Ю.**, аспирант  
**Карапетян А. К.**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент  
**Даниленко И. Ю.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Актуальность.** Повышение продуктивности животных и реализации их генетического потенциала зависит в большей степени от полноценного сбалансированного кормления, которое возможно обеспечить только при использовании в составе рационов различных балансирующих добавок, в частности премиксов. При этом стоит отметить, что наибольший эффект от применения премиксов наблюдается при разработке их рецептур с учетом конкретных условий кормления и содержания. В связи с этим изучение эффективности применения адресного премикса PremiumPremix КМК в кормлении лактирующих коров является актуальным. **Объект исследования.** Объектом исследования служили лактирующие голштинские коровы. **Материалы и методы.** Научно-хозяйственный опыт по изучению эффективности применения в рационах дойных коров адресного премикса был организован в условиях одного из предприятий ООО «ЭкоНиваАгро» Воронежской области. Для этого были по принципу аналогов подобраны 20 голов коров, разделенных рандомно на 2 группы (контрольную и опытную). Коровы контрольной группы получали премикс, изготовленный по «гостовскому» рецепту, опытной – премикс PremiumPremix КМК, по 150 г в сутки на голову. В ходе опыта были изучены показатели молочной продуктивности, переваримость и использование питательных веществ, а также гематологические и биохимические показатели крови. **Результаты и выводы.** Для более полной реализации генетического потенциала, повышения продуктивных показателей следует при разработке премиксов учитывать особенности кормления и содержания животных. Применение в рационах коров премикса PremiumPremix КМК позволило повысить среднесуточные удои на 5,61 %, процент жира в молоке – на 0,05 %, белка в молоке – на 0,15 %, при этом произошло увеличение уровня переваримости сухого вещества – на 1,25 %, сырого протеина – на 1,56 %, сырого жира – на 1,63 %, сырой клетчатки – на 1,08 %. Анализ гематологических и биохимических показателей показал, что коровы, потреблявшие изучаемый премикс, имели более интенсивный обмен веществ, что как раз и отразилось положительно на молочной продуктивности.

**Ключевые слова:** кормление дойных коров, рационы дойных коров, адресные премиксы, премиксы.

**Цитирование.** Чехранова С. В., Николаев С. И., Елизаров Д. Ю., Карапетян А. К., Даниленко И. Ю. Использование адресных премиксов в кормлении дойных коров. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 217-223. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-26.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Одной из важнейших задач агропромышленного комплекса нашей страны является обеспечение населения конкурентоспособными продуктами питания животного происхождения. Данную задачу позволяет решить применение интенсивных технологий, повышение продуктивных показателей сельскохозяйственных животных и птицы, что в свою очередь достигается за счет организации полноценного сбалансированного кормления и обеспечения животных высококачественными кормами [3, 4, 11].

Отсутствие прочной кормовой базы приводит к тому, что генетический потенциал реализуется не полностью, а всего лишь на 30-50 %. При анализе кормов, используемых в рационах, всегда отмечается дефицит витаминов и минералов, что может привести к нарушению обмена веществ, и как следствие снижению продуктивности и уровня рентабельности [2, 8, 12].

Скотоводство – это та отрасль животноводства, которая обеспечивает население таким важным продуктом питания, как молоко. С молоком за лактацию из организма коровы выделяется значительное количество питательных и минеральных веществ, в связи с чем одной из важных проблем, которая может стать критическим фактором в реализации генетического потенциала, может стать несбалансированность витаминно-минерального питания дойных коров [10].

В настоящее время на рынке представлен большой выбор источников витаминов и минералов в составе премиксов, белково-витаминно-минеральных концентратов и других балансирующих добавок [1, 5].

Зачастую 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, данных фактической питательности кормов. Данные факторы могут привести не только к снижению продуктивности, но и к нарушению воспроизводительных функций организма [10]. В связи с этим актуальным направлением в этой области является разработка адресных рецептур премиксов.

**Целью** настоящих исследований явилось повышение продуктивных показателей лактирующих коров голштинской породы при использовании в рационах премикса PremiumPremix КМК.

**Объект исследования.** Объектом исследования служили лактирующие голштинские коровы.

**Материалы и методы.** Для достижения поставленной цели был организован научно-хозяйственный эксперимент в условия одного из животноводческих комплексов ООО «ЭкоНиваАгро» Аннинского района Воронежской области (ЖК «Старая Чигла»). Для этого с учетом подбора пар-аналогов были сформированы две группы коров по 10 голов в каждой. Схема проведения данного опыта отражена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема проведения опыта / Table 1 – Scheme of the experiment

| Группа коров / Group of cows                              | контрольная / control                                                                 | опытная / experimental                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Поголовье в группе, голов / Livestock in the group, heads | 10                                                                                    | 10                                                                                                     |
| Особенности кормления / Feeding features                  | Хозяйственный рацион (ХР) с премиксом П60-1 / Household ration (HR) with premix P60-1 | Хозяйственный рацион (ХР) с премиксом PremiumPremix КМК / Household ration (HR) with PremiumPremix КМК |

Хозяйственный рацион, который скормливали всем подопытным коровам включал сенаж люцерновый, силос кукурузный, сено разнотравное, солома, зерно кукурузы, ячменя, шрот соевый, шрот рапсовый, пивную дробину сухую, комбикорм КК11, жом сухой и премикс. Единственным отличием было то, что коровам контрольной группы скормливали премикс П60-1, а опытной – премикс PremiumPremix КМК. Премиксы вводили в рацион коров в количестве 150 г на голову в сутки.

Состав премикса PremiumPremix КМК разработан по индивидуальному рецепту с учетом особенностей предприятия: кормовой базы, технологии кормления и содержания животных. В состав премикса на 1 кг включены: кальций – 6 %, фосфор – 3 %, магний – 58333 мг, сера – 0,73 %, марганец – 8000 мг, медь – 2000 мг, цинк – 8500 мг, йод – 230 мг, селен – 55 мг, кобальт – 100 мг, витамин А – 1200 тыс. МЕ, витамин Д – 300 тыс. МЕ, витамин Е – 6500 мг, при этом дополнительно введены ниацин, биотин, холин, ароматизатор, антиоксидант, пробиотик, кокцидиостатик, монензин натрия.

Показатели, учитываемые в ходе исследований, среднесуточный удой и качественные показатели молока, переваримость питательных веществ, гематологические показатели.

**Результаты и обсуждение.** Молочная продуктивность и качественные показатели молока служат основными критериями, позволяющими оценить сбалансированность рационов, а также эффективность применения различных кормов и добавок [6, 13]. Данные по молочной продуктивности коров в ходе опыта представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Молочная продуктивность коров и качество молока

Table 2 – Dairy productivity of cows and milk quality

| Показатель / Indicator                                       | Группа коров / Group of cows |                        |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------|
|                                                              | контрольная / control        | опытная / experimental |
| Среднесуточный удой, кг / Average daily milk yield, kg       | 30,13±0,52                   | 31,82±0,55*            |
| Массовая доля жира, % / The mass fraction of fat in milk, %  | 3,76±0,05                    | 3,81±0,06              |
| Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein in milk, % | 3,42±0,05                    | 3,57±0,05              |

Примечание: \*P>0,95

Note: \*R>0.95

По данным контрольных доек были рассчитаны среднесуточные удои. Так, данный показатель в контрольной группе оказался равным 30,13 кг, в опытной – 31,82 кг. Превосходство опытных коров по удою составило 1,69 кг, или 5,61%, при этом отмеченная разница была достоверной при  $*P>0,95$ . Наряду с увеличением среднесуточных удоев улучшилась и концентрация в молоке доли жира и белка. Данные показатели в молоке коров из группы контроля были равными 3,76% и 3,42% соответственно. При этом жира и белка в молоке коров, которым скормливали изучаемый премикс PremiumPremix КМК, было 3,81% и 3,57% соответственно, то есть разница в пользу опытной группы составила 0,05% и 0,15%.

Стоит также отметить и увеличение сухого вещества в молоке коров с 12,65% в контрольной группе до 13,04% в опытной. Уровень лактозы находился практически на одном уровне 4,91-4,94%. Однако была отмечена разница в концентрации таких минералов как кальций и фосфор. В молоке коров контрольной группы их содержание было на уровне 123,35 мг/л и 89,98 мг/л, а опытной группы – 129,07 мг/л и 93,17 мг/л, что выше контроля на 4,64% и 3,55% соответственно.

Таким образом, применение изучаемого премикса PremiumPremix КМК способствовало улучшению молочной продуктивности коров.

Уровень переваримости и использования питательных веществ является одним из важных критериев оценки эффективности организации кормления животных на производстве [7]. В связи с этим был проведен балансовый опыт, в ходе которого установлены уровни переваримости питательных веществ и использования азота, кальция и фосфора (таблица 3).

Таблица 3 – Переваримости и использование питательных веществ подопытными коровами, %  
Table 3 – Digestibility and nutrient use by experimental cows, %

| Показатель / Indicator                               | Группа коров / Group of cows |                        |
|------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------|
|                                                      | контрольная / control        | опытная / experimental |
| Сухое вещество / Dry matter                          | 71,42±0,35                   | 72,67±0,33             |
| Сырой протеин / Crude protein                        | 68,21±0,33                   | 69,77±0,34*            |
| Сырая клетчатка / Crude fiber                        | 61,56±0,29                   | 62,64±0,31             |
| Сырой жир / Crude fat                                | 65,32±0,32                   | 66,95±0,31*            |
| Использовано от принятого, % / Used from accepted, % |                              |                        |
| азота / nitrogen                                     | 26,25±0,39                   | 28,97±0,40*            |
| кальция / calcium                                    | 19,46±0,36                   | 21,01±0,32*            |
| фосфора / phosphorus                                 | 26,58±0,65                   | 28,45±0,72             |

Примечание:  $*P>0,95$

Коровы, получавшие в составе хозяйственного рациона премикс П60-1, переваривали сухое вещество на 71,42%. При этом данный показатель в опытной группе составил 72,67%, что выше, чем в группе контроля, на 1,25%. Сырой протеин переваривался коровами контрольной группы на 68,21%, опытной – 69,77%. Превосходство по этому показателю опытной группы коров составило 1,56%, при этом разница оказалась достоверной ( $*P>0,95$ ). Уровень переваримости сырой клетчатки в опытной группе коров составил 62,64%, что выше контрольного показателя, равного 61,56%, на 1,08%. Достоверная разница была обнаружена в уровнях переваримости сырого жира. В опытной группе данный показатель составил 66,95 %, что выше, чем в группе контроля на 1,63%.

Об обеспеченности организма животных протеином и минеральными веществами можно судить по балансу и использованию азота, кальция и фосфора. По данным показателям отмечалась аналогичная картина, лучшее использование было определено в группе, где коровам скормливали премикс PremiumPremix КМК. Так, позитивная разница по использованию от принятого азота составила 2,72% ( $*P>0,95$ ), кальция – 1,55% ( $*P>0,95$ ), фосфора – 1,87%.

Кровь может служить одним из биоиндикаторов метаболизма веществ в организме животных, в связи с этим для контроля полноценности кормления и своевременной коррекции рациона необходимо учитывать гематологические и биохимические показатели [9]. При этом неоднократно учеными была доказана тесная взаимосвязь гематологических по-

казателей с зоотехническими и продуктивными показателями животных. В связи с этим в конце опыта были взяты образцы крови от трёх коров из каждой группы, результаты анализа форменных элементов представлены на рисунке 1.

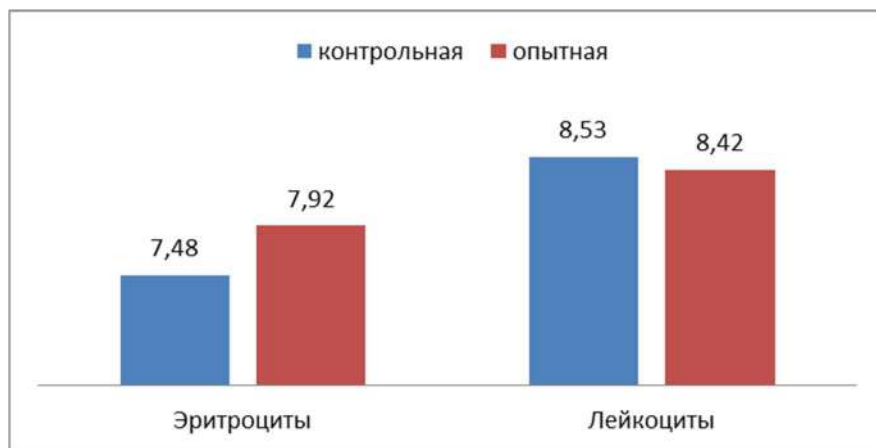


Рисунок 1 – Содержание эритроцитов ( $10^{12}/л$ ) и лейкоцитов ( $10^9/л$ ) в крови коров  
Figure 1 – Erythrocytes ( $10^{12}/л$ ) and leukocytes ( $10^9/л$ ) in the blood of cows

При анализе крови подопытных коров было отмечено некоторое увеличение эритроцитов с  $7,48 \times 10^{12}/л$  у животных контрольной группы до  $7,92 \times 10^{12}/л$  опытной группы. Разница оказалась равной  $0,44 \times 10^{12}/л$ , или 5,88%. По концентрации лейкоцитов в крови значительных изменений не отмечалось, данный показатель варьировал в диапазоне  $8,42-8,53 \times 10^9/л$ .

Было отмечено достоверное увеличение в крови коров, получавших с хозяйственным рационом премикс PremiumPremix КМК, концентрации гемоглобина. Так, данный показатель в опытной группе составил 113,12 г/л, что выше контрольного показателя (104,53 г/л) на 8,22%.

Полученные гематологические данные свидетельствуют об интенсивности протекающих в организме коров окислительно-восстановительных процессах, что позитивно сказывается на молочной продуктивности коров.

Определяемые в сыворотке крови биохимические показатели являются более точными индикаторами метаболических процессов организма [14]. Показатель общего белка в сыворотке крови контрольных животных оказался на уровне 75,54 г/л, а у коров, получавших изучаемый премикс, 77,76 г/л, что больше, чем в группе контроля, на 2,22 г/л, или 2,94%. По содержанию альбумина наблюдалась аналогичная картина, разница в пользу животных опытной группы составила 4,35%.

Точным отражением концентрации аммиака в рубце коров и уровня протеина в рационе является показатель концентрации мочевины. Так, данный показатель в сыворотке крови контрольных животных был на уровне 6,53 ммоль/л, опытных – 5,92 ммоль/л, что ниже на 9,34%. Это свидетельствует о лучшем использовании протеина организмом коров.

Уровень глюкозы в крови также был выше у коров, потреблявших изучаемый премикс PremiumPremix КМК, и составил 3,25 ммоль/л против контрольного показателя 2,99 ммоль/л, разница составила 8,70%. Содержание кальция общего в сыворотке крови коров из группы контроля составило 2,45 ммоль/л, у коров опытной группы – 2,56 ммоль/л, что выше по сравнению с контролем на 4,49%. Аналогичная картина и по содержанию фосфора, превосходство опытной группы по данному показателю составило 4,92%.

Стоит сказать, что все показатели входили в пределы референтных значений, а повышение некоторых из них свидетельствуют о более интенсивно протекающих обменных процессах в организме коров при скормлинии изучаемого премикса PremiumPremix КМК.

**Выводы.** Для более полной реализации генетического потенциала, повышения продуктивных показателей следует при разработке премиксов учитывать особенности кормления и содержания животных. Применение в рационах коров премикса PremiumPremix КМК позволило повысить среднесуточные удои на 5,61 %, процент жира в молоке – на 0,05%, белка в молоке – на 0,15%, при



этом произошло увеличение уровня переваримости сухого вещества – на 1,25%, сырого протеина – на 1,56%, сырого жира – на 1,63%, сырой клетчатки – на 1,08%. Анализ гематологических и биохимических показателей показал, что коровы, потреблявшие изучаемый премикс, имели более интенсивный обмен веществ, что как раз и отразилось положительно на молочной продуктивности.

**Conclusions.** For a fuller realization of the genetic potential, an increase in productivity indicators, it is necessary to take into account the peculiarities of feeding and keeping animals when developing premixes. The use of PremiumPremix KMK in the diets of cows made it possible to increase the average daily milk yield by 5.61%, the percentage of fat in milk by 0.05%, protein in milk by 0.15%, while there was an increase in the level of digestibility of dry matter by 1.25%, crude protein by 1.56%, crude fat by 1.63%, crude fiber by 1.08%. The analysis of hematological and biochemical indicators showed that the cows that consumed the studied premix had a more intensive metabolism, which had a positive effect on milk production.

#### 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. Чехранова С. В., Николаев С. И., Ионов В. В., Куприянов С. Н. Влияние премиксов на рост и развитие молодняка крупного рогатого скота. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (209). С. 47-51.
3. Швецов Н. Н., Звонарев А. С., Чехранова С. В., Коловоротная В. И. Влияние ритмичного кормления на молочную продуктивность коров. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 394-401.
4. 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.
5. 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.
6. Тарасова К. Ю., Швецов Н. Н., Чехранова С. В. и др. Использование премикса «Румимикс-3» в составе кормосмеси для сухостойных коров. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 4 (72). С. 319-330.
7. Николаев С. И., Чехранова С. В., Карапетян А. К., Крикунов Н. А. Повышение продуктивности крупного рогатого скота при введении в рацион адсорбирующих добавок. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (172). С. 101-106.
8. Полковникова В. И., Фаттыхова Е. Ф. Молочная продуктивность коров при применении белково-витаминно-минерального премикса "Экомакс Стандарт" в ФГУП УОХ "Липовая гора". Пермский аграрный вестник. 2013. № 2 (2). С. 34-38.
9. Трухачев В. И., Буряков Н. П., Махнырева О. Е. Использование отечественной ферментной кормовой добавки в период раздоя коров. АгроЗооТехника. 2023. Т. 6. № 4.
10. Филиппов 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.
11. 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.
12. Николаев С. И., Чехранова С. В., Карапетян А. К. и др. Эффективность использования премиксов на основе концентрата "Горлинка" в кормлении кур-несушек. АгроЭкоИнфо. 2018. № 3 (33). С. 52.
13. Azis I. U., Astuti A., Agus A. Mineral premix effects on digestible nutrient consumption and energy balance in cows. AIP Conference Proceedings. AIP Publishing. 2024. V. 2957. № 1.
14. Mussayeva G. K., et al. The effect of two mineral-vitamin premixes on the blood biochemical parameters, milk yield and composition of Holstein-Friesian cows in Kazakhstan //Archives Animal Breeding. 2023. V. 66. № 4. Pp. 391-399.

#### 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. Chekhranova S. V., Nikolaev S. I., Ionov V. V., Kupriyanov S. N. Influence of premixes on the growth and development of young cattle. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2022. № 3 (209). Pp. 47-51.
3. Shvetsov N. N., Zvonarev A. S., Chekhranova S. V., Kolovorotnaya V. I. Influence of Rhythmic Feeding on Milk Productivity of Cows. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 2 (70). Pp. 394-401.
4. 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.
5. 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.
6. Tarasova K. Yu., Shvetsov N. N., Chekhranova S. V., et al. Use of the premix "Rumiks-3" in the composition of the feed mixture for dry cows. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 4 (72). Pp. 319-330.

7. Nikolaev S. I., Chekhranova S. V., Karapetyan A. K., Krikunov N. A. Increasing the productivity of cattle when introducing adsorbent additives into the diet. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2019. № 2 (172). Pp. 101-106.
8. Polkovnikova V. I., Fattykhova E. F. Milk Productivity of Cows in the Use of Protein-Vitamin-Mineral Premix "Ecomax Standard" in FSUE UOH "Lipovaya Gora". Perm Agrarian Bulletin. 2013. № 2 (2). Pp. 34-38.
9. Trukhachev V. I., Buryakov N. P., Makhnyreva O. E. Use of the domestic enzyme feed additive during the period of milking cows. AgroZooTechnika. 2023. V. 6. № 4.
10. 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.
11. 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.
12. Nikolaev S. I., Chekhranova S. V., Karapetyan A. K., et al. Efficiency of using premixes based on concentrate "Gorlinka" in feeding laying hens. AgroEcolInfo. 2018. № 3 (33). Pp. 52.
13. Azis I. U., Astuti A., Agus A. Mineral premix effects on digestible nutrient consumption and energy balance in cows. AIP Conference Proceedings. AIP Publishing. 2024. V. 2957. № 1.
14. Mussayeva G. K., et al. The effect of two mineral-vitamin premixes on the blood biochemical parameters, milk yield and composition of Holstein-Friesian cows in Kazakhstan //Archives Animal Breeding. 2023. V. 66. № 4. Pp. 391-399.

#### Информация об авторах

**Чехранова Светлана Викторовна**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: schekhranova@mail.ru

**Николаев Сергей Иванович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

**Елизаров Дмитрий Юрьевич**, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: elizarovdmitry580@gmail.com

**Карапетын Анжела Кероповна**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

**Даниленко Ирина Юрьевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: taranova\_15@mail.ru

#### Author's Information

**Chekhranova Svetlana Viktorovna**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: schekhranova@mail.ru

**Nikolaev Sergey Ivanovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

**Yelizarov Dmitry Yuryevich**, graduate student of the Department Feeding and breeding of farm animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: elizarovdmitry580@gmail.com

**Karapetyan Anzhela Keropovna**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

**Danilenko Irina Yuriyevna**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: taranova\_15@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-27

## THE INFLUENCE OF A PREBIOTIC FEED ADDITIVE ON THE PHYSIOLOGICAL, PRODUCTIVE PARAMETERS AND COMPOSITION OF THE INTESTINAL MICROBIOME OF LAYING HENS OF THE HISEX BROWN CROSS

**Gorlov I. F., Kalinina N. V., Komarova Z. B., Slozhenkina M. I., Struk E. A., Abramov S. V.**

*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production  
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: ladyyn0910@mail.ru

Received 21.03.2024

Submitted 05.04.2024

#### Summary

The relevance is associated with the need to use new diets for growing highly productive modern cross-breed poultry. The purpose of the study was to determine the effect of the lactulose-containing additive "Laktuvet" (МК "Stavropolsky") on economic and biological indicators, the physiological state and the intestinal microbiome of laying hens of the Hisex Brown cross.

## Abstract

**Introduction.** The relevance is associated with the need to use new diets for growing highly productive modern cross-breed poultry. The purpose of the study was to determine the effect of the lactulose-containing additive "Laktuvet" (МК "Stavropolsky") on economic and biological indicators, the physiological state and the intestinal microbiome of laying hens of the Hisex Brown cross. **Materials and methods** At the age of 25 weeks or the 1st phase of laying, using the method of pairs of analogues, 2 groups of laying hens were formed: control and experimental, 70 heads each. Molecular genetic studies of chicken intestinal microbiota were carried out at the research and production company Biotrof LLC, St. Petersburg. At the end of the study, mathematical processing of the results was performed using statistical methods and MS Excel. **Object** laying hens of the Hisex Brown cross and the prebiotic feed additive "Laktuvet". **Results** with the inclusion of 0.5% of the prebiotic feed additive "Laktuvet", an increase in the gross yield and intensity of egg laying was established by 1.84 and 1.74%, respectively, and egg weight by 1.17 g (1.86%;  $P \leq 0.001$ ). In the intestines of chickens of the experimental group, the number of microorganisms increased by 22.9%, including a 9-fold increase in the number of bacteria of the Phylum Actinobacteria category, and a 1.4-fold increase in microorganisms of the order Ruminococcaceae, which are responsible for the digestion and absorption of fiber; 1.8 times – Lactobacillales bacteria, the most important in the group of lactic acid bacteria, belonging to the class of symbiotics, responsible for the decomposition of plant food and suppressing the growth and development of pathogenic microflora. **Conclusion.** The prebiotic feed additive "Laktuvet" in the amount of 0.5% in the diet of laying hens of the Hisex Brown cross has a positive effect on their economic and biological indicators, which confirms the direct relationship between the growth of economic and biological indicators of laying hens and the microbiological composition of the intestinal microbiome.

**Keywords:** prebiotic supplements, chicken diets, Hisex Brown cross, chicken egg production, egg-laying intensity, egg weight, chicken gut microbiome.

**Citation.** Gorlov I. F., Kalinina N. V., Komarova Z. B., Slozhenkina M. I., Struk E. A., Abramov S. V. The influence of a prebiotic feed additive on the physiological, productive parameters and composition of the intestinal microbiome of laying hens of the Hisex Brown cross. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 223-230 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-27.

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

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

УДК 636.5.084/087

**ВЛИЯНИЕ ПРЕБИОТИЧЕСКОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ,  
ПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И СОСТАВ МИКРОБИОМА КИШЕЧНИКА КУР-НЕСУШЕК  
КРОССА ХАЙСЕКС БРАУН**

Горлов И. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН  
Калинина Н. В., кандидат биологических наук, лаборант-исследователь  
Комарова З. Б., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник  
Сложенкина М. И., доктор биологических наук, член-корреспондент РАН  
Струк Е. А., кандидат биологических наук, лаборант-исследователь  
Абрамов С. В., кандидат ветеринарных наук

Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Исследование выполнено по Госзаданию ГНУ НИИММП 2022-24**

**Аннотация.** Актуальность связана с необходимостью применения новых рационов для выращивания высокопродуктивной птицы современных кроссов. Целью исследования явилось определение влияния лактулозосодержащей добавки «Лактувет» (МК «Ставропольский») на хозяйственно-биологические показатели, физиологическое состояние и микробиом кишечника кур-несушек кросса Хайсекс Браун. **Материалы и методы.** В возрасте 25 недель или 1 фазы яйцекладки по методу пар аналогов были сформированы 2 группы кур-несушек: контрольная и опытная, по 70 голов в каждой. Молекулярно-генетические исследования микробиоты кишечника кур были проведены в научно-производственной компании ООО «Биотроф» г. Санкт-Петербург. По окончании исследования математическую обработку результатов выполняли с помощью статистических методов и в программе MS Excel. **Объект исследования** куры-несушки кросса Хайсекс Браун и кормовая пребиотическая добавка «Лактувет». **Результаты.** При включении 0,5% пребиотической кормовой добавки «Лактувет», установлен рост валового сбора и интенсивности яйцекладки соответственно на 1,84 и 1,74%, массы яйца на 1,17 г (1,86%;  $P \leq 0,001$ ). В кишечнике кур опытной группы количество микроорганизмов уве-

личилось на 22,9%, в их числе в 9 раз возросло количество бактерий категории Филум *Actinobacteria*, в 1,4 раза – микроорганизмов порядка *Ruminococcaceae*, отвечающих за переваривание и усвоение клетчатки; в 1,8 раз – бактерий *Lactobacillales*, важнейших в группе молочнокислых, относящихся к классу симбиотиков, ответственных за разложение растительного корма и подавляющих рост и развитие патогенной микрофлоры. **Вывод.** Пребиотическая кормовая добавка «Лактувет» в количестве 0,5% в рационе кур-несушек кросса Хайсекс Браун оказывает положительное влияние на их хозяйственно-биологические показатели, что подтверждает прямую взаимосвязь роста хозяйственно-биологических показателей кур-несушек с микробиологическим составом микробиома кишечника.

**Ключевые слова:** пребиотические добавки, рационы кур, кросс Хайсекс Браун, яичная продуктивность кур, интенсивность яйцекладки, масса яйца, микробиом кишечника кур.

**Цитирование.** Горлов И. Ф., Калинина Н. В., Комарова З. Б., Сложенкина М. И., Струк Е. А., Абрамов С. В. Влияние пребиотической кормовой добавки на физиологические, продуктивные показатели и состав микробиома кишечника кур-несушек кросса Хайсекс Браун. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 223-230. DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-27.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Применение новых рационов, предназначенных для выращивания высокопродуктивной птицы современных кроссов, получения генетически заложенного прироста живой массы бройлеров, яйценоскости кур, наряду с высокой продуктивностью, может негативно отразиться на физиологическом состоянии птицы, которое оказывается на грани биологического предела [1, 2]. Для укрепления жизнеспособности поголовья сельскохозяйственных животных и птицы в зоотехнии применяют различные биостимулирующие вещества. Большой интерес представляют пребиотики, стимулирующие физиологические процессы организма, включая рост метаболизма, иммунитет, пищеварение и другие [3-6]. Использование пребиотиков в птицеводстве является перспективным еще и потому, что они способствуют стимуляции роста тканей, снижению падежа преимущественно за счет устранения дисбактериозов, профилактики заболеваний желудочно-кишечного тракта. Под их действием происходит усиление макрофаговой и лизоцимной активности, снижение проницаемости сосудов и тканей. Пробиотики также нужны при дегельминтизации и выполняют роль антистрессовой терапии [7, 8]. По мнению авторов, введение в рацион свиней пробиотиков по воздействию на организм равняется малой дозе антибиотиков [9]. Кроме того, их используют для профилактики болезней желудочно-кишечного тракта [10]. Продукция, полученная от выращивания птицы с применением пребиотических микроорганизмов, является экологически чистой, поскольку отходы их метаболизма не накапливаются в тканях [11].

Основную роль в обеспечении гомеостаза и иммунитета птиц выполняет микробиом кишечника. По данным исследований [12], включение в рацион про- и пребиотиков влияет не только на микробиологический состав кишечной бактериофлоры, но и изменяет экспрессию генов, связанных с иммуногенезом. Разработанные в последнее время кормовые пребиотические добавки, в дополнение к вышеизложенному, выполняют и роль регулятора сахаро-протеинового соотношения в рационах животных и птицы. В их числе кормовая добавка «Лактувет» произведенная из мелассы, полученной в процессе выработки пищевой лактозы (молочного сахара). По внешним показателям это порошок светло-жёлтого цвета. «Лактувет» содержит не менее 14,5% лактулозы, не менее 25,2% лактозы, не менее 12,5% монозы (галактозы, глюкозы), а также кальций – 3,4-4,4%, фосфор – 1,4-1,7%, калий – 0,7-1,7%, магний – 0,5-0,7% и другие макро- и микроэлементы. [5, 13, 14, 15]. Лактулоза – дисахарид, состоящий из молекул галактозы и фруктозы, расщепляется в толстом кишечнике при участии лакто- и бифидобактерий, что сопровождается снижением pH, реакция становится слабокислой, благоприятной для развития полезной микрофлоры. Увеличение количества кишечных бифидобактерий повышает интенсивность обмена веществ в организме за счет их свойства ингибировать потенциальные патогены, снижая уровень аммиака в крови и повышая синтез витаминов и пищеварительных ферментов. При этом бифидобактерии, образуемые при расщеплении фруктозы, подавляют патогенную микрофлору толстого кишечника. Рост их числа положительно влияет и на синтез гормонов, ферментов и витаминов [4, 16-20]. Бакте-



рии *Lactobacillus acidophilus*, обычно колонизируют верхние отделы кишечника, а *Bifidobacterium bifidum* – нижние. Способность последних вырабатывать молочную кислоту как побочный продукт метаболизма глюкозы отличает *Bifidobacterium bifidum* от других бактерий. Грамположительные бактерии, такие как *Lactobacillus*, обладают толстой клеточной стенкой, в состав которой входит пептидогликан, обеспечивающий ее прочность и сохранение контуров мембраны при осмотическом давлении [21]. Молочнокислые бактерии – это грамположительные бактерии-анаэробы с высокой ферментативной активностью, принадлежащие к многочисленным родам, включая *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus* и *Lactobacillus* [22]. Вырабатываемые ими органические кислоты способствуют поддержанию pH микробиома кишечника на уровне 4,0-5,8, что достаточно для ингибирования роста патогенной микрофлоры. Это позволит сберечь физиологическое здоровье и резистентность организма кур-несушек в течение всей их жизни.

Целью нашего исследования явилось определение влияния лактулозосодержащей добавки «Лактувет» (МК «Ставропольский») на хозяйственно-биологические показатели, физиологическое состояние и микробиом кишечника кур-несушек кросса Хайсекс Браун.

**Материалы и методы.** Научный эксперимент был проведен в условиях СП «Светлый» ЗАО «Агрофирма «Восток» Волгоградской области. Объектом исследования были куры-несушки кросса Хайсекс Браун и кормовая пребиотическая добавка «Лактувет». В возрасте 25 недель по методу пар аналогов были сформированы 2 группы кур-несушек: контрольная и опытная. Птица контрольной группы потребляла комбикорм согласно требованиям ГОСТ 18221-2018, опытной – кормосмесь, дополненную кормовой добавкой «Лактувет» в количестве 0,5% (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта  
Table 1 – Experimental scheme

| Группа / Group        | Возраст птиц, недель / Age of birds, weeks | Продолжительность опыта, недель / Duration of experience, weeks | Количество голов / Number of goals | Параметры кормления / Feeding parameters                                                          |
|-----------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Контрольная / Control | 25                                         | 10                                                              | 70                                 | Основной рацион / Basic Diet                                                                      |
| Опытная / Experienced | 25                                         | 10                                                              | 70                                 | Основной рацион + 0,5% кормовой добавки «Лактувет» / Basic ration + 0.5% feed additive "Lactuvet" |

Ежедневно фиксировали яичную продуктивность, расход корма и сохранность поголовья. Живую массу кур-несушек, интенсивность яйцекладки определяли еженедельно. По истечении опыта по 5 особей контрольной и опытной групп подвергли эвтаназии. Слепые отростки кишечника были отобраны и направлены для исследования в молекулярно-генетическую лабораторию научно-производственной компании ООО «Биотроф» г. Санкт-Петербург. Для получения таксономической картины микробиомного числа и состава микрофлоры, провели метагеномные исследования состава микробиоты кишечника с использованием метода количественной ПЦР (qPCR). По окончании исследования, математическую обработку результатов выполняли с помощью статистических методов в программе MS Excel. Основные зоотехнические показатели племенной птицы кросса «Хайсекс Браун» отражены в таблице 2.

Включение в рацион данной добавки в количестве 0,5% положительно повлияло на создание условий для формирования в кишечнике полезных видов бактерий, что проявилось в более полном, интенсивном переваривании корма, укреплении иммунитета и существенном уменьшении уровня патогенной микрофлоры и обеспечило наилучшие зоотехнические показатели по основным параметрам. Было выявлено превосходство опытной группы по валовому сбору и интенсивности яйцекладки на 1,84 и 1,74%. Затраты корма относительно контроля на производство 10 яиц снизились на 0,03 кг; на голову в сутки на 0,6 г; количество снесенных яиц увеличилось на 85 штук, при этом их масса возросла на 1,17 г (1,86%;  $P \leq 0,001$ ). По живой массе птица опытной группы также превосходила аналогов. За 10 недель исследования в обеих группах отсутствовал падеж, в результате чего сохранность кур составила 100%.

Таблица 2 – Основные зоотехнические показатели кур-несушек кросса «Хайсекс Браун» при использовании в рационе пребиотической кормовой добавки (n=70)  
Table 2 – Basic zootechnical parameters of laying hens of the Hisex Brown cross when using a prebiotic feed additive in the diet (n=70)

| Показатели / Indicators                                                                            | Контрольная / Control | Опытная / Experienced |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Сохранность поголовья в период опыта, % / Livestock safety during the period of experimentation, % | 100                   | 100                   |
| Живая масса 1 гол. в 25-нед, г / Live weight 1 head. at 25 weeks, g                                | 1770±1,5              | 1774±1,6              |
| Живая масса 1 гол. в 35-нед, г / Live weight 1 head. at 35 weeks, g                                | 1855±3,7              | 1868±2,8              |
| Однородность стада в 35-нед, % / Herd homogeneity in 35 weeks, %                                   | 88,5                  | 88,8                  |
| Получено яиц, шт. / Eggs received, pcs.                                                            | 4502                  | 4687                  |
| Интенсивность яйцекладки, % / Egg-laying rate, %                                                   | 91,87                 | 93,61                 |
| На среднюю несушку, шт. / For a medium layer, pcs.                                                 | 64,3                  | 65,5                  |
| Потребление корма, г/гол. / Feed intake, g/head                                                    | 119,7                 | 119,1                 |
| Масса яйца, г / Egg weight, g                                                                      | 62,79±0,24            | 63,96±0,27**          |
| Затраты корма, кг/10 яиц / Feed consumption, kg/10 eggs                                            | 1,30                  | 1,27                  |

Примечание: разность по отношению к контрольной группе достоверна при: \* – P≤0,05; \*\* – P≤0,01; \*\*\* – P≤0,001

Note: the difference in relation to the control group is significant: \* – P≤0.05; \*\* – P≤0.01; \*\*\* – P≤0.001

Известно, что микробиом кишечника является главным звеном защиты от вредных бактерий, он обеспечивает усвоение питательных веществ, что способствует повышению уровня энергии и росту продуктивности. У птицы состав микробиоты кишечника представлен бифидо-, лакто-, энтеро-, протео-, зубактериями и стрептококками [16, 17]. Показатели общего микробного числа и состав микрофлоры приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Общее микробное число и состав микрофлоры слепых отростков кур-несушек опытной и контрольной группы (n=5)

Table 3 – Total microbial number and composition of the microflora of the caeca of laying hens of the experimental and control groups (n=5)

| Показатели / Indicators                                    | Куры-несушки (контрольная группа) / Laying hens (control group) | Куры-несушки (опытная группа) / Laying hens (experimental group) |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Общее микробное число / Total Microbial Number             | 3,80 (±1,02) x 10 <sup>7</sup>                                  | 4,67 (±0,89) x 10 <sup>7</sup>                                   |
| Категории микроорганизмов: / Categories of microorganisms: |                                                                 |                                                                  |
| Филум Actinobacteria / Phylum Actinobacteria               | 0,49 ± 0,22                                                     | 4,41 ± 3,10                                                      |
| Род Bifidobacteriales / Genus Bifidobacteriales            | 0,12 ± 0,12                                                     | 3,32 ± 1,12                                                      |
| Филум Bacteroidetes / Phylum Bacteroidetes                 | 34,93 ± 6,39                                                    | 34,13 ± 10,25                                                    |
| Филум Firmicutes / Phylum Firmicutes                       | 46,73 ± 10,66                                                   | 45,68 ± 6,12                                                     |
| Порядок Lactobacillales / Order Lactobacillales            | 4,97 ± 1,83                                                     | 8,85 ± 4,85                                                      |
| Род Clostridiales / Genus Clostridiales                    | 29,14 ± 7,99                                                    | 28,19 ± 8,97                                                     |
| сем, Ruminococcaceae / Ruminococcaceae                     | 8,54 ± 2,13                                                     | 11,77 ± 4,64                                                     |
| Порядок Selenomonadales / Selenomonadales                  | 1,78 ± 1,27                                                     | 7,17 ± 5,71                                                      |
| Филум Fusobacteria / Phylum Fusobacteria                   | 2,23 ± 2,40                                                     | 0,78 ± 0,49                                                      |
| Филум Proteobacteria / Phylum                              | 12,5 ± 2,76                                                     | 12,47 ± 6,19                                                     |
| сем, Enterobacteriaceae / Enterobacteriaceae               | 1,27 ± 1,12                                                     | 2,07 ± 2,81                                                      |
| Филум Synergistetes / Phylum Synergistetes                 | 0,53 ± 0,16                                                     | 0,38 ± 0,31                                                      |
| Филум Tenericutes / Phylum Tenericutes                     | 0,98 ± 0,55                                                     | 0,30 ± 0,19                                                      |
| сем, Mycoplasmataceae / Mycoplasmataceae                   | 0,12 ± 0,15                                                     | 0,02 ± 0,02                                                      |
| Нормофлора / Normal Flora                                  | 82,15± 10,66                                                    | 84,22 ± 6,12                                                     |
| Патогенная и нежелательная / Pathogenic and undesirable    | 2,78                                                            | 2,75                                                             |

Общее микробное число является показателем оценки бактериальной обсемененности кишечника и выражается в общем количестве всех микроорганизмов, находящихся на 1 см пробы. По полученным данным, количество микроорганизмов в кишечнике кур опытной группы увеличилось на 22,9%. Следовательно, включение кормовой добавки в рацион птицы положительно отразилось на ее здоровье и продуктивности, что по-видимому явилось определяющим фактором улучшения основных зоотехнических показателей (таблица 2). У кур-несушек опытной группы достоверно увеличилось количество бифидобактерий ( $P \leq 0,05$ ), подавляющих патогенную микрофлору. В опытной группе по сравнению с контрольной в 9 раз выросло число бактерий группы Филум *Actinobacteria* вторичные метаболиты которых обладают антибиотическими, микробными, вирусными, гербицидными, инсектицидными свойствами.

Количество же нежелательных бактерий как в опытной, так и в контрольной группах находилось в пределах нормы для здоровой птицы и не имело достоверных различий. Установлено, что в опытной группе по сравнению с контролем в 9 раз возросло количество бактерий категории Филум *Actinobacteria*, в 1,4 раза – микроорганизмов порядка *Ruminococcaceae*, отвечающих за переваривание и усвоение клетчатки; в 1,8 раз больше бактерий порядка *Lactobacillales*, важнейших в группе молочнокислых, относящихся к группе симбиотиков, ответственных за разложение растительного корма и подавляющих рост и развитие патогенных бактерий [12, 22].

**Закключение.** Установлено, что добавление в корм кур-несушек пребиотической кормовой добавки «ЛактуВет» в количестве 0,5% в структуре рациона способствовало росту валового сбора яиц и интенсивности яйцекладки на 1,84 (85 шт. яиц) и 1,74%, массы яйца на 1,17 г (1,86%;  $P \leq 0,001$ ). Так, в опытной группе у кур-несушек количество микроорганизмов увеличилось на 22,9%. Среди них количество бактерий групп *Actinobacteria*, *Lactobacillales* и *Ruminococcaceae*, возросло в 9,0; 1,8 и 1,4 раза по сравнению с контролем. Сделан вывод о положительном влиянии пребиотической кормовой добавки «Лактувет» в количестве 0,5% в рационе птицы на их хозяйственно-биологические показатели, за счет обогащения микрофлоры кишечника полезными бактериями.

**Conclusions.** It was found that the addition of the prebiotic feed additive "LactuVet" in the amount of 0.5% in the diet structure to the feed of laying hens contributed to an increase in the gross yield of eggs and the intensity of egg-laying by 1.84 (85 eggs) and 1.74%, egg weight by 1.17 g (1.86%;  $P \leq 0.001$ ). Thus, in the experimental group, the number of microorganisms in laying hens increased by 22.9%. Among them, the number of bacteria of the groups *Actinobacteria*, *Lactobacillales* and *Ruminococcaceae* increased by 9.0; 1.8 and 1.4 times compared to the control. A conclusion was made about the positive effect of the prebiotic feed additive "Lactuvet" in the amount of 0.5% in the diet of poultry on their economic and biological indicators, due to the enrichment of the intestinal microflora with beneficial bacteria.

#### Библиографический список

1. Сабыржанов А. У., Муллакаев О. Т., Кушалиев К. Ж. Актуальность использования кормовых добавок в промышленном и частном птицеводстве. Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана. 2016. № 2.
2. Штеле А. Л. Повышение яйценоскости у высокопродуктивных кур и проблема ее раннего прогнозирования. Сельскохозяйственная биология. 2014. № 6.
3. Горлов И. Ф., Калинина Н. В., Сложенкина М. И., Комарова З. Б., Рудковская З. Б., Должанов П. Б., Березина О. А. Влияние новой фитопробиотической кормовой добавки на хозяйственно-биологические показатели цыплят-бройлеров. Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 4. С. 178-190.
4. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И. Применение лактулозосодержащих препаратов в животноводстве и при переработке животноводческой продукции: монография. Волгоград: ООО «СФЕРА», 2020. 152 с.
5. 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.
6. 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.
7. Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Храмцов А. Г., Комарова З. Б., Фролова М. В., Курмашева С. С., Рудковская А. В. Выращивание цыплят-бройлеров с использованием новых кормовых добавок на основе лактулозы. Птица и птицепродукты. 2021. № 1. С. 17-20.
8. Андреев В. А., Стецюк О. У., Андреева И. В. Пробиотики: Нерешенные вопросы. КМАХ. 2022. № 4.
9. Варакин А. Т., Епифанов В. Г., Симонов Г. А., Зотеев В. С., Санин А. А. Органический селен и дрожжевой пробиотик в рационах лактирующих свиноматок. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 152-161.
10. Александрова С. С., Логинов С. В., Садвокасова А. А. Гематологические показатели цыплят-бройлеров при использовании пробиотиков. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021 № 1 (69). С. 368-373.

11. Кононенко С. И. Повышение биологического потенциала птицы за счет использования пробиотиков. Научный журнал КубГАУ. 2017. № 127.
12. Кочиш И. И., Мясникова О. В., Мартынов В. В., Смоленский В. И. Влияние пробиотической и пребиотической добавок на микрофлору кишечника кур и экспрессию генов, связанных с иммунитетом. Сельскохозяйственная биология. 2020. № 2. Т. 55. С. 315–327.
13. Гринь М. С. Использование лактулозы в составе комбикорма КР-1. Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2019. № 22 (1). С. 178-184.
14. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Мосолов А. А. и др. Влияние кормовой добавки "Лактувет-1" на яичную продуктивность перепелов. Вестник Донского государственного аграрного университета. 2022. № 3(45). С. 84-92.
15. Халимбеков З., Малахова Л., Грига О., Джафаров Н. Влияние кормовых добавок «ЛактоМин» и «ЛактуВет» на молочную продуктивность коз. Сельскохозяйственный журнал. 2022. Т. 15. № 1. С. 2687-1246.
16. Фисинин В. И., Лаптев Г. Ю., Никонов И. Н., Ильина Л. А., Йылдырым Е. А. Изменение бактериального сообщества в желудочно-кишечном тракте кур в онтогенезе. / Сельскохозяйственная биология. 2016. № 6. Т. 51. С. 883-890.
17. Сурай, П. Ф., Кочиш И. И., Фисинин В. И., Грозина А. А., Шацких Е. В. Молекулярные механизмы поддержания здоровья кишечника птицы: роль микробиоты. М.: Сельскохозяйственные технологии. 2018. С. 344.
18. Рябцева С. А., Храмов А. Г., Будкевич Р. О., Анисимов Г. С., Чулко А. О., Шлак М. А. Физиологические эффекты, механизмы действия и применение лактулозы. Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 2. С. 5-20.
19. Багно О., Прохоров О., Шенцева А. Расторопша и эхинацея при откорме бройлеров. Птицеводство. 2021. № 5. С. 11-14.
20. Khan S., Moore R. J., Stanley D., Chousalkar K. K. The gut microbiota of laying hens and its manipulation with prebiotics and probiotics to enhance gut health and food safety. Applied and environmental microbiology. 2020. No 86 (13). Pp. 600-620.
21. Li J. Current status and prospects for in-feed antibiotics in the different stages of pork production – a review. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 2017. No 30 (12). Pp. 1667-1673.
22. Chapeau-Chartier M. P., Kulak-Kauskas S. Structure and function of the cell wall in lactic acid bacteria. Microbial Cell Fact 13 (Supplement 1). 2014. No S9.

#### References

1. Sabyrzhaynov A. U., Mullakaev O. T., Kushaliev K. Zh. The relevance of the use of feed additives in industrial and private poultry farming. Scientific notes of KGAVM N. E. Bauman. 2016. No 2.
2. Shtele A. L. Increasing egg production in highly productive chickens and the problem of its early forecasting. Agricultural Biology. 2014. No 6.
3. Gorlov I. F., Kalinina N. V., Slozhenkina M. I., Komarova Z. B., Rudkovskaya Z. B., Dolzhanov P. B., Berezina 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. P. 178-190.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Khrantsov A. G., Komarova Z. B., Frolova M. V., Kurmasheva S. S., Rudkovskaya A. V. Growing broiler chickens using new feed additives based on lactulose. Poultry and poultry products. 2021. No 1. Pp. 17-20.
8. Andreev V. A., Stetsyuk O. U., Andreeva I. V. Probiotics: Unresolved Issues. KMAH. 2022. No 4.
9. Varakin A. T., Epifanov V. G., Simonov G. A., Zoteev V. S., Sanin A. A. Organic selenium and yeast probiotic in the diets of lactating sows. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2021. No 4 (64). Pp. 152-161.
10. Aleksandrova S. S., Loginov S. V., Sadvokasova A. A. Hematological parameters of broiler chickens using probiotics. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2021. No 1 (69). Pp. 368-373.
11. Kononenko S. I. Increasing the biological potential of poultry through the use of probiotics. Scientific journal of KubSAU. 2017. No 127.
12. Kochish I. I., Myasnikova O. V., Martynov V. V., Smolensky V. I. The influence of probiotic and prebiotic additives on the intestinal microflora of chickens and the expression of genes associated with immunity. Agricultural biology. 2020. No 2. V. 55. Pp. 315-327.
13. Grin M. S. The use of lactulose in the composition of feed KR-1. Current problems of intensive development of animal husbandry. 2019. No 22 (1). Pp. 178-184.
14. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mosolov A. A., et al. The influence of the feed additive "Laktuvet-1" on the egg productivity of quails. Bulletin of the Don State Agrarian University. 2022. No 3 (45). Pp. 84-92.
15. Khalimbekov Z., Malakhova L., Griga O., Jafarov N. Effect of feed additives "LaktoMin" and "LaktuVet" on the milk productivity of goats. Agricultural Journal. 2022. V. 15. No 1. Pp. 2687-1246.
16. Fisinin V. I., Laptev G. Yu., Nikonov I. N., Ilyina L. A., Yildirim E. A. Changes in the bacterial community in the gastrointestinal tract of chickens during ontogenesis. Agricultural biology. 2016. № 6. V. 51. Pp. 883-890.
17. Suraj P. F., Kochish I. I., Fisinin V. I., Grozina A. A., Shatskiy E. V. Molecular mechanisms of maintaining poultry intestinal health: the role of microbiota. M.: Agricultural technologies. 2018. Pp. 344.



18. Ryabtseva S. A., Khrantsov A. G., Budkevich R. O., Anisimov G. S., Chuklo A. O., Shpak M. A. Physiological effects, mechanisms of action and use of lactulose. *Nutrition issues*. 2020. V. 89. No 2. Pp. 5-20.
19. Bagno O., Prokhorov O., Shentseva A. Milk thistle and echinacea when fattening broilers. *Poultry farming*. 2021. No 5. Pp. 11-14.
20. Khan S., Moore R. J., Stanley D., Chousalkar K. K. The gut microbiota of laying hens and its manipulation with prebiotics and probiotics to enhance gut health and food safety. *Applied and environmental microbiology*. 2020. No 86 (13). Pp. 600-620.
21. Li J. Current status and prospects for in-feed antibiotics in the different stages of pork production – a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2017. No 30 (12). Pp. 1667-1673.
22. Chapeau-Chartier M. P., Kulak-Kauskas S. Structure and function of the cell wall in lactic acid bacteria. *Microbial Cell Fact* 13 (Supplement 1). 2014. No S9.

## 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), e-mail: niimmp@mail.ru

**Калинина Наталья Васильевна**, кандидат биологических наук, лаборант-исследователь, 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

**Комарова Зоя Борисовна**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, 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

**Сложенкина Марина Ивановна**, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), e-mail: niimmp@mail.ru

**Струк Евгения Александровна**, кандидат биологических наук, лаборант-исследователь, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), e-mail: niimmp@mail.ru

**Абрамов Сергей Владиславович**, кандидат ветеринарных наук, комплексная аналитическая лаборатория, 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

## Author's Information

**Gorlov Ivan Fedorovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Scientific Supervisor of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products" (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky St., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

**Kalinina Natalya Vasilievna**, Candidate of Biological Sciences, research laboratory assistant, Federal State Budgetary Scientific Institution "Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products" (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky St., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

**Komarova Zoya Borisovna**, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky St., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

**Slozhenkina Marina Ivanovna**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, «Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products» (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky St., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

**Struk Evgenia Aleksandrovna**, Candidate of Biological Sciences, Laboratory Researcher, Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky St., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

**Abramov Sergey Vladislavovich**, candidate of Veterinary Sciences, Integrated Analytical Laboratory, Volga Region Scientific Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky St., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-28

## CEREAL CROPS EARS OF EARLY RIPENING STAGES AS A SOURCE OF INCREASING THE NUTRITIVE VALUE OF FISH FEEDS

<sup>1</sup>Bakhchevnikov O. N., <sup>1,2</sup>Braginets S. V., <sup>1</sup>Kravchenko N. S., <sup>1,2</sup>Pakhomov V. I.

<sup>1</sup>Agricultural Research Centre Donskoy  
Zernograd, Rostov Region, Russian Federation

<sup>2</sup>Don State Technical University  
Rostov-on-Don, Russian Federation

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

Received 09.10.2023

Submitted 06.03.2024

## Summary

The article presents the results of research on the nutritive value of feed prepared from ears of grain crops of early ripeness stages. The results of the studies showed that the mid-wax ripeness stage is the best time for harvesting grain crops by ears for preparation of feed from their ears. Ears harvested without threshing are a means of increasing the nutritive value of fish feed due to the higher content of digestible protein.

## Abstract

**Introduction.** Interest in growing non-traditional grain ear crops and studying the possibility of their use during their harvesting in the early stages of ripeness as a raw material for the preparation of feed for omnivorous fish has recently increased. **The aim of the study** was to determine the nutritive value of feed prepared from ears of cereal crops harvested in early ripeness stages and their suitability as raw material for the production of fish feed. **Materials and methods.** Soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.), Indian dwarf winter wheat (*Triticum sphaerococcum* Percival) and Triticigria (*×Triticigria cziczinii* Tsvet) grown in 2022-2023 in the South of Rostov region of Russia were the objects of the study. Harvesting was carried out by combing without threshing the ears and separating the grain heap at different dates corresponding to different stages of maturity. Pelleted feed was made from grain heap of different harvesting dates. Chemical analysis of feed samples was performed according to standard methods. **Results and discussion.** The mid-wax ripeness stage is the best harvesting time for ears of cereal crops, including Soft wheat, for preparation of feed from their ears, since in this stage they contain the maximum amount of protein, including essential amino acids, and the minimum amount of cellulose. Ears of Soft wheat at the mid-wax ripeness phase contain 14.86 % protein and 5.03% essential amino acids, of Indian dwarf wheat, respectively, 14.23 and 7.26 %, of Triticigria – 18.21 and 7.46%. Indian dwarf wheat and Triticigria have better quality of feed produced from their ears than winter soft wheat. The feed prepared from them has a higher protein and essential amino acid content and a better amino acid profile. This makes it possible to use these cereals in fish feed production to increase protein content. The disadvantage of these crops is a 10-12% higher cellulose content than that of soft wheat. **Conclusions.** Ears harvested without threshing in the mid-wax ripeness stage are a means of increasing the nutritive value of fish feed, including carp, because of the higher digestible protein content.

**Keywords:** fish feeding, nutritional value of feed, feed protein.

**Citation.** Bakhchevnikov O. N., Braginets S. V., Kravchenko N. S., Pakhomov V. I. Cereal crops ears of early ripening stages as a source of increasing the nutritive value of fish feeds. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 230-240 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-28.

**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 636.085.55:636.085.62

**КОЛОСЬЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР РАННИХ ФАЗ СПЕЛОСТИ  
КАК ИСТОЧНИК ПОВЫШЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ КОРМОВ ДЛЯ РЫБ**

<sup>1</sup>Бахчевников О. Н., кандидат технических наук, старший научный сотрудник

<sup>1,2</sup>Брагинцев С. В., доктор технических наук, ведущий научный сотрудник

<sup>1</sup>Кравченко Н. С., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

<sup>1,2</sup>Пахомов В. И., доктор технических наук, член-корреспондент РАН

<sup>1</sup>ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»

г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

**Актуальность.** В последнее время увеличился интерес к выращиванию нетрадиционных зерновых колосовых культур и изучению возможности их использования в качестве сырья для приготовления корма для всеядных рыб, в том числе при их уборке в ранние фазы спелости. **Цель исследования** – определение питательной ценности кормов, приготовленных из колосьев зерновых культур, убранных очесом в ранние фазы спелости, и их пригодности как сырья для приготовления кормов для рыб. **Материалы и методы.** Объектом исследования были мягкая озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), шарозерная озимая пшеница (*Triticum sphaerococcum* Percival) и тритигрия (*×Triticigria cziczinii* Tsvet), выращенные в 2022-2023 гг. на юге Ростовской области. Уборку произвели способом очеса без обмолота и разделения зернового вороха в различные сроки, соответствующие определенным фазам созревания. Из зернового вороха разных сроков уборки был приготовлен гранулированный корм. Был выполнен химический анализ проб корма по стандартным методикам. **Результаты и обсуждение.** Наилучшим сроком уборки очесом зерновых культур, в том числе мягкой пшеницы, для приготовления корма из их колосьев является фаза середины восковой спелости, так как в эту фазу они содержат максимальное количество протеина, в том числе незаменимых аминокислот, и минимальное количество клетчатки. В фазу середины восковой спелости колосья мягкой пшеницы содержат 14,86% протеина и 5,03% незаменимых аминокислот, шарозерной пшеницы, соответственно, 14,23 и

7,26%, трититригии – 18,21 и 7,46%. Шарозерная пшеница и трититригия имеют лучшее качество корма, приготовленного из их колосьев, чем озимая мягкая пшеница. Приготовленный из них корм имеет большее содержание протеина и незаменимых аминокислот и лучший аминокислотный профиль. Это позволяет использовать их в приготовлении кормов для рыб для повышения содержания белка. Но недостатком этих культур является на 10-12% более высокое, чем у мягкой пшеницы, содержание клетчатки. **Выводы.** Колосья зерновых культур, убранные очесом, без обмолота, в фазу середины восковой спелости, могут стать средством повышения питательной ценности кормов для рыб, в частности карпа, за счет более высокого содержания переваримого протеина.

**Ключевые слова:** кормление рыб, питательная ценность кормов, кормовой протеин.

**Цитирование.** Бахчевников О. Н., Брагинец С. В., Кравченко Н. С., Пахомов В. И. Колосья зерновых культур ранних фаз спелости как источник повышения питательной ценности кормов для рыб. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 230-240. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-28.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** В настоящее время в сельском хозяйстве России актуальной задачей является организация полноценного кормления рыб, выращиваемых в прудах. Традиционно основным источником сырья для приготовления кормов в прудовой аквакультуре является фуражное зерно [11]. Но традиционные зерновые культуры, такие как пшеница и ячмень, содержат недостаточное количество протеина [2]. Поэтому для приготовления полноценных кормов для рыб приходится дополнительно использовать дорогостоящие виды белкового сырья, что значительно увеличивает их себестоимость. Помимо этого зерновое сырье содержит мало незаменимых аминокислот, которые являются «строительным материалом» для организма рыб, особенно мальков [7].

Особенно остро стоит вопрос с протеинсодержащими кормами для рыб, так как они импортируются или производятся из импортного сырья, что негативно влияет на их доступность и стоимость [14]. Необходимо решить проблему повышения содержания в кормах протеина, включая незаменимые аминокислоты, по возможности используя растительное сырье, производимое в сельхозпредприятиях.

Повысить питательную ценность зерна озимой пшеницы возможно, убирая его до наступления полной спелости. Известно, что максимальное содержание в нем протеина приходится на фазу восковой, а не полной спелости [6, 8]. Включение незерновой части колоса пшеницы, содержащей 2% жиров и 5% белка, в состав корма позволит увеличить его питательную ценность. Известно, что незерновая часть колоса, не достигшего полной спелости, имеет более высокое содержание протеина и других питательных веществ [16].

Использовавшиеся ранее технологии уборки были рассчитаны на сбор зерна полной спелости и кондиционной влажности. Но новая технология уборки зерновых очесом создала возможность сбора влажного недоспелого зерна и необмолоченных колосьев [17]. Это позволяет заготовить растительное сырье для кормов с большим содержанием протеина за счет ранних сроков уборки и использования незерновой части колоса [15].

Так как традиционные зерновые культуры имеют недостаточное для кормовых целей содержание протеина, в последнее время увеличился интерес к выращиванию нетрадиционных зерновых колосовых культур и изучению возможности их использования в качестве сырья для приготовления корма для всеядных рыб [12].

Все вышеизложенное обусловило необходимость выполнения исследований по изучению химического состава и определению аминокислотного профиля корма, приготовленного из зерна и незерновой части колоса ранних фаз спелости, с целью установления их пригодности для приготовления корма для всеядных рыб и рациональных сроков уборки, обеспечивающих получение качественного сырья.

**Цель исследования:** изучение химического состава и питательной ценности кормов, приготовленных из колосьев зерновых культур, убранных очесом в ранние фазы спелости, и определение возможности их использования в качестве сырья для приготовления кормов для рыб и рациональных сроков уборки.

**Материалы и методы.** В ходе исследований произвели уборку мягкой озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) [1], шарозерной озимой пшеницы (*Triticum sphaerococcum* Percival) [20] и трититригии (*×Trititrigia cziczinii* Tsvet) [4], выращенных в 2022-2023 гг. на юге Ростовской области.

Уборку произвели способом очеса колосьев без обмолота и разделения зернового вороха (зерно и незерновая часть колоса) в различные сроки, соответствующие определенным фазам созревания зерна, обозначенным далее на рисунках и в таблице номерами: 1 – молочная спелость, 2 – тестообразная спелость, 3 – начало восковой спелости, 4 – середина восковой спелости, 5 – конец восковой спелости, 6 – полная спелость [19]. Уборку зерновых культур выполняли очесывающей жаткой, агрегируемой с колесным трактором, с выгрузкой зернового вороха в бункер-накопитель [9].

Из зернового вороха был приготовлен гранулированный корм, изготовленный по новой технологии, включающей операции экспандирования вороха, его сушки, измельчения и гранулирования [10].

Пробы корма, приготовленного из зернового вороха разных фаз спелости, отбирали по методике, изложенной в ГОСТ ISO 6497-2014, и готовили к анализу согласно ГОСТ ISO 6498-2014. Был выполнен химический анализ проб корма по стандартным методикам, в результате которого установили общее содержание в нем протеина, жиров, золы и клетчатки. Содержание в корме отдельных незаменимых аминокислот определяли способом капиллярного электрофореза [5, 18] по ГОСТ Р 55569-2013 с использованием прибора «Капель-104Т».

Содержание незаменимых аминокислот и протеина в корме сравнивали с их содержанием в «идеальном» корме для двухлетнего карпа на откорме [3], а также определяли его аминокислотный скор по сумме незаменимых аминокислот и по некоторым из них [6, 13]. Было принято, что их содержание в «идеальном» корме для карпа составляет: протеин – 30%, сумма незаменимых аминокислот – 13%, лизин – 2%, метионин – 0,7% [3].

Оценку статистической достоверности показателей выполнили, используя метод определения различий между выборками по наименьшей существенной разности (НСР) по методике Б. А. Доспехова (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). – Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. – Москва: Альянс, 2011. – 350 с.). Значение НСР определяли при 5 %-ном уровне значимости.

**Результаты и обсуждение.** Предварительные результаты уборки выбранных зерновых культур показали, что она может быть успешно осуществлена очесывающей жаткой лишь в фазе восковой и полной спелости, тогда как в фазах молочной и тестообразной спелости, характеризующихся высокой влажностью зерна и незерновой части колоса, она значительно затруднена.

Результаты общего химического анализа состава приготовленного корма показали, что содержание жиров и золы в зерновом ворохе всех изучаемых культур в процессе созревания меняется в небольших пределах. Содержание жиров составляет: для мягкой пшеницы 2,02-2,29%, шарозерной пшеницы 1,91-2,82%, трититригии 1,89-2,38%. Максимальное содержание жиров наблюдается в фазу тестообразной спелости (для мягкой пшеницы – начала восковой), минимальное – в фазу полной спелости. Для содержания золы зафиксированы следующие диапазоны: для мягкой пшеницы 3,96-4,25%, шарозерной пшеницы 5,81-6,40%, трититригии 5,20-6,44%.

Напротив, доля протеина, включая незаменимые аминокислоты, и клетчатки в составе корма, произведенного из колосьев разных фаз созревания, испытывает значительные изменения.

На рисунке 1 приведен график изменения содержания клетчатки в корме из колосьев в процессе созревания ( $НСР_{05}=5,3$  – достоверно). Здесь и далее номерами обозначены фазы созревания зерна: 1 – молочная спелость, 2 – тестообразная спелость, 3 – начало восковой спелости, 4 – середина восковой спелости, 5 – конец восковой спелости, 6 – полная спелость.

Как видно из рис. 1, характер изменения содержания клетчатки в колосьях мягкой и шарозерной пшеницы, а также трититригии различен. Если в корме из колосьев мягкой озимой содержание клетчатки максимально в ранние фазы развития зерна, достигая 13,52%, а по мере его созревания постепенно снижается до минимума 11,5% при полной спелости, то в колосьях шарозерной пшеницы и трититригии изначально высокое ее содержание становится минимальным (соответственно, 17,35 и 19,94%) в фазы начала и середины восковой спелости, после чего постепенно возрастает, достигая при полной спелости 20,78 и 21,54%.



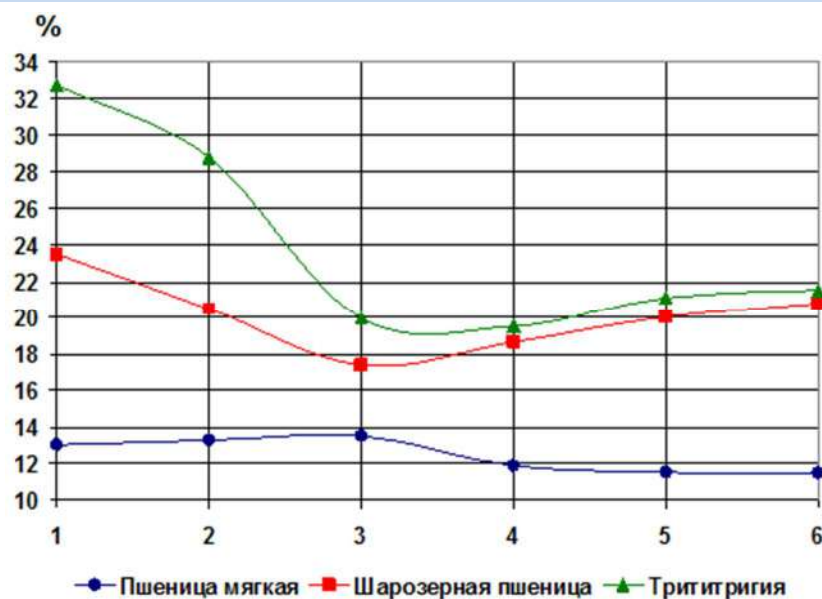


Рисунок 1 – Изменение содержания клетчатки в корме из колосьев зерновых культур в процессе созревания: 1-6 – фазы созревания зерна

Figure 1 – Variation of cellulose content in feed from cereal ears in the process of ripening: 1-6 – grain ripening stages

Так как клетчатка очень плохо переваривается организмом рыб, то колосья последних двух культур рационально использовать на корм именно в эти фазы, тем более что содержание клетчатки в них во всех фазах больше, чем у мягкой пшеницы. Особенно этот недостаток характерен для трититригии, у которой этот показатель в фазы восковой и полной спелости выше, чем у мягкой пшеницы на 6-10%.

Изменение содержания протеина ( $\text{HCP}_{05}=2,3$  – достоверно) в колосьях изучаемых зерновых культур по мере созревания также происходит различным образом (рисунок 2).

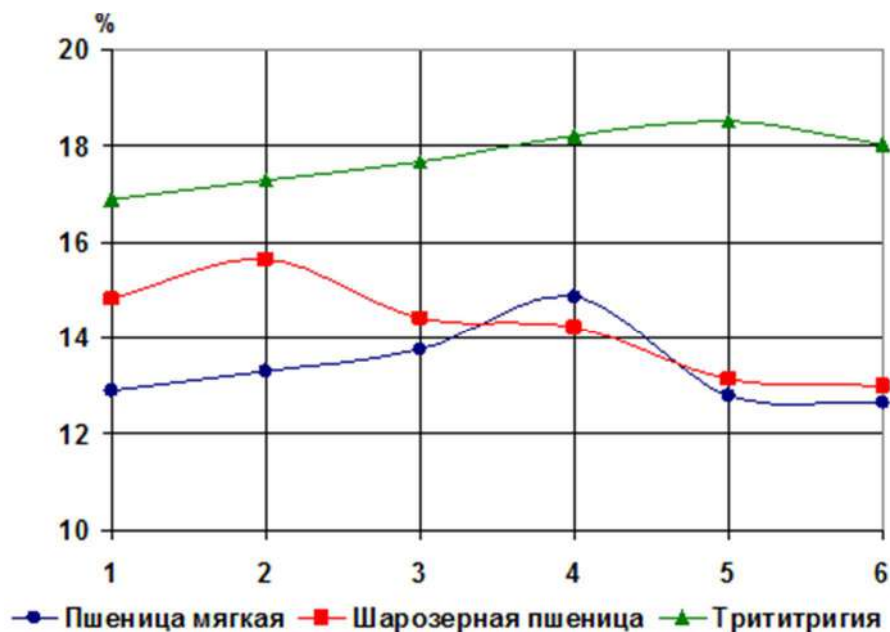


Рисунок 2 – Изменение содержания протеина в корме из колосьев зерновых культур в процессе созревания: 1-6 – фазы созревания зерна

Figure 2 – Variation of protein content in feed from ears of cereal crops in the process of ripening: 1-6 – grain ripening stages

В колосьях мягкой пшеницы содержание протеина с момента начала созревания возрастает, достигая максимума 14,86% в фазу середины восковой спелости, а затем убывает до минимального значения 12,66% при достижении полной спелости. Напротив, в корме из колосьев шарозерной пшеницы содержание протеина максимальное (15,66%) в фазу тестообразной спелости, после чего снижается до минимума 13,01% при полной спелости. В отличие от пшениц, у трититригии содержание протеина плавно возрастает от молочной до конца восковой спелости, достигая 18,51% и лишь немного снижаясь при полном созревании.

Результаты химического анализа показали, что содержание протеина в корме из колосьев мягкой и шаровидной пшениц разных фаз созревания сопоставимо, тогда как доля белка в корме из трититригии превышает его довольно значительно, достигая 18,5%. Если в начале созревания его содержание больше, чем у пшениц, на 2-4%, то при полной спелости – уже на 5,5%.

Однако общее содержание протеина в кормах из колосьев всех изучаемых культур довольно значительно уступает нормативному для «идеального» корма для карпа, составляющему 30%. Разница составляет 15,14-17,34% для мягкой пшеницы, 14,34-16,99% для шарозерной и 11,5-13,1% для трититригии.

В результате химического анализа в кормах из зернового вороха было определено содержание каждой из незаменимых аминокислот и их суммы (рисунок 3).

Как видно из рисунка 3, характер изменения этого показателя в процессе созревания зерна отличается от формы кривых содержания протеина на рис. 2 ( $HC_{P05}=1,9$  – достоверно). Для всех изучаемых культур минимальное содержание суммы незаменимых аминокислот в корме наблюдалось в фазе тестообразной спелости, а максимальное – на стадии середины восковой спелости, с дальнейшим уменьшением по мере созревания. Максимальное значение этого показателя составило: для мягкой пшеницы – 5,03%, для шарозерной – 7,26%, трититригии – 7,46%. Величина суммы незаменимых аминокислот в колосьях шарозерной пшеницы и трититригии была примерно сопоставима от молочной до середины восковой спелости, после чего при полном созревании для последней она была больше на 1,3-1,5%.

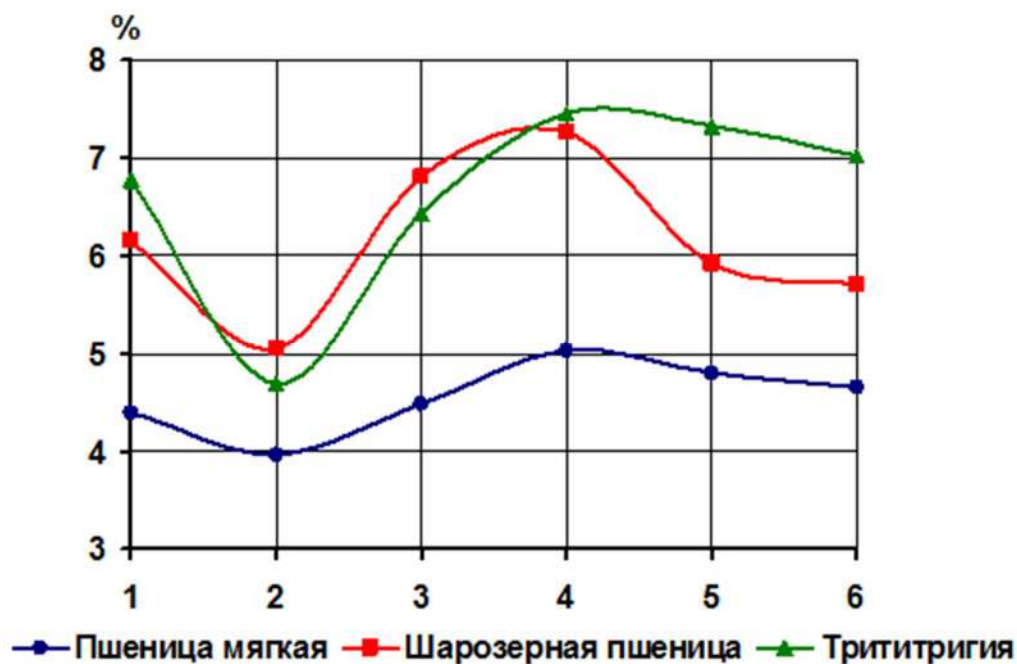


Рисунок 3 – Изменение содержания суммы незаменимых аминокислот в корме из колосьев зерновых культур в процессе созревания: 1-6 – фазы созревания зерна

Figure 3 – Variation in the content of the sum of essential amino acids in feed from ears of cereal crops in the process of ripening: 1-6 – grain ripening stages

Сумма аминокислот во всех фазах созревания для шарозерной пшеницы и трититригии на 1-2% выше, чем у мягкой пшеницы. Однако значение данного показателя в кормах из колосьев всех изучаемых культур уступает нормативному, составляющему 13%. При максимальном содержании сумма аминокислот в корме из мягкой пшеницы меньше желательной на 7,97%, шарозерной – на 5,74%, трититригии – на 5,54%.

Таким образом, корм из колосьев зерновых культур, убранных до наступления полной спелости, характеризуется более низким содержанием клетчатки и более высоким – протеина и незаменимых аминокислот, т.е. обладает лучшей усвояемостью и питательной ценностью, чем корм из колосьев полной спелости, хотя и уступает «идеальному» корму. При этом шарозерная пшеница и трититригия в качестве сырья для корма обеспечивают более высокое содержание незаменимых аминокислот, а трититригия и в целом белка.

Для усвояемости корма важно не только высокое содержание незаменимых аминокислот, но и его сбалансированность по сравнению с «идеальным» кормом, характеризующаяся аминокислотным скором по сумме незаменимых аминокислот (рисунок 4) и отдельно по каждой из них ( $НСП_{05}=0,16$  – достоверно).

Как показали результаты анализа, максимальные значения аминокислотного сора наблюдались у шарозерной пшеницы и трититригии в фазу середины восковой спелости, а у мягкой пшеницы – ее конца. Максимальные значения сора составляют для корма из мягкой пшеницы 0,86, а из трититригии – 0,95, что для выращиваемого в прудах карпа является хорошим показателем.

У шарозерной же пшеницы максимальный аминокислотный скор в фазе середины восковой спелости составляет 1,18, превышая его содержание в «идеальном» корме, что нежелательно. Поэтому более приемлемым является использование для приготовления корма колосьев шарозерной пшеницы в фазе конца восковой спелости со значением сора 1,04, более близким к единице.

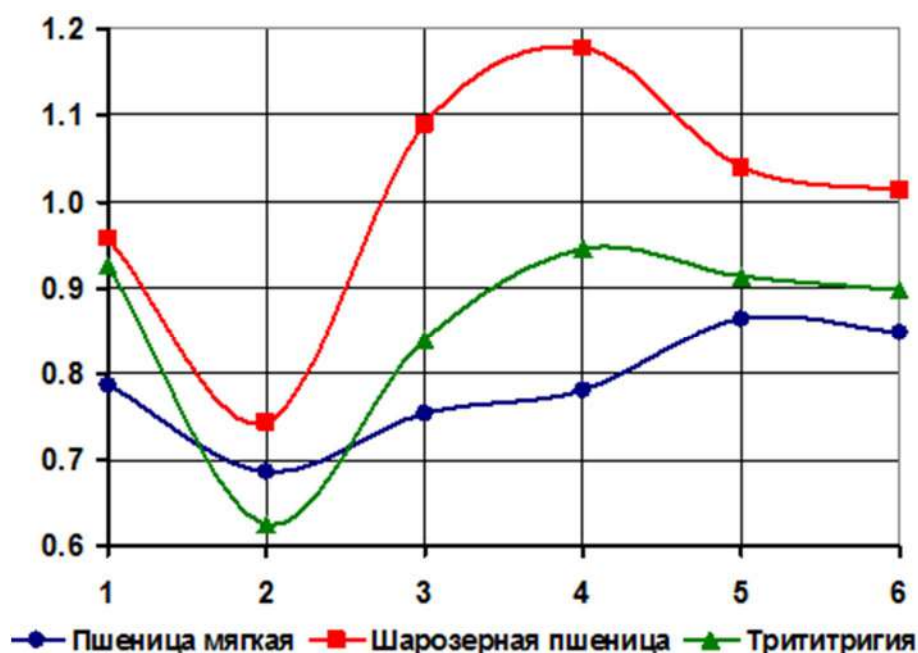


Рисунок 4 – Изменение аминокислотного сора по сумме незаменимых аминокислот в корме из колосьев зерновых культур в процессе созревания: 1-6 – фазы созревания зерна  
Figure 4 – Variation in amino acid score of the sum of essential amino acids in feed from ears of cereal crops in the process of ripening: 1-6 – grain ripening stages

В целом скор по сумме незаменимых аминокислот для колосьев шарозерной пшеницы и трититригии выше, чем для мягкой пшеницы.

В качестве примера в табл. приведено содержание отдельных незаменимых аминокислот для корма из колосьев шарозерной пшеницы разных фаз созревания.

Таблица – Содержание отдельных незаменимых аминокислот в корме из колосьев шарозерной пшеницы разных фаз созревания (% сухого вещества)

Table – Content of individual essential amino acids in feed from ears of Indian dwarf wheat of different ripening stages (% of dry matter)

| Аминокислота / Amino acid             | Фаза созревания зерна / Grain maturation phase |      |      |      |      |      | «Идеальный корм» / The Perfect Food |
|---------------------------------------|------------------------------------------------|------|------|------|------|------|-------------------------------------|
|                                       | №1                                             | №2   | №3   | №4   | №5   | №6   |                                     |
| Аргинин / Arginine                    | 0.71                                           | 0.55 | 0.66 | 0.58 | 0.57 | 0.56 | 1.90                                |
| Лизин / Lysine                        | 0.62                                           | 0.48 | 0.57 | 0.62 | 0.44 | 0.40 | 2.00                                |
| Фенилаланин / Phenylalanine           | 0.50                                           | 0.44 | 0.66 | 0.68 | 0.65 | 0.65 | 1.40                                |
| Гистидин / Histidine                  | 0.28                                           | 0.29 | 0.39 | 0.44 | 0.40 | 0.40 | 0.72                                |
| Лейцин+изолейцин / Leitsin+isoleitsin | 1.50                                           | 1.40 | 1.99 | 1.94 | 1.70 | 1.59 | 3.00                                |
| Метионин / Methionine                 | 0.43                                           | 0.24 | 0.33 | 0.34 | 0.26 | 0.23 | 0.70                                |
| Валин / Valine                        | 0.80                                           | 0.59 | 0.58 | 0.76 | 0.66 | 0.66 | 1.48                                |
| Треонин / Treonin                     | 0.91                                           | 0.68 | 1.15 | 1.40 | 0.81 | 0.79 | 1.20                                |
| Триптофан / Tryptophan                | 0.40                                           | 0.38 | 0.48 | 0.50 | 0.44 | 0.43 | 0.60                                |
| Сумма* / Sum*                         | 6.15                                           | 5.05 | 6.81 | 7.26 | 5.93 | 5.71 | 13.00                               |

\*(HCP<sub>05</sub>= 1,12) – достоверно / \*(HCP<sub>05</sub>= 1,12) – reliably

Из отдельных незаменимых аминокислот особое внимание при анализе было уделено лизину (HCP<sub>05</sub>=0,32 – достоверно), значительный недостаток которого характерен для зернового сырья (рисунок 5).

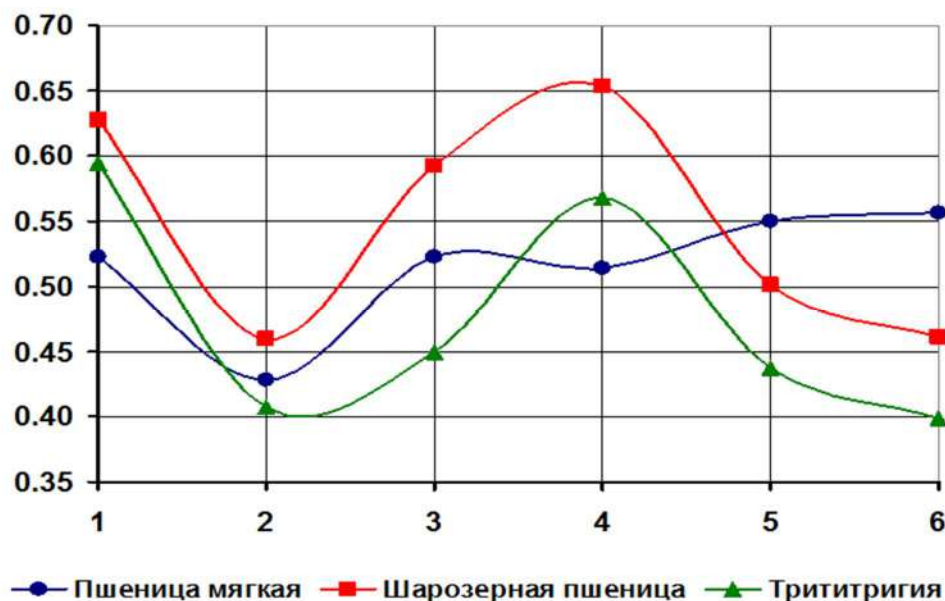


Рисунок 5 – Изменение аминокислотного сора по лизину в корме из колосьев зерновых культур в процессе созревания: 1-6 – фазы созревания зерна

Figure 5 – Variation of amino acid score of lysine in feed from ears of cereal crops in the process of ripening: 1-6 – grain ripening stages

Результаты анализа показали, что характер изменения аминокислотного сора для лизина в корме из колосьев такой же, как у сора для суммы незаменимых аминокислот и имеет максимумы и минимумы в те же фазы созревания. Для всех трех культур характерен значительный недостаток лизина (35-60%), превышающий недостаток остальных аминокислот, что делает лизин лимитирующей аминокислотой для корма из зернового вороха. При этом в фазе середины восковой спелости аминокислотный сора по лизину для корма из колосьев шарозерной пшеницы и трититригии выше, чем для мягкой пшеницы, тогда как



в фазу полной спелости – ниже. Наилучший показатель скорости имеет шарозерная пшеница в фазу середины восковой спелости – 0,65, тогда как для мягкой пшеницы наибольшее его значение – 0,56, а трититригии – 0,57.

Содержание остальных незаменимых аминокислот демонстрирует более высокое соответствие «идеальному» аминокислотному профилю корма, чем лизин. В частности, для метионина аминокислотный скор в фазу середины восковой спелости составляет: для мягкой пшеницы – 0,87, шарозерной – 1,03, трититригии – 1,06.

В целом колосья шарозерной пшеницы и трититригии имеют более высокое содержание отдельных аминокислот и их суммы, чем у мягкой пшеницы, и их аминокислотный скор более соответствует скору «идеального» белка в корме для карпа.

**Заключение.** Установлено, что зерно и незерновая часть колоса зерновых культур ранних фаз спелости имеют на 1-2% более высокое содержание протеина и незаменимых аминокислот, чем зерно полной спелости, хотя и уступают по этому показателю «идеальному» корму для рыб.

Наилучшим сроком уборки зерновых культур очесом для приготовления корма из их колосьев является фаза середины восковой спелости, так как в эту фазу они содержат максимальное количество протеина, в том числе незаменимых аминокислот, и минимальное количество клетчатки. В фазу середины восковой спелости колосья мягкой пшеницы содержат 14,86 % протеина и 5,03% незаменимых аминокислот, шарозерной пшеницы, соответственно, 14,23 и 7,26%, трититригии – 18,21 и 7,46%.

Шарозерная пшеница и трититригия имеют лучшее качество корма, приготовленного из их колосьев, чем озимая мягкая пшеница. Приготовленный из них корм имеет большее содержание протеина и незаменимых аминокислот и лучший аминокислотный профиль. Это позволяет использовать их в приготовлении кормов для рыб для повышения содержания белка. Но их недостатком является на 10-12% более высокое, чем у мягкой пшеницы, содержание клетчатки.

Результаты исследования позволяют сделать вывод, что неразделенный зерновой ворох (колосья), убранный очесом без обмолота в фазу середины восковой спелости, может стать средством повышения питательной ценности кормов для рыб, в частности карпа, за счет более высокого содержания переваримого протеина, в том числе незаменимых аминокислот.

**Conclusions.** It has been established that the grain and non-grain part of the ear of grain crops of the early phases of ripeness have a 1-2% higher content of protein and essential amino acids than the grain of full ripeness, although they are inferior to the "ideal" feed for fish in this indicator.

The best time to harvest cereal crops for the preparation of fodder from their ears is the mid-waxy ripeness phase, since in this phase they contain the maximum amount of protein, including essential amino acids, and the minimum amount of fiber. In the middle of waxy ripeness, ears of soft wheat contain 14.86% of protein and 5.03% of essential amino acids, 14.23% and 7.26% of spherical wheat, respectively, and 18.21% and 7.46% of trititrygia.

Spherical wheat and trititrygia have a better quality of feed prepared from their ears than winter soft wheat. The food made from them has a higher content of protein and essential amino acids and a better amino acid profile. This allows them to be used in the preparation of fish feed to increase the protein content. But their disadvantage is that they have a 10-12% higher fiber content than soft wheat.

The results of the study allow us to conclude that the undivided grain heap (ears), harvested by tow without threshing in the phase of mid-wax ripeness, can become a means of increasing the nutritional value of fish feed, in particular carp, due to a higher content of digestible protein, including essential amino acids.

#### Библиографический список

1. Громова С. Н., Скрипка О. В., Подгорный С. В., Самофалов А. П., Чернова В. Л. Экологическое испытание сортов и линий озимой мягкой пшеницы в условиях южной зоны Ростовской области. Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15. № 1. С. 17-22.
2. Жарёхина Т. В., Шаяхметова Л. Н., Гайнутдинова Э. Р., Аскарова А. А. Питательная ценность кормов растительного происхождения. Нива Татарстана. 2019. № 1-2. С. 61-64.
3. Желтов Ю. А., Дворецкий А. И., Микитюк В. В., Дерень О. В., Грех В. И. Способы нормирования кормления искусственными кормами при выращивании двухлетнего карпа до товарной массы в прудах. Рыбное хозяйство Украины. 2013. № 3. С. 32-39.
4. Иванова Л. П., Щуклина О. А., Ворончихина И. Н., Ворончихин В. В., Завгородний С. В., Энзекрей Е. С., Комкова А. Д., Упелник В. П. Перспективы использования новой сельскохозяйственной культуры трититригии (*Trititrigia cziczinii* Tsvelev) в кормопроизводстве. Кормопроизводство. 2020. № 10. С. 13-16.

5. Комарова Н. Лизин и другие аминокислоты под надежным контролем метода капиллярного электрофореза. Комбикорма. 2018. № 6. С. 72-73.
6. Кондратенко Е. П., Константинова О. Б., Соболева О. М., Ижмулкина Е. А., Вербицкая Н. В., Сухих А. С. Содержание белка и аминокислот в зерне озимых культур, произрастающих на территории лесостепи Юго-Востока Западной Сибири. Химия растительного сырья. 2015. № 3. С. 143-150.
7. Колмаков В. И., Колмакова А. А. Аминокислоты в перспективных кормах для аквакультуры рыб: обзор экспериментальных данных. Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2020. Т. 13. № 4. С. 424-442.
8. Рудой Д. В. Исследование питательной ценности зерна на разных стадиях спелости. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 190. С. 128-136.
9. Рудой Д. В., Пахомов В. И., Камбулов С. И., Ольшевская А. В., Золотов С. А., Мальцева Т. А. Применение метода очёса в технологии уборки многолетних зерновых колосовых культур ранних фаз спелости. Научный журнал КубГАУ. 2022. № 6. С. 214-224.
10. Рудой Д. В., Брагинцев С. В., Пахомов В. И., Бахчевников О. Н. Технология производства гранулированного корма из необмолоченного зернового вороха. Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 3. С. 48-52.
11. Серветник Г. Е., Лесина Т. Н. Контроль и совершенствование методов использования зерна и комбикормов в аквакультуре. Znanstvena Misel. 2020. № 39-1. С. 8-11.
12. Сухова О. В. Использование новых видов зерновых культур как важная задача современного аграрного сектора Нижегородской области (на примере зерна тритикале). Вестник НГИЭИ. 2012. № 2. С. 118-129.
13. Урсу Р. В., Гусева Ю. А., Пигина С. Ю., Васильев А. А., Воронцова Е. С. Количественный и качественный аминокислотный анализ альтернативных источников протеина в комбикормах. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4. С. 362-369.
14. Штенина Д. В. Значение кормов и их компонентов при выращивании рыбы. Вестник науки и образования. 2022. № 1-2. С. 31-33.
15. Alt D. S., Paul P. A., Lindsey A. J., Lindsey L. E. Early wheat harvest influenced grain quality and profit but not yield. Crop, Forage & Turfgrass Management. 2019. V. 5. № 1. Pp. 1-6.
16. Astanakov K. Wheat ripening dynamics in Uzbekistan for harvesting it in earlier periods. E3S Web of Conferences. 2021. V. 264. P. 04074.
17. Buryanov A., Chervyakov I. Using combines for cleaning grain crops by non-traditional technologies. IN-MATEH-Agricultural Engineering. 2019. V. 58. № 3. Pp. 27-32.
18. Denoroy L., Parrot S. Analysis of amino acids and related compounds by capillary electrophoresis. Separation & Purification Reviews. 2017. V. 46. № 2. Pp. 108-151.
19. Rudoy D., Egyan M., Kulikova N., Chigvintsev V. Review and analysis of technologies for harvesting perennial grain crops. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 937. P. 022112.
20. Szczepanek M., Lemańczyk G., Lamparski R., Wilczewski E., Graczyk R., Nowak R., Prus P. Ancient wheat species (*Triticum sphaerococcum* Perc. and *T. persicum* Vav.) in organic farming: Influence of sowing density on agronomic traits, pests and diseases occurrence, and weed infestation. Agriculture. 2020. V. 10. № 11. P. 556.

#### References

1. Gromova S. N., Skripka O. V., Podgorny S. V., Samofalov A. P., Chernova V. L. Environmental testing of winter bread wheat varieties and lines in the conditions of the southern part of the Rostov region. Grain Economy of Russia. 2023. Vol. 15. No 1. Pp. 17-22.
2. Zharyokhina T. V., Shayakhmetova L. N., Gainutdinova E. R., Askarova A. A. Nutritional value of fodder of plant origin. Niva of Tatarstan. 2019. No 1-2. Pp. 61-64.
3. Zheltov Y. A., Dvoretzky A. I., Mikityuk V. V., Deren O. V., Grech V. I. Methods of feeding rationing with artificial fodder when growing two-year-old carp to marketable weight in ponds. Fisheries of Ukraine. 2013. No 3. Pp. 32-39.
4. Ivanova L. P., Shchuklina O. A., Voronchikhina I. N., Voronchikhin V. V., Zavgorodniy S. V., Enzekrei E. S., Komkova A. D., Upelnik V. P. Prospects for the use of a new crop of tritrigia (*\*Tritrigia cziczinii* Tsvelev) in fodder production. Fodder Production. 2020. No 10. Pp. 13-16.
5. Komarova N. Lysine and other amino acids under reliable control of capillary electrophoresis method. Compound Feeds Magazine. 2018. No 6. Pp. 72-73.
6. Kondratenko E. P., Konstantinova O. B., Soboлева O. M., Izhmulkina E. A., Verbitskaya N. V., Sukhikh A. C. Protein and amino acid content in the grain of winter crops growing in the forest-steppe of the South-East of Western Siberia. Chemistry of Plant Raw Materials. 2015. No 3. Pp. 143-150.
7. Kolmakov V. I., Kolmakova A. A. Amino acids in promising feeds for fish aquaculture: a review of experimental data. Journal of Siberian Federal University. Biology. 2020. Vol. 13. No 4. Pp. 424-442.
8. Rudoy D. V. Study of the nutritional value of grain at different stages of ripeness. Polythematic Network Electronic Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2023. No 190. Pp. 128-136.
9. Rudoy D. V., Pakhomov V. I., Kambulov S. I., Olshevskaya A. V., Zolotov S. A., Maltseva T. A. Application of the scalding method in the technology of harvesting perennial grain ear crops of early ripeness phases. Scientific Journal of KubGAU. 2022. No 6. Pp. 214-224.
10. Rudoy D. V., Braginets S. V., Pakhomov V. I., Bakhchevnikov O. N. Technology of granulated feed production from an unpolished grain heap. Machinery and Technologies in Livestock. 2022. No 3. Pp. 48-52.
11. Servetnik G. E., Lesina T. N. Control and improvement of methods of grain and compound feed utilization in aquaculture. Znanstvena Misel. 2020. No 39-1. Pp. 8-11.
12. Sukhova O. V. The use of new types of grain crops as the most important task of the modern agrarian sector of Nizhny Novgorod region (on the example of triticale grain). Bulletin NGIEI. 2012. No 2. Pp. 118-129.
13. Ursu R. V., Guseva Yu. A., Pigina S. Yu., Vasiliev A. A., Vorontsova E. C. Quantitative and qualitative amino acid analysis of alternative protein sources in compound feeds. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex. 2022. No 4. P. 362-369.

14. Shtenina D. V. The importance of feeds and their components in fish farming. *Bulletin of Science and Education*. 2022. No 1-2. Pp. 31-33.
15. Alt D. S., Paul P. A., Lindsey A. J., Lindsey L. E. Early wheat harvest influenced grain quality and profit but not yield. *Crop, Forage & Turfgrass Management*. 2019. V. 5. № 1. Pp. 1-6.
16. Astanakov K. Wheat ripening dynamics in Uzbekistan for harvesting it in earlier periods. *E3S Web of Conferences*. 2021. V. 264. P. 04074.
17. Buryanov A., Chervyakov I. Using combines for cleaning grain crops by non-traditional technologies. *IN-MATEH-Agricultural Engineering*. 2019. V. 58. № 3. Pp. 27-32.
18. Denoroy L., Parrot S. Analysis of amino acids and related compounds by capillary electrophoresis. *Separation & Purification Reviews*. 2017. V. 46. № 2. Pp. 108-151.
19. Rudoy D., Egyan M., Kulikova N., Chigvintsev V. Review and analysis of technologies for harvesting perennial grain crops. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. V. 937. P. 022112.
20. Szczepanek M., Lemańczyk G., Lamparski R., Wilczewski E., Graczyk R., Nowak R., Prus P. Ancient wheat species (*Triticum sphaerococcum* Perc. and *T. persicum* Vav.) in organic farming: Influence of sowing density on agronomic traits, pests and diseases occurrence, and weed infestation. *Agriculture*. 2020. V. 10. № 11. P. 556.

## Информация об авторах

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

**Брагинет Сергей Валерьевич**, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник отдела переработки продукции растениеводства, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Российская Федерация, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, д. 14), доцент ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (Российская Федерация, 344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1), ORCID: 0000-0001-7137-5692, e-mail: sbraginet@mail.ru

**Кравченко Нина Станиславовна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Российская Федерация, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, д. 14), ORCID: 0000-0003-3388-1548, e-mail: ninakravchenko78@mail.ru

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

## Author's Information

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

**Braginets Sergey Valereyevich**, Doctor of Engineering Sciences, Leader Researcher of the Department Vegetable Feedstock Processing, Agricultural Scientific Centre Donskoy (Russian Federation, 347740, Rostov region, Zernograd, Lenin str., 14), Associate Professor Don State Technical University (Russian Federation, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), ORCID: 0000-0001-7137-5692, e-mail: sbraginet@mail.ru

**Kravchenko Nina Stanislavovna**, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Laboratory Biochemical Evaluation of Breeding Material and Grain Quality, Agricultural Scientific Centre Donskoy (Russian Federation, 347740, Rostov region, Zernograd, Lenin str., 14), ORCID: 0000-0003-3388-1548, e-mail: ninakravchenko78@mail.ru

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

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-29

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF NATURAL MEADOWS FOR BEEF CATTLE  
BREEDING IN THE KUSHCHEVSKY DISTRICT OF THE KRASNODAR REGION

Bedilo N. A., Yurin D. A., Osepchuk D. V., Skamarokhova A. S.

Krasnodar Scientific Centre for Animal Science and Veterinary Medicine  
Krasnodar, Russian Federation

Corresponding author E-mail: 4806144@mail.ru

Received 22.12.2023

Submitted 02.04.2024

*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 a study of the efficiency of using land for the development of beef cattle and sheep breeding in the Kushchevsky district of the Krasnodar region in 2022. The results of the studies showed that the studied grass stands in the Kushchevsky district of the Krasnodar region are rich in floristic composition and are capable of fully providing animals with all nutrients, as well as macro- and microelements. To ensure the highest profitability from meat cattle in the highly rugged terrain of the studied natural meadows, it is recommended to give preference to Hereford, Aberdeen Angus or Kazakh white-headed cattle breeds.

## Abstract

**Introduction.** To ensure feeding, walking, and increasing productivity, grazing of farm animals is necessary. To identify suitable areas for this, it is necessary to first conduct a survey of natural feeding grounds. Pasture grass is a complete feed in all respects, capable of satisfying the full needs of all farm animals. This is true for pastures with a diverse botanical composition. In this regard, it became necessary to analyze the current state of natural meadows in various climatic zones of the Kuban and develop recommendations for their improvement and possible load of beef cattle and sheep. **Object.** The object of research is the grass stand of natural meadows and pastures in the Kushchevsky district of the Krasnodar region. **Materials and methods.** The paper presents the results of a study of the efficiency of using land for the development of beef cattle and sheep breeding in the Krasnodar region. In the Kushchevsky district of the Krasnodar region in 2022, an analysis of climatic conditions was carried out as the main factor in the productivity of natural hayfields and pastures. The reserve of productive moisture in a meter layer of soil at the beginning of the active growing season in the Kushchevsky district (Northern zone) of the Krasnodar region was 150-165 mm. In the surveyed area of the Krasnodar region, taking into account the average temperature graphs, the duration of the grazing period equal to 200 days from April 15 to November 1 is justified. The accepted duration of the stall period is 165 days. An analysis of the species composition of the grass stand was carried out, and the yield and nutritional value of the studied areas were determined. **Results and conclusion.** Field observations showed that the studied grass stands in the Kushchevsky district of the Krasnodar region are rich in floristic composition and are capable of fully providing animals with all nutrients, as well as macro- and microelements. The species eaten in the studied areas make up 60.0-90.9%. In the Kushchevsky district, of the 12 surveyed sites, all but No. 1 and No. 9 are effective in terms of productivity for raising beef cattle and sheep. Natural pastures can be effectively used with calculated indicators taking into account the grass yield in 3 cuttings of up to 2 hectares per 1 conventional head of cattle. In the surveyed area, one conventional head in the summer period (lasting 200 days) requires 2,130 EFU, in the winter (lasting 165 days) – 1,594 EFU, a total of 3,724 EFU for the year. To ensure the highest profitability from meat cattle in the highly rugged terrain of the studied natural meadows, it is recommended to give preference to Hereford, Aberdeen Angus or Kazakh white-headed cattle breeds.

**Keywords:** grazing of livestock, cattle feeding, grass stands, grass yield, green mass of grasses.

**Citation.** Bedilo N. A., Yurin D. A., Osepchuk D. V., Skamarokhova A. S. Analysis of the current state of natural meadows for beef cattle breeding in the Kushchevsky district of the Krasnodar region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 240-248 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-29.

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

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

УДК 633.2.032

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЛУГОВ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ МЯСНОГО СКОТОВОДСТВА В КУЩЕВСКОМ РАЙОНЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Бедило Н. А., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник  
Юрин Д. А., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник  
Осепчук Д. В., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник  
Скамарохова А. С., аспирант, научный сотрудник

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.** Для обеспечения кормления, выгула, повышения продуктивности необходим выпас сельскохозяйственных животных. Для выявления подходящих для этого территорий нужно предварительно проводить обследование естественных кормовых угодий. Пастбищная трава – полноценный во всех отношениях корм, способный удовлетворить полную потребность всех сельскохозяйственных животных. Это справедливо для пастбищ с разнообразным ботаническим составом. В связи с этим стало необходимым проанализировать современное состояние естественных лугов в различных климатических зонах Кубани и разработать рекомендации по их улучшению и возможной нагрузке мясным скотом и овцами. **Объект.** Объектом исследований является травостой естественных лугов и пастбищ в Кушевском районе Краснодарского края. **Материалы и методы.** В статье представлены результаты изучения эффективности использования земельных угодий для развития мясного скотоводства и овцеводства в Краснодарском крае. В Кушевском районе Краснодарского края в 2022 году был проведен анализ климатических условий как основного фактора продуктивности естественных сенокосов и пастбищ. Запас продуктивной влаги в метровом слое почвы на начало активной вегетации в Кушевском районе (Северная зона) Краснодарского края составил – 150-165 мм. В обследованном районе Краснодарского края с уче-



том графиков средней температуры оправдана продолжительность пастбищного периода равная 200 дням с 15 апреля по 1 ноября. Принята продолжительность стойлового периода 165 дней. Был проведен анализ видового состава травостоя, установлена урожайность и питательность исследуемых участков. **Результаты и выводы.** Полевые наблюдения показали, что исследуемые травостои в Кушевском районе Краснодарского края богаты по флористическому составу и способны в полной мере обеспечить животных всеми питательными веществами, а также макро-и микроэлементами. Поедаемые виды на исследованных участках составляют 60,0-90,9%. В Кушевском районе из обследованных 12 участков по урожайности эффективно для разведения мясного скота и овец подходят все, кроме № 1 и № 9. Естественные пастбища можно эффективно использовать при расчетных показателях с учетом урожайности трав по 3 укосам до 2 га на 1 условную голову. В обследованном районе на одну условную голову в летний период (продолжительностью 200 дней) требуется 2130 ЭКЕ, в зимний период (продолжительностью 165 дней) – 1594 ЭКЕ, всего за год 3 724 ЭКЕ.

**Ключевые слова:** пастбищное содержание скота, кормление скота, травостои, урожайность трав, зеленая масса трав.

**Цитирование.** Бедило Н. А., Юрин Д. А., Осепчук Д. В., Скамарохова А. С. Анализ современного состояния естественных лугов для ведения мясного скотоводства в Кушевском районе Краснодарского края. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 240-248. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-29.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Пастбища являются одной из наиболее широко распространенных наземных экосистем и имеют много экосистемных функций. При наличии высокопродуктивных пастбищ в летнее время можно эффективно организовать выращивание скота на мясо с последующим интенсивным стойловым откормом. Известно, что на естественных высокопродуктивных пастбищах можно получать весьма удовлетворительные приросты живой массы растущего и нагульного молодняка даже без скармливания концентрированных кормов. Однако в период отъема телят-сосунков, а также ремонтным телкам за 1-2 месяца до случки следует давать концентраты [1-3].

Телята в возрасте 6 месяцев и старше способны давать высокие приросты живой массы на одном только травяном рационе. Поэтому в целях выращивания или дорастивания (нагула) молодняка для последующего интенсивного откорма на мясо следует максимально использовать пастбища.

Активное движение животных выполняет множество функций: усиливает кровоснабжение, улучшает обмен веществ и усвояемость кальция, активизирует целый ряд ферментативных систем [4-6].

Естественные травостои в настоящее время используются мясным скотом экстенсивно, то есть достаточное обеспечение животных кормом достигается не за счет высокой урожайности пастбищ, а за счет их больших площадей. Однако по мере увеличения поголовья продуктивность естественных пастбищ уже не будет покрывать потребностей в корме. Более того, в результате перегрузки животными продуктивность пастбищ станет прогрессивно падать из-за пастбищных сбоев травостоя. Поэтому необходимо начинать работу по окультуриванию естественных лугов, которое, прежде всего, предполагает расчистку от кустарника [7-9].

С точки зрения качества корма оптимальное участие злаков в общем естественном травостое находится в пределах 65-70%. Среди них по качеству корма и устойчивости в составе наших исследуемых травостоев лучшими считаются овсяница луговая, мятлик луговой, пырей ползучий.

Бобовые травы играют важную роль в создании травостоя пастбищ. Их удельный вес в составе сложного травостоя в идеале должен составлять 15-25%. Бобовые травы для травоядных животных являются основным поставщиком протеина, минеральных веществ, каротина и незаменимых аминокислот.

Управление пастбищами должно максимизировать продуктивность пастбищ при минимизации деградации окружающей среды. Улучшение функционального разнообразия растительного сообщества за счет надлежащего управления пастбищами способствует устойчивости и восстановлению трав [10-12].

Потребление травы и продуктивность животных, в расчете на животное и на гектар, можно увеличить, применяя стратегию управления выпасом, ориентированную на предоставление животным оптимальных структур травостоя для достижения высокой нормы потребления травостоя. Потребление скотом сухого вещества с пастбища зависит от массы травостоя, времени доступа к пастбищу и нормы выпаса травы. Таким образом, на практике стратегия высокой нормы потребления трав может быть реализована за счет умеренной интенсивности и высокой частоты выпаса [13, 14].

Целью проведения исследований было изучение эффективности использования земельных угодий для развития мясного скотоводства и овцеводства в районах Краснодарского края.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

Дан обзор состояния естественных травостоев.

Проведен анализ видового состава травостоя; определены урожайность и питательность травы; установлен выход сена, абсолютно-сухого корма и сбор питательных веществ с 1 га угодий за 3 цикла пастбищного сезона 2022 года; показано наличие поедаемых видов трав на каждом отдельном участке.

Определена продолжительность пастбищного и стойлового периодов, которые сложились при погодных условиях 2022 года.

**Материалы и методы.** В Кушевском районе Краснодарского края в 2022 году был проведен анализ климатических условий как основного фактора продуктивности естественных сенокосов и пастбищ.

Основные климатические показатели изучаемых участков естественных сенокосов и пастбищ в Кушевском районе Северной зоны Краснодарского края представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные климатические показатели изучаемых участков естественных сенокосов и пастбищ в Кушевском районе Северной зоны Краснодарского края, ср/Σ  
Table 1 – Main climatic indicators of the studied areas of natural hayfields and pastures in the Kushchevsky district of the Northern zone of the Krasnodar Territory, avg/Σ

| Параметры климата / Climate parameters               | Апрель / April | Май / May | Июнь / June | Июль / July | Август / August | Сентябрь / September | За вегетационный период / For the growing season |
|------------------------------------------------------|----------------|-----------|-------------|-------------|-----------------|----------------------|--------------------------------------------------|
| Температура воздуха, °C / Air temperature, °C        | 14,3           | 18,0      | 21,6        | 23,6        | 23,7            | 24,1                 | 20,9                                             |
| Количество осадков, мм / Amount of precipitation, mm | 58,0           | 101,0     | 122,0       | 121,0       | 39,0            | 22,0                 | 463,0                                            |

В Краснодарском крае с учетом графиков средней температуры оправдана продолжительность пастбищного периода равная 200 дням с 15 апреля по 1 ноября. Принята продолжительность стойлового периода 165 дней.

Был проведен анализ видового состава травостоя, установлена урожайность и питательность исследуемых участков.

**Результаты и обсуждение.** В Кушевском районе Краснодарского края было обследовано 12 участков.

Участок 1. Вблизи с. Раздольное Кушевского района.

Направление использования: сенокос, пастбище. Количество растений (шт./м<sup>2</sup>): ежа сборная – 2, овсяница луговая – 8, пырей ползучий – 7, кострец безостый – 5, овсяница тростниковидная – 3, тысячелистник обыкновенный – 5, клевер луговой – 4. Поедаемые виды составляют 82,8%.

Участок 2. С/п Шкуринская Кушевского района. Сенокос, пастбище. Овсяница луговая – 4, ежа сборная – 6, пырей ползучий – 4, кострец безостый – 3, тысячелистник обыкновенный – 5. Поедаемые виды составляют 70,6%.

Участок 3. Вблизи поселка Комсомольский Кушевского района. Сенокос, пастбище. Пустырник обыкновенный – 2, овсяница луговая – 3, ежа сборная – 3, пырей ползучий – 5, кострец безостый – 3, тысячелистник обыкновенный – 2. Поедаемые виды составляют 71,4%.

Участок 4. Поселок Комсомольский Куцевского района. Сенокос, пастбище. Бодяк полевой – 2, овсяница луговая – 4, ежа сборная – 3, пырей ползучий – 4, кострец безостый – 3, тысячелистник обыкновенный – 3. Поедаемые виды составляют 64,3%.

Участок 5. Вблизи поселка Комсомольский Куцевского района. Сенокос, пастбище. Мелколепестник канадский – 2, овсяница луговая – 6, ежа сборная – 3, пырей ползучий – 7, кострец безостый – 3, тысячелистник обыкновенный – 2. Поедаемые виды составляют 79,0%.

Участок 6. Вблизи поселка Комсомольский Куцевского района. Сенокос, пастбище. Лядвенец рогатый – 3, овсяница луговая – 5, ежа сборная – 3, пырей ползучий – 6, кострец безостый – 2, тысячелистник обыкновенный – 3. Поедаемые виды составляют 84,2%.

Участок 7. Поселок Комсомольский Куцевского района. Сенокос, пастбище. Щавель конский – 1, пырей ползучий – 8, пупавка полевая – 2, кострец безостый – 3, люцерна синяя – 1. Поедаемые виды составляют 75,0%.

Участок 8. Вблизи поселка Комсомольский Куцевского района. Сенокос, пастбище. Подмаренник цепкий – 3, овсяница луговая – 4, ежа сборная – 3, пырей ползучий – 6, кострец безостый – 2, тысячелистник обыкновенный – 3. Поедаемые виды составляют 60,0%.

Участок 9. Хутор Знамя Коммунизма Куцевского района. Сенокос, пастбище. Овсяница луговая – 5, ежа сборная – 4, пырей ползучий – 6, подмаренник цепкий – 1, осот полевой розовый – 2, кострец безостый – 3, тысячелистник обыкновенный – 2. Поедаемые виды составляют 72,3%.

Участок 10. Вблизи хутора Знамя Коммунизма Куцевского района. Подмаренник цепкий – 4, овсяница луговая – 7, ежа сборная – 2, пырей ползучий – 8, кострец безостый – 3, тысячелистник обыкновенный – 2. Поедаемые виды составляют 70,0%.

Участок 11. Станица Кисляковская Куцевского района. Сенокос, пастбище. Овсяница луговая – 4, пырей ползучий – 3, подмаренник цепкий – 1, ежа сборная – 4, кострец безостый – 3, тысячелистник обыкновенный – 1. Поедаемые виды составляют 85,7%.

Участок 12. Поселок Нардегин Куцевского района. Сенокос, пастбище. Овсяница луговая – 7, ежа сборная – 4, пырей ползучий – 8, подмаренник цепкий – 2, кострец безостый – 3. Поедаемые виды составляют 90,9%.

Поедаемые виды на исследованных участках составляют 60,0-90,9%.

Урожайность обследованных естественных участков сенокосов и пастбищ Куцевского района приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Урожайность обследованных естественных участков за три укоса, ц/га  
Table 2 – Productivity of surveyed natural areas for three cuttings, c/ha

| Номер участка / Parcel Number | Зеленая масса / Green Mass |      |      |       | Воздушно-сухая масса / Air-dry mass |      |      |       | Абсолютно сухая масса / Absolutely dry weight |      |      |       | % выхода сена / % of hay yield |      |      |
|-------------------------------|----------------------------|------|------|-------|-------------------------------------|------|------|-------|-----------------------------------------------|------|------|-------|--------------------------------|------|------|
|                               | I                          | II   | III  | сумма | I                                   | II   | III  | сумма | I                                             | II   | III  | сумма | I                              | II   | III  |
| 1                             | 27,2                       | 26,1 | 21,8 | 75,1  | 7,3                                 | 7,4  | 6,4  | 21,1  | 6,2                                           | 6,5  | 5,7  | 18,4  | 26,8                           | 28,3 | 29,4 |
| 2                             | 38,6                       | 36,4 | 32,2 | 107,2 | 10,4                                | 17,1 | 9,0  | 36,7  | 8,8                                           | 14,9 | 8,1  | 31,8  | 26,9                           | 46,9 | 28,0 |
| 3                             | 43,2                       | 40,2 | 36,3 | 119,7 | 12,0                                | 11,3 | 9,7  | 33,0  | 10,1                                          | 10,0 | 8,7  | 28,8  | 27,8                           | 28,1 | 26,7 |
| 4                             | 37,2                       | 34,3 | 28,3 | 99,8  | 9,8                                 | 9,4  | 7,8  | 27,0  | 8,3                                           | 8,2  | 7,0  | 23,5  | 26,3                           | 27,4 | 27,6 |
| 5                             | 40,1                       | 37,3 | 29,4 | 106,8 | 10,6                                | 10,3 | 7,9  | 28,8  | 8,9                                           | 8,6  | 7,1  | 24,6  | 26,4                           | 27,6 | 26,9 |
| 6                             | 38,4                       | 35,2 | 31,8 | 105,4 | 10,7                                | 9,7  | 8,4  | 28,8  | 9,0                                           | 8,5  | 7,5  | 25,0  | 27,9                           | 27,6 | 26,4 |
| 7                             | 41,2                       | 37,2 | 30,2 | 108,6 | 11,1                                | 10,4 | 8,2  | 29,7  | 9,4                                           | 9,1  | 7,4  | 25,9  | 26,9                           | 28,0 | 27,2 |
| 8                             | 37,4                       | 34,8 | 29,3 | 101,5 | 9,7                                 | 9,2  | 7,7  | 26,6  | 8,2                                           | 8,0  | 6,9  | 23,1  | 25,9                           | 26,4 | 26,3 |
| 9                             | 26,4                       | 24,3 | 20,4 | 71,1  | 7,3                                 | 6,3  | 5,6  | 19,2  | 6,2                                           | 5,5  | 5,0  | 16,7  | 27,7                           | 26,0 | 27,4 |
| 10                            | 63,6                       | 60,7 | 45,3 | 169,6 | 17,7                                | 16,8 | 12,6 | 47,1  | 14,9                                          | 14,7 | 11,3 | 40,9  | 27,8                           | 27,7 | 27,8 |
| 11                            | 35,0                       | 34,0 | 28,0 | 97,0  | 9,4                                 | 9,8  | 7,7  | 26,9  | 7,9                                           | 8,6  | 6,9  | 23,4  | 26,9                           | 28,8 | 27,5 |
| 12                            | 46,2                       | 42,1 | 34,0 | 122,3 | 12,4                                | 11,4 | 9,2  | 33,0  | 10,5                                          | 10,0 | 8,3  | 28,8  | 26,8                           | 27,1 | 27,1 |

Показатели сбора питательных элементов травостоя на обследованных участках Куцевского района приведены в таблице 3.

На обследованных участках лугов Куцевского района был сделан расчет количества гектар на одну условную голову.

Необходимая площадь природных естественных пастбищ рассчитывалась исходя из их урожайности (Основные правила организации и проведения пастбищного периода содержания крупного рогатого скота) (таблица 4).

Таблица 3 – Сбор питательных веществ за три укоса, ц/га

Table 3 – Collection of nutrients for three cuttings, c/ha

| Номер участка / Parcel Number | Абсолютно сухая масса / Absolutely dry weight | Показатель / Index                                     |                               |                               |                       |            |                   |                     |                                 |
|-------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------|-------------------|---------------------|---------------------------------|
|                               |                                               | общая энергет. питат. ЭКЕ / Total Energy. nourish. ECE | сырой протеин / Crude Protein | сырая клетчатка / crude fibre | сырой жир / crude fat | Зола / Ash | Кальций / calcium | фосфор / phosphorus | каротин, кг/га / carotin, kg/ha |
| 1                             | 18,4                                          | 1,83                                                   | 0,96                          | 7,9                           | 0,69                  | 1,30       | 0,07              | 0,02                | 0,083                           |
| 2                             | 31,8                                          | 1,71                                                   | 2,18                          | 13,5                          | 1,56                  | 2,82       | 0,15              | 0,04                | 0,082                           |
| 3                             | 28,8                                          | 1,74                                                   | 3,13                          | 12,8                          | 1,07                  | 2,07       | 0,12              | 0,03                | 0,100                           |
| 4                             | 23,5                                          | 1,83                                                   | 1,20                          | 10,0                          | 1,15                  | 1,89       | 0,07              | 0,03                | 0,061                           |
| 5                             | 24,6                                          | 1,75                                                   | 1,70                          | 10,5                          | 0,92                  | 1,90       | 0,11              | 0,03                | 0,086                           |
| 6                             | 25,0                                          | 1,76                                                   | 1,74                          | 11,0                          | 1,23                  | 1,98       | 0,11              | 0,03                | 0,100                           |
| 7                             | 25,9                                          | 1,76                                                   | 1,73                          | 11,3                          | 1,16                  | 2,00       | 0,11              | 0,03                | 0,330                           |
| 8                             | 23,1                                          | 1,77                                                   | 1,59                          | 9,8                           | 1,13                  | 1,84       | 0,11              | 0,03                | 0,060                           |
| 9                             | 16,7                                          | 1,76                                                   | 1,15                          | 7,5                           | 0,75                  | 1,30       | 0,07              | 0,02                | 0,060                           |
| 10                            | 40,9                                          | 1,76                                                   | 2,80                          | 17,7                          | 2,01                  | 3,25       | 0,19              | 0,05                | 0,157                           |
| 11                            | 23,4                                          | 1,77                                                   | 2,46                          | 9,8                           | 1,05                  | 1,80       | 0,10              | 0,03                | 0,082                           |
| 12                            | 28,8                                          | 1,76                                                   | 1,96                          | 12,4                          | 1,27                  | 2,58       | 0,13              | 0,04                | 0,075                           |

Таблица 4 – Требуемое количество гектар пастбищ на 1 условную голову. Кушчевский район

Table 4 – Required number of hectares of pastures per 1 conventional head. Kushchevsky district

| № участка / № plot | Гектар на одну условную голову / A hectare per conventional head |
|--------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1                  | 2,27                                                             |
| 2                  | 1,31                                                             |
| 3                  | 1,45                                                             |
| 4                  | 1,77                                                             |
| 5                  | 1,70                                                             |
| 6                  | 1,67                                                             |
| 7                  | 1,61                                                             |
| 8                  | 1,81                                                             |
| 9                  | 2,50                                                             |
| 10                 | 1,02                                                             |
| 11                 | 1,78                                                             |
| 12                 | 1,45                                                             |

Естественные пастбища возможно эффективно использовать при расчетных показателях с учетом урожайности трав по 3 укосам до 2 га на 1 условную голову крупного рогатого скота. Следовательно, в Кушчевском районе по урожайности эффективно под разведение мясного скота и овец подходят все участки, кроме №1 и № 9.

В исследуемом районе на одну условную голову в летний период (продолжительностью 200 дней) требуется 2130 ЭКЕ, в зимний период (продолжительностью 165 дней) – 1594 ЭКЕ, всего за год 3 724 ЭКЕ.

Перспективными для разведения и содержания породами мясного скота в условиях низкогорий являются герефордская, абердин-ангусская и казахская белоголовая, как наиболее продуктивные при пастыбе по пересеченной местности.

К каждому исследованному участку требуется индивидуальный подход в соответствии с отличиями по ботаническому составу, произрастающей травяной растительности необходимо поверхностное либо в некоторых случаях даже коренное улучшение путем подсева более питательных злаковых и недостаточно встречающихся на данных территориях либо выпавших со временем из травостоя бобовых трав. Требуется подбор засухоустойчивых сортов трав, т.к. с каждым годом климатические условия Краснодарского края становятся более засушливыми с критически недостаточным количеством выпадающих осадков и ранее районированные и используемые сорта уже не восполняют потребности животноводства в полной мере.



В 2022 году в период развития растений естественные травостой получили достаточное количество влаги за счет своевременных осадков, особенно в летний период, что способствовало накоплению достаточного количества вегетативной массы. Видовой состав исследуемых участков травостоев в основном представлен злаками, промежуточное участие характерно для разнотравья, а бобовые занимают в травостое самую меньшую часть. Количество поедаемых видов колеблется от 31,2 до 100,0%. В представленном списке растений-участников пастбищных травостоев, выделены виды самой высокой, хорошей, средней и низкой питательности. Представлен также список и характеристика растений из пряно-вкусового и балластного разнотравья, а также ядовитых видов.

Вследствие того, что в настоящее время пастбищные угодия в крае эксплуатируются с помощью бессистемного «вольного» выпаса, приводится современная практика высокоэффективного ведения этой отрасли животноводства, которая обеспечивает животных кормом не только в летнее, но и в зимнее время. Одновременно раскрываются важные детали интенсивного пастбищного содержания как мясного крупного рогатого скота, так и овец, которые опробованы и освоены в странах с давними традициями мясного животноводства, где основная часть капиталовложений направляется не на строительство дорогостоящих капитальных сооружений, а на поддержание высокой продуктивности пастбищ.

Анализ данных химического состава корма показал, что потребность животных в основных питательных веществах за пастбищный период удовлетворялась полностью. Исключение составил фосфор, которого содержалось в корме на 0,13-0,25% меньше нормы и его потребность удовлетворялась на 50-67,5%, что вынуждает давать животным соответствующие минеральные подкормки.

С этой точки зрения рассмотрены и все остальные макро-и микроэлементы, определяющие здоровье животных.

Многолетний опыт показывает, что в условиях Кубани засушливая и знойная погода в июле – сентябре приводит к существенному недостатку зеленых кормов и к потере продуктивности животных. Поэтому в дополнение к пастбищам необходимо организовать зеленый конвейер со страховыми посевами однолетних кормовых культур.

Способом повышения продуктивности пастбищ является правильное их использование: системный загонный выпас, оптимальная нагрузка животными, подкашивание нестравленных остатков травы, выдерживание высоты стравливания не менее 5 см. За счет этого регулярно соблюдаемого комплекса мероприятий к 5-му году прибавка продуктивности пастбища при 5-ти циклах выпаса составляет 10,3 ц/га сухой массы.

Второй способ – переменное (повторяющееся через 1 год) сенокосно-пастбищное использование лугов.

Третий способ – применение заблаговременного раннего подтравливания травостоя или его скашивания в фазу прорывания в стебле зачатка колоса. Это мероприятие стимулирует кущение трав, что предоставляет животным только молодую траву, повышающую приросты живой массы.

На исследованных участках Куцёвского района Краснодарского края уровень рентабельности овцеводства может составить 17%.

Уровень рентабельности выращивания крупного рогатого скота мясного направления достигает в обследованном районе 28%.

В наших исследованиях было установлено, что в изученных районах края для мясного скота более эффективны бобово-злаковые пастбища.

Злаковые травы имеют наибольшее значение среди растений, произрастающих в травостое пастбищ. Их многолетняя упругая дернина выдерживает значительное давление копыт животных, предотвращает чрезмерное уплотнение почвы.

**Заключение.** Полевые наблюдения показали, что исследуемые травостой в Куцёвском районе Краснодарского края богаты по флористическому составу и способны в полной мере обеспечить животных всеми питательными веществами, а также макро-и микроэлементами.

Поедаемые виды на исследованных участках составляют 60,0-90,9%.

В Куцёвском районе из обследованных 12 участков по урожайности эффективно для разведения мясного скота и овец подходят все, кроме №1 и №9. Естественные пастбища можно эффективно использовать при расчетных показателях с учетом урожайности трав по 3 укосам до 2 га на 1 условную голову крупного рогатого скота.

В обследованном районе на одну условную голову в летний период (продолжительностью 200 дней) требуется 2130 ЭКЕ, в зимний период (продолжительностью 165 дней) – 1594 ЭКЕ, всего за год 3 724 ЭКЕ.

Для обеспечения наибольшей доходности от животных мясного направления в условиях сильно пересеченной местности исследованных естественных лугов рекомендуется отдавать предпочтение герефордской, абердин-ангусской или казахской белоголовой породам крупного рогатого скота.

**Conclusions.** Field observations showed that the studied grass stands in the Kushchevsky district of the Krasnodar Territory are rich in floristic composition and are capable of fully providing animals with all nutrients, as well as macro- and microelements.

The species eaten in the studied areas make up 60.0-90.9%. In the Kushchevsky district, of the 12 surveyed sites, all but No. 1 and No. 9 are effective in terms of productivity for raising beef cattle and sheep.

Natural pastures can be effectively used with calculated indicators taking into account the grass yield in 3 cuttings of up to 2 hectares per 1 conventional head of cattle. In the surveyed area, one conventional head in the summer period (lasting 200 days) requires 2,130 EFU, in the winter (lasting 165 days) – 1,594 EFU, a total of 3,724 EFU for the year.

To ensure the highest profitability from meat cattle in the highly rugged terrain of the studied natural meadows, it is recommended to give preference to Hereford, Aberdeen Angus or Kazakh white-headed cattle breeds.

#### Библиографический список

1. Скамарохова А. С., Бедило Н. А., Юрина Н. А., Кравченко Р. В. Урожайность вико-пшеничных травосмесей в центральной зоне Краснодарского края. *Аграрная Россия*. 2021. № 11. С. 12-14.
2. Shi C., Li Y., Li F. Y., et al. Light grazing intensity enhances ecosystem services in semi-arid grasslands through plant trait associations. *Journal of Environmental Management*. 2023. V. 348. P. 119375.
3. Fan F., Liang C., Tang Y. et al. Effects and relationships of grazing intensity on multiple ecosystem services in the Inner Mongolian steppe. *Science of the Total Environment*. 2019. V. 675. Pp. 642-650.
4. 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.
5. Faucon M., Houben D., Lambers H. Plant Functional Traits: Soil and Ecosystem Services. *Trends in Plant Science*. 2017. V. 22 (5). Pp. 385-394.
6. 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.
7. 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.
8. Li M., Li X., Liu S. Ecosystem services under different grazing intensities in typical grasslands in Inner Mongolia and their relationships. *Global Ecology and Conservation*. 2021. Vol. 26. P. e01526.
9. Wang C., Li X., Lu X. et al. Intraspecific trait variation governs grazing-induced shifts in plant community above- and below-ground functional trait composition. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2023. V. 346. P. 108357.
10. Tongrui Zhang, Frank Yonghong Li, Chunjun Shi, et al. Enhancement of nutrient resorption efficiency increases plant production and helps maintain soil nutrients under summer grazing in a semi-arid steppe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2020. V. 292. P. 106840.
11. Austrheim G., Speed J. D. M., Evju M. Synergies and trade-offs between ecosystem services in an alpine ecosystem grazed by sheep – An experimental approach. *Basic and Applied Ecology*. 2016. V. 17 (7). Pp. 596-608.
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. Gareli S., Mendoza A., Savian J. V. Effects of grazing management and concentrate supplementation on intake and milk production of dairy cows grazing orchardgrass. *Animal Feed Science and Technology*. 2023. V. 301. P. 115668.
14. Méndez M. N., Chilibruste P., Aguerre M. Pasture dry matter intake per cow in intensive dairy production systems: effects of grazing and feeding management. *Animal*. 2020. V. 14 (4). Pp. 846-853.

#### References

1. Skamarokhova A. S., Bedilo N. A., Yurina N. A., Kravchenko R. V. Yield of vetch-wheat grass mixtures in the central zone of the Krasnodar region. *Agrarian Russia*. 2021. № 11. Pp. 12-14.
2. Shi C., Li Y., Li F. Y., et al. Light grazing intensity enhances ecosystem services in semi-arid grasslands through plant trait associations. *Journal of Environmental Management*. 2023. V. 348. P. 119375.
3. Fan F., Liang C., Tang Y. et al. Effects and relationships of grazing intensity on multiple ecosystem services in the Inner Mongolian steppe. *Science of the Total Environment*. 2019. V. 675. Pp. 642-650.
4. 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.
5. Faucon M., Houben D., Lambers H. Plant Functional Traits: Soil and Ecosystem Services. *Trends in Plant Science*. 2017. V. 22 (5). Pp. 385-394.
6. 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.

7. 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.
8. Li M., Li X., Liu S. Ecosystem services under different grazing intensities in typical grasslands in Inner Mongolia and their relationships. *Global Ecology and Conservation*. 2021. Vol. 26. P. e01526.
9. Wang C., Li X., Lu X. et al. Intraspecific trait variation governs grazing-induced shifts in plant community above- and below-ground functional trait composition. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2023. V. 346. P. 108357.
10. Tongrui Zhang, Frank Yonghong Li, Chunjun Shi, et al. Enhancement of nutrient resorption efficiency increases plant production and helps maintain soil nutrients under summer grazing in a semi-arid steppe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2020. V. 292. P. 106840.
11. Austrheim G., Speed J. D. M., Evju M. Synergies and trade-offs between ecosystem services in an alpine ecosystem grazed by sheep – An experimental approach. *Basic and Applied Ecology*. 2016. V. 17 (7). Pp. 596-608.
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. Gareli S., Mendoza A., Savian J. V. Effects of grazing management and concentrate supplementation on intake and milk production of dairy cows grazing orchardgrass. *Animal Feed Science and Technology*. 2023. V. 301. P. 115668.
14. Méndez M. N., Chilibruste P., Aguerre M. Pasture dry matter intake per cow in intensive dairy production systems: effects of grazing and feeding management. *Animal*. 2020. V. 14 (4). Pp. 846-853.

#### Информация об авторах

**Бедило Наталья Александровна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории полевого кормопроизводства, ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (Российская Федерация, 350055, г. Краснодар, пос. Знаменский, ул. Первомайская, д. 4), e-mail: 4806144@mail.ru

**Юрин Денис Анатольевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела технологии животноводства, ФГБНУ «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

**Осепчук Денис Васильевич**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела технологии животноводства, ФГБНУ «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

**Скамарохова Александра Сергеевна**, аспирант, научный сотрудник отдела кормления и физиологии сельскохозяйственных животных. ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (Российская Федерация, 350055, г. Краснодар, пос. Знаменский, ул. Первомайская, д. 4), ORCID: 0000-0001-6821-429X, e-mail: 4806144@mail.ru

#### Author's Information

**Bedilo Natalia Aleksandrovna**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Field Fodder Production, Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine (Russian Federation, 350055, Krasnodar, Znamensky settlement, Pervomayskaya str., 4), e-mail: 4806144@mail.ru

**Yurin Denis Anatolyevich**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher at the Department of Livestock Technology, Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine (Russian Federation, 350055, Krasnodar, Znamensky settlement, Pervomayskaya str., 4), ORCID: 0000-0003-1517-4858, e-mail: 4806144@mail.ru

**Osepchuk Denis Vasilyevich**, Doctor of Agricultural Sciences, leading researcher at the Department of Livestock Technology, Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine (Russian Federation, 350055, Krasnodar, Znamensky settlement, Pervomayskaya str., 4), ORCID: 0000-0003-4327-205X, e-mail: 4806144@mail.ru

**Skamarokhova Aleksandra Sergeevna**, PhD student, Researcher at the Department of Feeding and Physiology of Farm Animals, Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine (Russian Federation, 350055, Krasnodar, Znamensky settlement, Pervomayskaya str., 4), ORCID: 0000-0001-6821-429X, e-mail: 4806144@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-30

## DYNAMICS OF DIVERSITY OF THE BACTERIAL COMMUNITY OF COWS' UTERUS CONTENTS IN BACTERIAL INFECTIONS

**Firsov G. M., Ryadnov A. A., Ryadnova T. A., Morozova Z. Ch., Budtuev O. V.**

*Volgograd State Agrarian University"*  
*Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: firsovgm@yandex.ru

Received 27.12.2023

Submitted 09.02.2024

**Research was carried out at LLC "SP Donskoe" in 2023 to monitor the dynamics of changes in the quantitative and quantitative composition of bacterial communities in the uterine contents of cows with bacterial infections in the postpartum period. A detailed study of diseases associated with the reproductive system of cows and the dynamics of changes in the characteristics of the bacterial community of the uterine contents in cows during bacterial infections**

#### Summary

The article shows the dynamics of intrauterine microflora in cattle with varying degrees of disease severity, calving cows were grouped according to the nature of the vaginal secretion, and a comparative analysis of the microbial communities of the uterine contents during bacterial infections was carried out. The results of these studies will help open up opportunities for the development of new and improved treatment and prevention strategies.

## Abstract

**Introduction.** In the first weeks after birth, almost all calving animals test positive for uterine bacterial contamination, but not all animals develop clinical signs of postpartum disease. The purpose of the study is to monitor the dynamics of changes in the quantitative and qualitative composition of bacterial communities in the uterine contents of cows with bacterial infections in the postpartum period. **Object.** 22 cows 2-3 calving's, Holstein-Friesian breed. 10,563 isolates were isolated from 132 studies of uterine contents in cows with bacterial infections. **Materials and methods.** Samples of the uterine contents were taken 12 hours after calving (day 1), as well as on days 3, 9, 15, 21 and 28 after birth. Intrauterine samples were collected using cytobrushes. Identification of bacterial isolates was carried out according to methods accepted in laboratory practice. **Results and conclusions.** According to the results of 22 cows during six days of sampling of cow uterine contents, 132 samples were obtained, and the total number of isolates grown in aerobic culture conditions amounted to 7440, they are represented by 202 species and 76 genera of bacteria. Four weeks after calving, the number of non-pathogenic (opportunistic) isolates decreased 1.49 times from 196 (68.06%) to 132 (45.83%). At the same time, the number of pathogenic isolates isolated decreased significantly, from 82 (28.47%) to 18 (6.25%) by 4.56 times. Data from analysis of variance: P-value 0.33, F critical 5.19, Omega square 0.16, homogeneity of variance criteria: Hartley Fmax 4.00, P-value 0.98, Cochran C 0.50, P-value 0.58.

**Keywords:** postpartum diseases of cows, uterus of cows, samples of uterine contents, microflora of the uterus of cows.

**Citation.** Firsov G. M., Ryadnov A. A., Ryadnova T. A., Morozova Z. Ch., Budtuev O. V. Dynamics of diversity of the bacterial community of cows' uterus contents in bacterial infections. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 248-257 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-30.

**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 619:618+619:616.9

**ДИНАМИКА РАЗНООБРАЗИЯ БАКТЕРИАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА  
СОДЕРЖИМОГО МАТКИ У КОРОВ ПРИ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ИНФЕКЦИЯХ**

**Фирсов Г. М.,** кандидат ветеринарных наук, доцент  
**Ряднов А. А.,** доктор биологических наук, профессор  
**Ряднова Т. А.,** кандидат биологических наук, доцент  
**Морозова З. Ч.,** кандидат биологических наук, доцент  
**Будтуев О. В.,** кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Исследования проведены в ООО «СП «Донское» в 2023 году для мониторинга за динамикой изменений количественного и качественного состава бактериальных сообществ содержимого матки у коров при бактериальных инфекциях в послеродовой период. Подробное изучение связанных с заболеваниями репродуктивной системы коров и динамики изменений характеристик бактериального сообщества содержимого матки у коров при бактериальных инфекциях**

**Актуальность.** В первые недели после родов почти всех отелившихся животных обнаруживается положительный результат тестов на бактериальную обсеменённость матки, но не у всех животных развиваются клинические признаки послеродовых заболеваний. **Цель исследования** – наблюдение за динамикой изменений количественного и качественного состава бактериальных сообществ содержимого матки у коров при бактериальных инфекциях в послеродовой период. **Объект.** 22 коровы 2-3 отела, голштино-фризской породы. Выделено 10563 изолята в 132 исследованиях содержимого матки у коров при бактериальных инфекциях. **Материал и методы.** Пробы содержимого матки отбирали через 12 ч после отела (1-е сутки), а также на 3, 7, 14, 21 и 28-е сутки после родов. Внутриматочные образцы были взяты с помощью цитощёток. Идентификация бактериальных изолятов проводилась по методикам, принятым в лабораторной практике. **Результаты и выводы.** По результатам исследований 22 коров в течение шести дней отбора проб содержимого матки коров было получено 132 пробы, при этом общее количество выращенных в аэробных условиях культивирования изолятов составило 7440, они представлены 202 видами и 76 родами бактерий. Через четыре недели после отёла количество непатогенных (условно-патогенных) изолятов уменьшилось в 1,49 раз со 196 (68,06%) до 132 (45,83%). При этом значительно снизилось количество выделенных патогенных изолятов, с 82 (28,47%) до 18 (6,25%) – в 4,56 раз. Данные дисперсионного анализа: Р-значение 0,33, F критическое 5,19, Омега квадрат 0,16, критерии однородности дисперсий: Hartley Fmax 4,00, Р-значение 0,98, Cochran C 0,50, Р-значение 0,58.



**Ключевые слова:** послеродовые болезни коров, матка коров, пробы содержимого матки, микрофлора матки коров.

**Цитирование.** Фирсов Г. М., Ряднов А. А., Ряднова Т. А., Морозова З. Ч., Будтуев О. В. Динамика разнообразия бактериального сообщества содержимого матки у коров при бактериальных инфекциях. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 248-257. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-30.

**Авторский вклад.** Все авторы, указанные в настоящей статье, принимали непосредственное участие в проведении исследований и обработке полученных данных. Все авторы ознакомлены с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Заболевание матки у коров в послеродовом периоде снижает репродуктивную способность молочных коров, увеличивает затраты на поддержание здоровья молочного стада, снижает потребление кормов и приводит к уменьшению объема производимого молока [1-10].

Кроме того, нужно учитывать, что некоторые терапевтические процедуры загрязняют молоко и отрицательно влияют на его потребительское качество. Возникновение послеродовых заболеваний вынуждает производителей молока выбраковывать коров, которые в случае отсутствия заболеваний были бы продуктивными, что значительно увеличивает общие затраты на производство [1-10].

Предполагается, что матка стерильна до родов, но быстро инфицируется широким спектром бактерий через открытый канал шейки матки в процессе или сразу после завершения процесса родов. В первые недели после родов почти всех отелившихся животных обнаруживается положительный результат тестов на бактериальную обсеменённость матки, но не у всех животных развиваются клинические признаки послеродовых заболеваний. Таким образом, следует различать неспецифическое заражение и инфекцию матки [2].

Тяжесть заболевания и специфические симптомы клинической картины воспаления матки классифицируются в зависимости от воспалительного процесса и качества вагинальных выделений и по умолчанию диагностируются на 21-26-й день после отёла [2].

Проведение мониторинга наличия или отсутствия количественных и качественных изменений со стороны микрофлоры маточной жидкости до проявления специфических клинических признаков заболевания определяет дальнейшие решения не только для оценки клинических данных, но и для разработки оптимальных методов терапии и профилактики [1-10].

Защитные механизмы, всегда присутствующие в организме животного, очень эффективно борются с большинством бактериальных контаминантов, но эффективность этой борьбы зависит от состояния иммунного статуса коровы и от микробной нагрузки и степени патогенности бактерий. *Escherichia coli*, *Trueperella pyogenes*, *Fusobacterium necrophorum* и *Prevotella* spp. – это хорошо известные микроорганизмы, инициирующие заболевания матки у коров. Представители рода бацилл, стрептококков, энтерококков и коагулазонегативных стафилококков представляют собой виды особенно часто выделяемых бактерий из содержимого матки коров и рассматриваются как потенциальные патогены или оппортунистические загрязнители [2, 4].

**Целью** данного исследования было наблюдение за динамикой изменений количественного и качественного состава бактериальных сообществ содержимого матки у коров при бактериальных инфекциях в послеродовой период.

Для того чтобы интерпретировать полученные клинические данные результатов исследования по распространению метритов среди дойных коров с целью дальнейшей разработки и внедрения комплексной стратегии терапии и профилактики, возникла необходимость тщательно понять динамику взаимодействия бактериальных сообществ маточной жидкости при бактериальных инфекциях у коров.

**Материал и методы.** Нами были отобраны пробы внутриматочного содержимого у 22 коров 2-3 отёла, голштино-фризской породы, принадлежащих ООО «СП «Донское» Калачёвского района в 2023 году. Коровы содержались беспривязно, со стойлами с соломенной подстилкой. Средний удой составил 8279 кг за лактацию. Рацион состоял из травяного и кукурузного силоса, сена и был дополнен минеральными веществами.

Коров выявляли в охоте, осеменяли искусственно, и они готовились к самостоятельному отёлу в групповом родильном загоне с соломенной подстилкой.

Перед каждой процедурой отбора проб измеряли ректальную температуру и проводили короткое общеклиническое обследование. Коровы с показателями ректальной температуры  $>39,5^{\circ}\text{C}$ , зловонными красно-коричневыми водянистыми выделениями из матки и системными признаками заболевания были классифицированы как больные метритом.

Пробы содержимого матки отбирали через 12 ч после отела (1-е сутки), а также на 3, 7, 14, 21 и 28-е сутки после родов. Внутриматочные образцы были взяты в соответствии с методикой, ранее описанной Kasimanickam R. et al. 2005. [11]. В нашем варианте цитощётка была прикреплена к металлическому стержню из нержавеющей стали длиной 65 см. Перед взятием пробы матки вульву каждой коровы очищали одноразовым бумажным полотенцем и дезинфицировали 70% этанолом. Пробоотборник был защищен одноразовым пластиковым катетером и пластиковой втулкой для предотвращения загрязнения во время отбора проб. Внутри полости матки пластиковый рукав втягивали, а кисть продвигали вперед и прокатывали по стенке матки. В полости матки пластиковая втулка была втянута, кисть выдвинута вперед и прокатывалась по стенке матки для отбора проб. Затем кисть была вставлена в катетер и устройство было удалено из половых путей. Сразу после отбора проб головку цитощётки отрезали и переносили в стерильный фосфатный буфер в пробирки в комнате за пределами помещения для животных.

В течение 1 часа материал, полученный с цитощетки, помещали в чашки Петри с Колумбийским агаром с кровью барана (изучение гемолитических свойств) и агаром Мак-Конки (изучение энтеробактерий) (всё от BioMedia, СПб.) и в последствии инкубировали в термостате при  $37^{\circ}\text{C}$  в течение 48 часов. Стерильный шпатель из нержавеющей стали Дригальского использовали для подготовки бактериальных культур к последующему анализу. Идентификация бактериальных изолятов проводилась по методикам, принятым в лабораторной практике [12, 13].

Чтобы всесторонне понять динамику внутриутробной микрофлоры у крупного рогатого скота с различной степенью тяжести заболевания, отелившиеся коровы были сгруппированы в соответствии с характером вагинального секрета и был проведен сравнительный анализ микробных сообществ содержимого матки при бактериальных инфекциях.

Характер влагалищных выделений классифицировался путем внешней оценки по четырёхбалльной шкале, предложенной Williams et al. [14]. Выделения оценивались оценкой в 0 баллов, если выделялось небольшое количество прозрачной или полупрозрачной слизи, оценкой в 1 балл, если выделялась слизь, содержащая вкрапления белого или почти белого гноя, оценкой в 2 балла, если выделялось до 50 мл экссудата, содержащего до половины белого или почти белого слизисто-гнойного материала и оценкой в 3 балла, если выделялось более 50 мл экссудата, содержащего более половины гноя, но иногда кровянистого материала, обычно белого или желтого цвета.

Для поведения статистической обработки материала использовано программное обеспечение StatPlus LE (AnalystSoft Inc.).

**Результаты и обсуждение.** По результатам исследований 22 коров в течение шести дней отбора проб содержимого матки коров было получено 132 пробы, при этом общее количество выращенных в аэробных условиях культивирования изолятов составило 7440, они представлены 202 видами и 76 родами бактерий.

На рисунках 1 и 2 показаны 12 наиболее часто выявляемых рода с распространенностью более 0,5%. Преобладающими микроорганизмами были бактерии рода *Staphylococcus* ( $n=224$ , 11,93%), за которыми следовали *Trueperella* spp. ( $n=22$ , 11,77%) и *Escherichia* spp. ( $n = 220$ , 11,71%).

*Escherichia* spp. и *Trueperella* spp. отличаются по своим свойствам от *Staphylococcus* spp., который представлен двадцатью пятью видами микроорганизмов, среди них наиболее известны по степени распространения виды *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus haemolyticus* и *Staphylococcus xylosus*. Примерно половина *Bacillus* spp. изоляты принадлежали к виду *Bacillus pumilus* и к виду *B. licheniformis*. *Streptococcus uberis* был самым многочисленным видом рода *Streptococcus*. Под *Corynebacterium* состоял из двадцати пяти различных видов, включая *Corynebacterium camporealmis* и *Corynebacterium glutamicum*. Таким образом, на видовом уровне в аэробной культивируемой микрофлоре матки доминировали *T. pyogenes* (13,2%) и *E. coli* (11,2%), за ними следовали *S. xylosus* (5,4%), *B. pumilus* (5,2%) и *S. uberis* (4,9%).

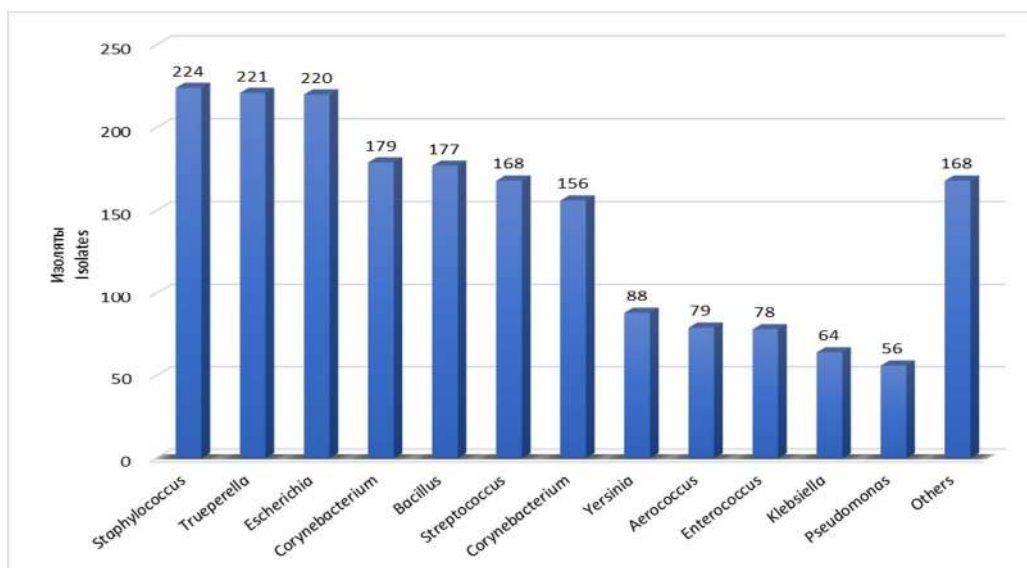


Рисунок 1 – Микробиом послеродовой матки крупного рогатого скота  
Figure 1 – Microbiome community of the postpartum uterus of cattle

Виды *Streptococcus*, *Yersinia*, *Corynebacterium* и *Aerococcus* демонстрировали аналогичную динамику и чаще всего выявлялись в день отела у 8,95%, 8,31%, 4,69%, 4,21% положительных животных соответственно (рисунок 2). Процент положительных коров постоянно снижался до 28-го дня.

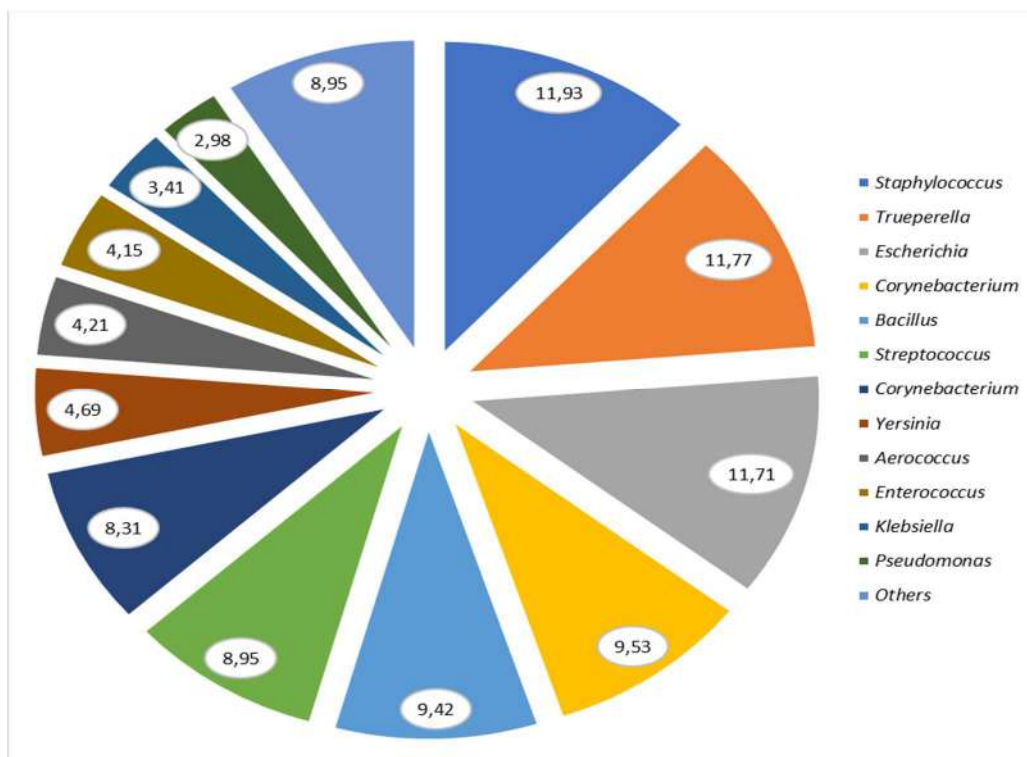


Рисунок 2 – Процентная доля основных микробов, обнаруженных в матке  
Figure 2 – Percentage of major microbes found in the uterus

Относительная численность бактерий, выделенных от 22 коров в течение четырех недель после отела ( $n=7440$ ), показана на уровне рода. Роды с распространенностью выше 0,5% (12 из 76) представлены на рис. 1 и 2 индивидуально, а роды с распространенностью менее 0,5% (64 из 76) объединены и обозначены как «Others».

Напротив, *E. coli* и *T. pyogenes* чаще наблюдались позже в послеродовом периоде. В день отела *E. coli* и *T. pyogenes* присутствовали у 18,0% и 2,5% животных. Ассоциации между другими видами бактерий обнаруживались редко. Сопоставимые результаты показывали Sheldon, I.M. (2020), Лощинин С.О. и др. (2022), Molinari, P. C. C. (2022), Silva J. C. C. et al. и Figueiredo C. C. et al. (2023) [2, 4, 6, 9-10]. Например, у животных с наличием *Bacillus* spp. на 1 и 21 день чаще развиваются инфекции *T. pyogenes* на 28 день ( $P < 0,01$  и  $P < 0,05$ ), а также наблюдалась одна обратная зависимость между встречаемостью *E. coli* и *T. pyogenes* на 21 день ( $P < 0,01$ ).

Аналогичные результаты были получены для *Corynebacterium* spp. и *Staphylococcus* spp. с самыми высокими значениями ( $P < 0,0001$ ) в одни и те же дни отбора проб.

Одновременное обнаружение *Bacillus* spp. и *Staphylococcus* spp. чаще наблюдался у коров с оценкой 0 баллов (14,8%), чем у животных с оценкой 3 (6,82%,  $P < 0,05$ ). Эти данные согласуются с исследованиями, проведёнными Miranda-CasoLuengo R. et al. в 2019 году [14].

Во всех группах с течением времени произошли заметные изменения в микробных сообществах, особенно отраженные в динамике доминирующих родов. В нулевой день относительное количество родов было распределено более равномерно по сравнению с другими днями отбора проб. За исключением коров с оценкой 0, наблюдалась четкая тенденция к снижению микробного разнообразия за период отбора проб. Так, на 28-й день бактерии родов *Trichococcus*, *Enterococcus* и *Microbacterium* выявлялись только у коров с оценкой 0.

Например, роды бактерий *Streptococcus* и *Corynebacter* были представлены по двадцати пяти различными видами каждый. *S. uberis*, основной возбудитель мастита крупного рогатого скота, оказался наиболее распространенным представителем рода *Streptococcus* и, что интересно, более половины *Bacillus* spp. изоляты принадлежали к виду *B. pumilus* и 23% принадлежали к виду *B. licheniformis*. *B. licheniformis*, что считается условно-патогенным возбудителем заболеваний матки.

Эти данные согласуются с исследованиями, проведёнными Племяшовым К. В. и др., в 2022 году [4].

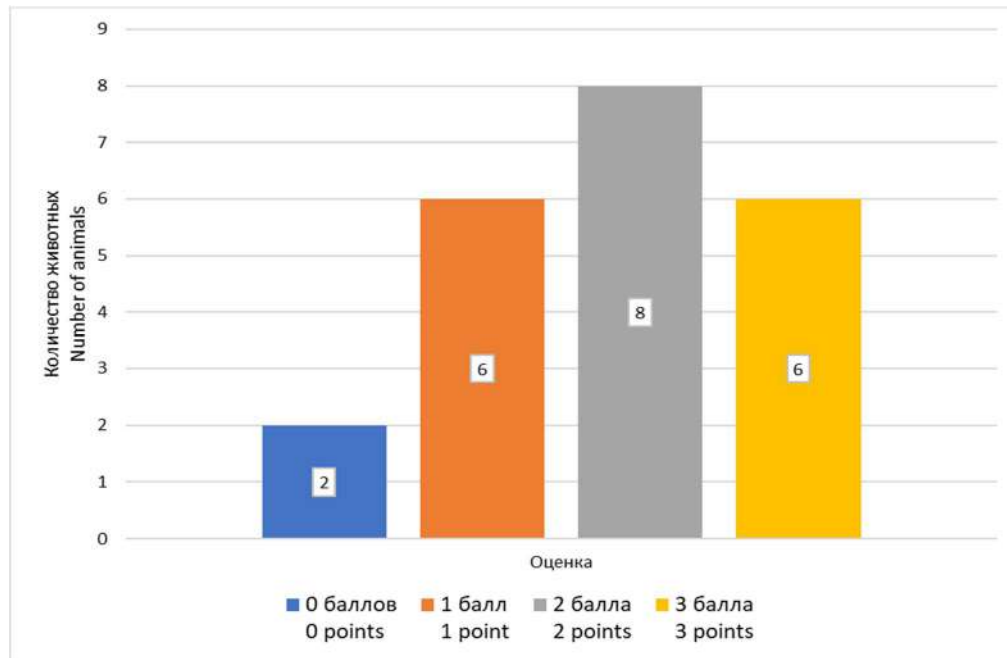


Рисунок 3 – Оценка характера влагалищных выделений по четырёхбалльной шкале (количество при n=22)

Figure 3 – Assessment of the nature of vaginal discharge on a four-point scale (number at n=22)

Начиная с 7-го дня во внутриутробном бактериальном сообществе всех групп оценки характера влагалищных выделений преобладали преимущественно *T. pyogenes*, *E. coli* и виды стафилококков. Две последние бактерии показали во всех группах оценки характера влагалищных выделений (рисунок 3) схожую картину прогрессирования, тогда



как *Bacillus* spp. показал иную динамику в группе оценки характера влагалищных выделений 3 (рисунок 3), чем во всех других группах оценки характера влагалищных выделений. Относительная численность изолятов *T. pyogenes* была выше у коров в группах оценки характера влагалищных выделений 3 (рисунок 3) по сравнению с группой оценки характера влагалищных выделений 0 и группой оценки характера влагалищных выделений 1 во все дни отбора проб, кроме 1-го дня.

Присутствие *T. pyogenes* на 14 и 21 день значительно повышало риск показателей оценки характера влагалищных выделений в 2 балла и 3 балла на 21 день, тогда как стафилококки на 7-й день снижали вероятность показателей оценки характера влагалищных выделений в 3 балла ( $P < 0,05$ ).

У животных с ранними инфекциями *Bacillus* spp. инфекции (1, 3 и 7 дни) *Corynebacterium* spp. с большей вероятностью выявлялись на 7-й день.

Это исследование показывает, что внутриутробные бактериальные инфекции представляют собой высокодинамичные процессы и что виды бактерий следуют определенным закономерностям прогрессирования, что требует дальнейших исследований для расшифровки их потенциальной роли в развитии заболеваний матки. Наши результаты аналогичны результатам, полученным Wagener, K. et al. в 2021 году [15], только на 15-й и 21 дни.

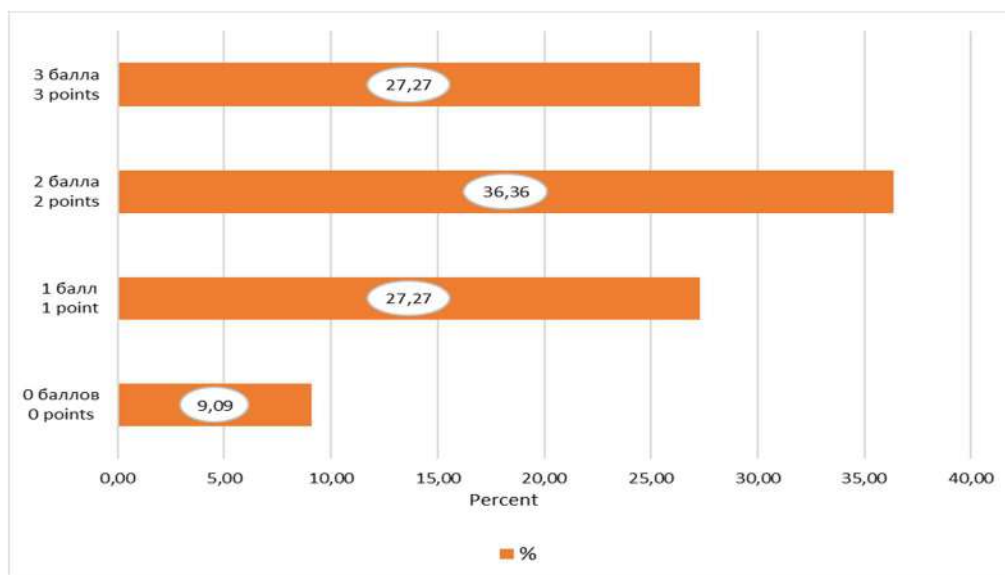


Рисунок 4 – Процентная доля влагалищных выделений по четырёхбалльной шкале (количество при n=22)

Figure 4 – Percentage of vaginal discharge on a four-point scale (number at n=22)

На рисунке 4 отмечаются низкие процентные показатели оценки характера влагалищных выделений 0 (9,09%), средние процентные показатели оценки характера влагалищных выделений 1 и 3 по 27,27% соответственно и самые высокие процентные показатели оценки характера влагалищных выделений 2 (36,36%).

Сравнительный анализ маточных бактерий от коров с различными показателями выделений из влагалища выявил временную микробную диверсификацию, специфичную для данного состояния здоровья.

Значительные эффекты были обнаружены только для *T. pyogenes* и *Staphylococcus* spp. инфекции. *T. pyogenes* на 14-й день увеличивал риск развития оценки характера влагалищных выделений в 1 балл ( $P < 0,05$ ) и оценки характера влагалищных выделений в 2 балла ( $P < 0,05$ ) и присутствие *T. pyogenes* на 21-й день было связано с повышенной вероятностью оценки характера влагалищных выделений в 2 балла ( $P < 0,05$ ) и оценки характера влагалищных выделений в 3 балла ( $P < 0,01$ ). Напротив, *Streptococcus* spp. в 1-й день снизился риск оценки характера влагалищных выделений в 3 балла ( $P < 0,05$ ).

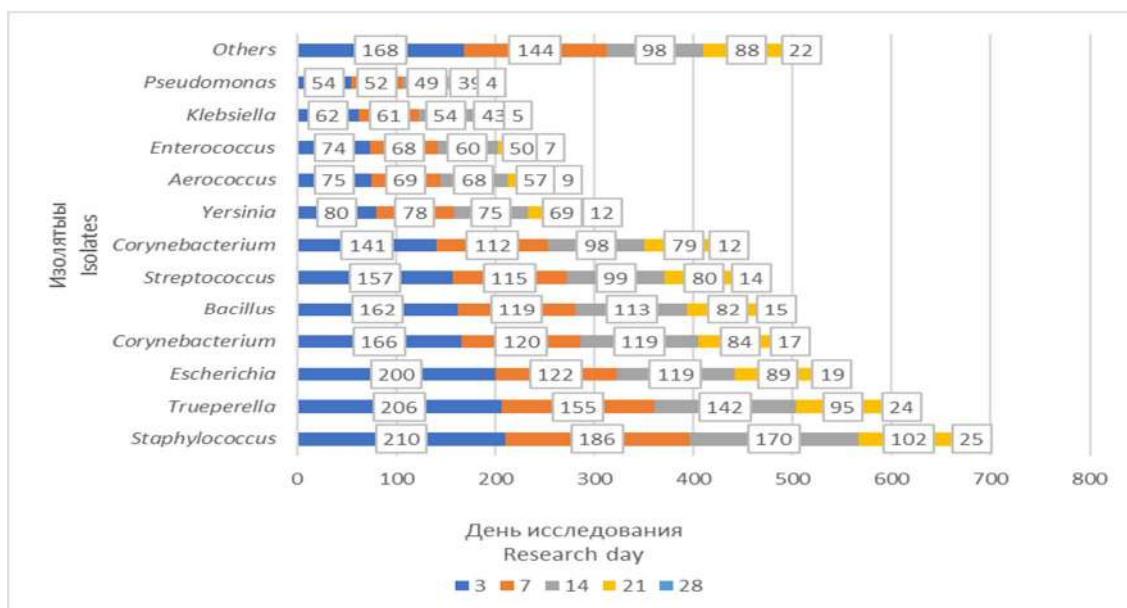


Рисунок 5 – Динамика изменения количественного состава основных микробов, обнаруженных в матке  
Figure 5 – Dynamics of changes in the quantitative composition of the main microbes found in the uterus

Наблюдение за динамикой изменения количественного состава основных микробов, обнаруженных в матке, (рис. 1 и 5), явно показывает снижение количественного состава основных 12 микробов и группы с распространенностью менее 0,5% «Others» с 1878 до 185 изолятов на 91,15% ( $P < 0,05$ ) с 1-го по 28-й день исследования. При этом наблюдается снижение числа выделяемых бактерий рода *Staphylococcus* с 224 до 25 изолятов на 88,94% ( $P < 0,05$ ). Также наблюдается снижение числа выделяемых бактерий рода *Trueperella* с 221 до 24 изолятов на 89,15% ( $P < 0,05$ ). Аналогично наблюдается снижение числа выделяемых бактерий рода *Escherichia* с 220 до 19 изолятов на 91,27% ( $P < 0,01$ ). Подобное наблюдается в снижении числа выделяемых бактерий рода *Corynebacterium* с 179 до 17 изолятов на 90,51% ( $P < 0,05$ ). Соответственно наблюдается снижение числа выделяемых бактерий рода *Bacillus* с 177 до 15 изолятов на 91,53% ( $P < 0,01$ ). Так же наблюдается снижение числа выделяемых бактерий рода *Streptococcus* с 168 до 14 изолятов на 91,67% ( $P < 0,01$ ). Аналогично наблюдается снижение числа выделяемых бактерий рода *Corynebacterium* с 156 до 12 изолятов на 92,16% ( $P < 0,01$ ). Меньшее явление наблюдается со стороны бактерий рода *Yersinia* в снижении числа выделяемых изолятов с 88 до 12 на 86,27% ( $P < 0,05$ ). При этом наблюдается снижение числа выделяемых бактерий рода *Aerococcus* с 79 до 9 изолятов на 88,61% ( $P < 0,05$ ). К тому же наблюдается снижение числа выделяемых бактерий рода *Enterococcus* с 78 до 7 изолятов на 91,03% ( $P < 0,01$ ). Так же наблюдается снижение числа выделяемых бактерий рода *Klebsiella* с 64 до 5 изолятов на 92,19% ( $P < 0,01$ ). Соответственно наблюдается снижение числа выделяемых бактерий рода *Pseudomonas* с 56 до 4 изолятов, что соответствует снижению на 92,86% ( $P < 0,01$ ). Картина группы с распространенностью менее 0,5% «Others» такая: наблюдается снижение числа выделяемых с 168 до 22 изолятов на 86,91%.

Таким образом, динамика послеродовой внутриутробной микрофлоры, выделенной от 22 коров, имеет тенденцию к своему снижению в пределах от 92,86% ( $P < 0,01$ ) для рода *Pseudomonas* до на 86,27% ( $P < 0,05$ ) для рода *Yersinia*.

**Заключение.** Преобладающими микроорганизмами были бактерии рода *Staphylococcus*, *Trueperella* spp. и *Escherichia* spp., при этом виды *Streptococcus*, *Yersinia*, *Corynebacterium* и *Aerococcus* тоже демонстрировали аналогичную динамику. Внутриутробные бактериальные инфекции представляют собой высокодинамичные процессы, а виды бактерий следуют определенным закономерностям прогрессирования.

Подробное изучение связанных с заболеваниями репродуктивной системы коров и динамики изменений характеристик бактериального сообщества содержимого матки у коров при бактериальных инфекциях, а также понимание синергических и антагонистических бактериальных взаимодействий могут открыть новые возможности для разработки улучшенных стратегий терапии и про-

филактики. Новые терапевтические стратегии, разрабатываемые на базе исследований характера влагалищных выделений и микробиома послеродовой матки крупного рогатого скота, помогут предотвратить дальнейшее появление клинической симптоматики заболеваний репродуктивного тракта у коров и повреждение тканей при возникновении бактериальных инфекций у коров.

**Conclusions.** A detailed study of disease-related bovine reproductive system diseases and the dynamics of changes in the bacterial community characteristics of the uterine contents of cows during bacterial infections, as well as an understanding of synergistic and antagonistic bacterial interactions, may open up new opportunities for the development of improved treatment and prevention strategies.

New therapeutic strategies, being developed based on studies of the nature of vaginal discharge and the microbiome of the postpartum uterus of cattle will help prevent the further occurrence of clinical symptoms of diseases of the reproductive tract in cows and tissue damage when bacterial infections occur in cows.

#### Библиографический список

1. Фирсов Г. М., Ряднов А. А., Акимова С. А. и др. Внутриутробные инфекции у крупного рогатого скота Волгоградской области. *Аграрная Россия*. 2023. № 1. С. 40-43.
2. Sheldon I. M., Molinari P. C., Ormsby T. J., Bromfield J. J. Preventing postpartum uterine disease in dairy cattle depends on avoiding, tolerating and resisting pathogenic bacteria. *Theriogenology*. 2020. N. 150. Pp. 158-165.
3. Лощинин С. О., Фирсов Г. М., Филатова А. В., Ахмадов В. Т. Роль патологии родов в механизме развития метрита инфекционной этиологии у коров и снижения санитарного качества молока. *Научная жизнь*. 2022. Т. 17. № 1 (121). С. 114-125.
4. Племяшов К. В., Авдеенко В. С., Никитин Г. С., Лощинин С. О. Клиника, морфология и эхография острого послеродового метрита у коров на высокотехнологичном молочном предприятии. *Генетика и разведение животных*. 2022. № 4. С. 124-131.
5. Кузьмич Р. Г., Ивашкевич О. П., Федоренко В. В. Морфометрические показатели матки коров в норме и с патологией послеродового периода. *Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»*. 2022. Т. 58. Вып. 4. С. 57-62.
6. Molinari P. C. C., Dahl G. E., Sheldon I. M., Bromfield J. J. Effect of calving season on metritis incidence and bacterial content of the vagina in dairy cows. *Theriogenology*. 2022. V. 191. Pp. 67-76.
7. Pascottini O. B., et al. Dynamics of uterine microbiota in postpartum dairy cows with clinical or subclinical endometritis. *Scientific reports*. 2020. V. 10. N 1. Pp. 12353.
8. Amin Y. A., Abdelaziz S. G., Said A. H. Treatment of postpartum endometritis induced by multidrug-resistant bacterial infection in dairy cattle by green synthesized zinc oxide nanoparticles and in vivo evaluation of its broad spectrum antimicrobial activity in cow uteri. *Research in Veterinary Science*. 2023. V. 165. Pp. 105074.
9. Silva J. C. C., et al. Testing the Induction of Metritis in Healthy Postpartum Primiparous Cows Challenged with a Cocktail of Bacteria. *Animals*. 2023. V. 13. № 18. Pp. 28-52.
10. Figueiredo C. C., et al. Differences in uterine and serum metabolome associated with metritis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2023. V. 106. № 5. Pp. 3525-3536.
11. Kasimanickam R. K., et al. Cyclicity, estrus expression and pregnancy rates in beef heifers with different reproductive tract scores following progesterone supplementation. *Theriogenology*. 2020. V. 145. Pp. 39-47.
12. Haider A., Ikram M., Rafiq A. Introduction to Veterinary Bacteriology. *Green Nanomaterials as Potential Antimicrobials*. Cham: Springer International Publishing, 2022. Pp. 87-108.
13. Procop G. W., et al. Koneman's color atlas and textbook of diagnostic microbiology. Jones & Bartlett Learning, 2020. P. 1578.
14. Miranda-CasoLuengo R., et al. Delayed differentiation of vaginal and uterine microbiomes in dairy cows developing postpartum endometritis. *PloS one*. 2019. V. 14. N. 1. P. e0200974.
15. Wagener K., et al. Endometrial inflammation at the time of insemination and its effect on subsequent fertility of dairy cows. *Animals*. 2021. V. 11. N. 7. P. 1858.

#### References

1. Firsov G. M., Ryadnov A. A., Akimova S. A., et al. Intrauterine infections in cattle of the Volgograd region. *Agrarian Russia*. 2023. № 1. Pp. 40-43.
2. Sheldon I. M., Molinari P. C., Ormsby T. J., Bromfield J. J. Preventing postpartum uterine disease in dairy cattle depends on avoiding, tolerating and resisting pathogenic bacteria. *Theriogenology*. 2020. N. 150. Pp. 158-165.
3. Loshchinin S. O., Firsov G. M., Filatova A. V., Akhmadov V. T. Role of Labor Pathology in the Mechanism of Development of Metritis of Infectious Etiology in Cows and Reduction of Sanitary Quality of Milk. *Scientific Life*. 2022. V. 17. № 1 (121). Pp. 114-125.
4. Plemyashov K. V., Avdeenko V. S., Nikitin G. S., Loshchinin S. O. Clinic, Morphology and Echography of Acute Postpartum Metritis in Cows at a High-Tech Dairy Enterprise. *Genetics and animal breeding*. 2022. № 4. Pp. 124-131.
5. Kuzmich R. G., Ivashkevich O. P., Fedorenko V. V. Morphometric Indicators of the Queen of Cows in Normal and With Pathology of the Postpartum Period. *Scientific Notes of the Educational Institution "Vitebsk Order of the Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine"*. 2022. V. 58. I. 4. Pp. 57-62.
6. Molinari P. C. C., Dahl G. E., Sheldon I. M., Bromfield J. J. Effect of calving season on metritis incidence and bacterial content of the vagina in dairy cows. *Theriogenology*. 2022. V. 191. Pp. 67-76.
7. Pascottini O. B., et al. Dynamics of uterine microbiota in postpartum dairy cows with clinical or subclinical endometritis. *Scientific reports*. 2020. V. 10. N 1. Pp. 12353.
8. Amin Y. A., Abdelaziz S. G., Said A. H. Treatment of postpartum endometritis induced by multidrug-resistant bacterial infection in dairy cattle by green synthesized zinc oxide nanoparticles and in vivo evaluation of its broad spectrum antimicrobial activity in cow uteri. *Research in Veterinary Science*. 2023. V. 165. Pp. 105074.

9. Silva J. C. C., et al. Testing the Induction of Metritis in Healthy Postpartum Primiparous Cows Challenged with a Cocktail of Bacteria. *Animals*. 2023. V. 13. № 18. Pp. 28-52.
10. Figueiredo C. C., et al. Differences in uterine and serum metabolome associated with metritis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2023. V. 106. № 5. Pp. 3525-3536.
11. Kasimanickam R. K., et al. Cyclicity, estrus expression and pregnancy rates in beef heifers with different reproductive tract scores following progesterone supplementation. *Theriogenology*. 2020. V. 145. Pp. 39-47.
12. Haider A., Ikram M., Rafiq A. Introduction to Veterinary Bacteriology. *Green Nanomaterials as Potential Antimicrobials*. Cham: Springer International Publishing, 2022. Pp. 87-108.
13. Procop G. W., et al. Koneman's color atlas and textbook of diagnostic microbiology. Jones & Bartlett Learning, 2020. P. 1578.
14. Miranda-CasoLuengo R., et al. Delayed differentiation of vaginal and uterine microbiomes in dairy cows developing postpartum endometritis. *PloS one*. 2019. V. 14. N. 1. P. e0200974.
15. Wagener K., et al. Endometrial inflammation at the time of insemination and its effect on subsequent fertility of dairy cows. *Animals*. 2021. V. 11. N. 7. P. 1858.

## Информация об авторах

**Фирсов Григорий Михайлович**, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), ORCID 0000-0002-1262-6532, e-mail: firsovgm@yandex.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

**Ряднова Тамара Александровна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), ORCID 0000-0001-9623-5311, e-mail: radnova@yandex.ru

**Морозова Зоя Черменовна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), ORCID 0000-0002-3344-6071, e-mail: zoyachermen@mail.ru

**Будтуев Олег Валерьевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), ORCID 0000-0002-2191-7921, e-mail: olegbudtuev@yandex.ru

## Author's Information

**Firsov Grigory Mikhailovich**, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Contagious Diseases and Morphology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Volgograd State Agrarian University" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID 0000-0002-1262-6532, e-mail: firsovgm@yandex.ru

**Ryadnov Aleksey Anatolyevich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Contagious Diseases and Morphology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Volgograd State Agrarian University" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID 0000-0003-2364-4944, e-mail: radnov@mail.ru

**Ryadnova Tamara Aleksandrovna**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Contagious Diseases and Morphology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Volgograd State Agrarian University" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID 0000-0001-9623-5311, e-mail: radnova@yandex.ru

**Morozova Zoya Chermenovna**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Contagious Diseases and Morphology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Volgograd State Agrarian University" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID 0000-0002-3344-6071, e-mail: zoyachermen@mail.ru

**Budtuev Oleg Valerievich**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Contagious Diseases and Morphology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Volgograd State Agrarian University" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID 0000-0002-2191-7921, e-mail: olegbudtuev@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-31

## ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF DIFFERENT INTERBREED TYPES OF SHEEP OF THE KALMYK FAT-TAILED BREED ON THE NATURAL RESISTANCE OF THEIR ORGANISM

**Tserenov I. V., Gorlov I. F., Nikolaev D. V., Ponomarev V. V., Gromova A. O.,  
Akimova Yu. V., Kvashnina M. A.**

*Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products  
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 08.02.2024

Submitted 06.03.2024

*This work was carried out under grant RNF 22-16-00041, GNU NIIMMP*

## Summary

The article examines experimental material on the influence of different interbreed types of Kalmyk fat-tailed sheep on their physiological state and natural resistance of the body. The influence of interbreed types on the physiological state of animals has been proven, so at the age of 4 months, the blood of rams of a new



type of erythrocytes contains more erythrocytes compared to peers of the original type by 6.57% ( $P \geq 0.95$ ), leukocytes – by 13.68% ( $P \geq 0.99$ ). During the experimental work, the advantage of the new type of rams over the original peers in terms of live weight was established (at the age of 4 months – 8.35%; at the age of 7 months – 8.38%), higher activation of metabolic processes occurring in the animals' body (increasing the content of the studied blood parameters and its serum), increasing the production of enzymes during the functioning of their liver (urea at the age of 4 months by 17.07%; 7 months – by 17.84%; AST at the age of 4 months by 4.42%; 7 months – 6.83%). All this contributed to increasing the maintenance of the natural immunity of the body of the new type of rams.

#### Abstract

**Introduction.** The presented article, aimed at studying the possibility of increasing lamb production with animals of different interbreed types, is relevant. The article examines the physiological health of animals and the natural resistance of the body of experimental lambs. **Object.** Rams of the Kalmyk fat tail breed. **Materials and methods.** A scientific and economic experiment was carried out; for this purpose, 70 heads of purebred mating queens of the same age were selected, distributed into two groups of 35 heads each. When forming the first group, animals of the original type were chosen, and for the second group – a new type. Subsequently, the resulting young animals (rams), 15 heads from each group, were subjected to further study. **Results and conclusions.** During the experimental work, a high advantage of the new type of lambs over the original peers in terms of live weight was proven, a higher activation of metabolic processes occurring in the animals' bodies, and an increase in the production of enzymes during the functioning of their liver. All this contributed to increasing the activation of the natural immunity of the body of the new type of lambs.

**Keywords:** lambs, live weight of lambs, natural resistance of lambs, intrabreed types of sheep, Kalmyk fat-tailed breed of sheep.

**Citation.** Tserenov I. V., Gorlov I. F., Nikolaev D. V., Ponomarev V. V., Gromova A. O., Akimova Yu. V., Kvashnina M. A. Assessment of the influence of different interbreed types of sheep of the kalmyk fat-tailed breed on the natural resistance of their organism. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 257-264 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-31.

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

**Conflict of interest.** All authors declared no conflicts of interest.

УДК 636.082.13

### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗНЫХ ВНУТРИПОРОДНЫХ ТИПОВ ОВЕЦ КАЛМЫЦКОЙ КУРДЮЧНОЙ ПОРОДЫ НА ЕСТЕСТВЕННУЮ РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ИХ ОРГАНИЗМА

Церенов И. В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Горлов И. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

Николаев Д. В., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Пономарев В. В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Громова А. О., аспирант, лаборант-исследователь

Акимова Ю. В., аспирант, лаборант-исследователь

Квашнина М. А., аспирант, старший научный сотрудник

ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства  
и переработки мясомолочной продукции»  
г. Волгоград, Российская Федерация

Работа выполнена по гранту РНФ 22-16-00041, ГНУ НИИММП

**Актуальность.** Представленная статья направлена на изучение возможности увеличения производства баранины за счет использования животных разных внутрипородных типов. Тема является актуальной. В статье рассмотрено физиологическое здоровье животных и естественная резистентность организма подопытных баранчиков. **Объект.** Баранчики калмыцкой курдючной породы. **Материалы и методы.** Был проведен научно-хозяйственный опыт, для этого было отобрано 70 голов чистопородных суягных маток одного возраста, распределенных в две группы по 35 голов. При формировании первой группы выбирали животных исходного типа, а для второй группы – нового типа. В дальнейшем изучению был подвергнут полученный молодняк (баранчики) по 15 голов от каждой группы. **Результаты и выводы.** В ходе проведения экспериментальной работы доказано высокое преимущество баранчиков нового типа над исходными сверстниками по живой массе, более высокой активизации обменных процессов, протекающих в организме животных, усилению выработки ферментов при работе их печени. Все это способствовало повышению активизации естественного иммунитета организма баранчиков нового типа.

**Ключевые слова:** баранчики, живая масса баранчиков, естественная резистентность баранчиков, внутрипородные типы овец, калмыцкая курдючная порода овец.

**Цитирование.** Церенов И. В., Горлов И. Ф., Николаев Д. В., Пономарев В. В., Громова А. О., Акимова Ю. В., Квашнина М. А. Оценка влияния разных внутрипородных типов овец калмыцкой курдючной породы на естественную резистентность их организма. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 257-264. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-31.

**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.** Одной из первоочередных задач агропромышленного комплекса России остается разработка способов, направленных на решение проблемы продовольственной безопасности, что особенно важно в обеспечении продуктами животного происхождения и особенно бараниной [6, 9].

Мировыми лидерами по количеству овец (млн. голов) являются: Китай (132,7), Австралия (123,3), Индия (56,5), Иран (52,0), Новая Зеландия (47,4), Эфиопия (42,9), Великобритания (42,5), Нигерия (41,0), Турция (33,0), Монголия (30,2), ЮАР (29,5), Судан (24,5). По последним данным на конец 2023 года около 1,2 млрд. овец насчитывалось в мире [4, 5].

Интенсификация овцеводческой отрасли идет по пути создания новых пород, внутрипородных типов, которые направлены на получение высококачественной баранины. Одной из наиболее востребованных пород на рынке России по производству баранины по праву считается калмыцкая курдючная порода [1, 10].

В России одним из крупных центров выращивания овец остается Республика Калмыкия. Здесь природные условия (рельеф местности, сезонные климатические перепады температур), традиции питания населения и их уклад жизни располагают к занятию табунным овцеводством [2, 8].

В связи с вышеизложенным, изучение разных внутрипородных типов овец калмыцкой курдючной породы на естественную резистентность организма является весьма перспективным [3].

**Материалы и методы.** На базе производственного кооператива ООО «Баска» Юстинского района Республики Калмыкия, являющего одним из ведущих предприятий, которое занимается выведением овец калмыцкой курдючной породы, был проведен научно-хозяйственный опыт.

Для этого отобрано 70 голов чистопородных суягных маток одного возраста, распределенных в две группы по 35 голов. При формировании первой группы выбирали животных исходного типа, а для второй группы – нового типа. В дальнейшем изучению был подвергнут полученный молодняк (баранчики) по 15 голов от каждой группы.

Для животных были созданы одинаковые условия содержания, ухода и кормления. Вместе с этим овцы обеих групп получали рацион, состоящий из пастбищных, концентрированных, грубых кормов, соответственно 75-85; 11-5; 14-10% соответственно.

Для определения живой массы подопытного поголовья использовали результаты индивидуальных ежемесячных взвешиваний [12].

В аккредитованной комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП изучали состав крови овец на гематологическом анализаторе URiT-3020 Vet Plus (Китай), изучение биохимического состава сыворотки крови осуществляли на полуавтоматическом анализаторе URiT-800 (Китай), все анализы проводили согласно инструкциям производителей.

Для определения бактерицидной, лизоцимной и фагоцитарной активностей применяли известные стандартные методики Дорофейчука В. Г. и Федюка В. В.

Достоверность результатов представленных исследований определяли по методике Плохинского А. П. (1970) с установлением критериев по Стьюденту-Фишеру.

**Результаты и обсуждение.** При постановке опыта живая масса баранчиков при рождении распределилась по группам следующим образом: у исходного типа 4,8 кг, а нового типа – 5,1 кг при недостоверной разнице. Однако уже в возрасте 4 месяцев разница между подопытными группами достигла 2,83 кг, или 8,35% ( $P \geq 0,99$ ) в пользу баранчиков нового типа. В возрасте 7 месяцев баранчики нового типа превосходили аналогов исходно-

го типа на 3,70 кг, или 8,38% ( $P \geq 0,99$ ). Такое преимущество животных нового типа над сверстниками исходного типа мы объясняем более быстрым метаболизмом, происходящем внутри организма.

Как известно, более высокая скорость метаболизма должна сказаться на содержании в крови различных элементов. Содержание в крови эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина представлено на рисунке 1 [11].

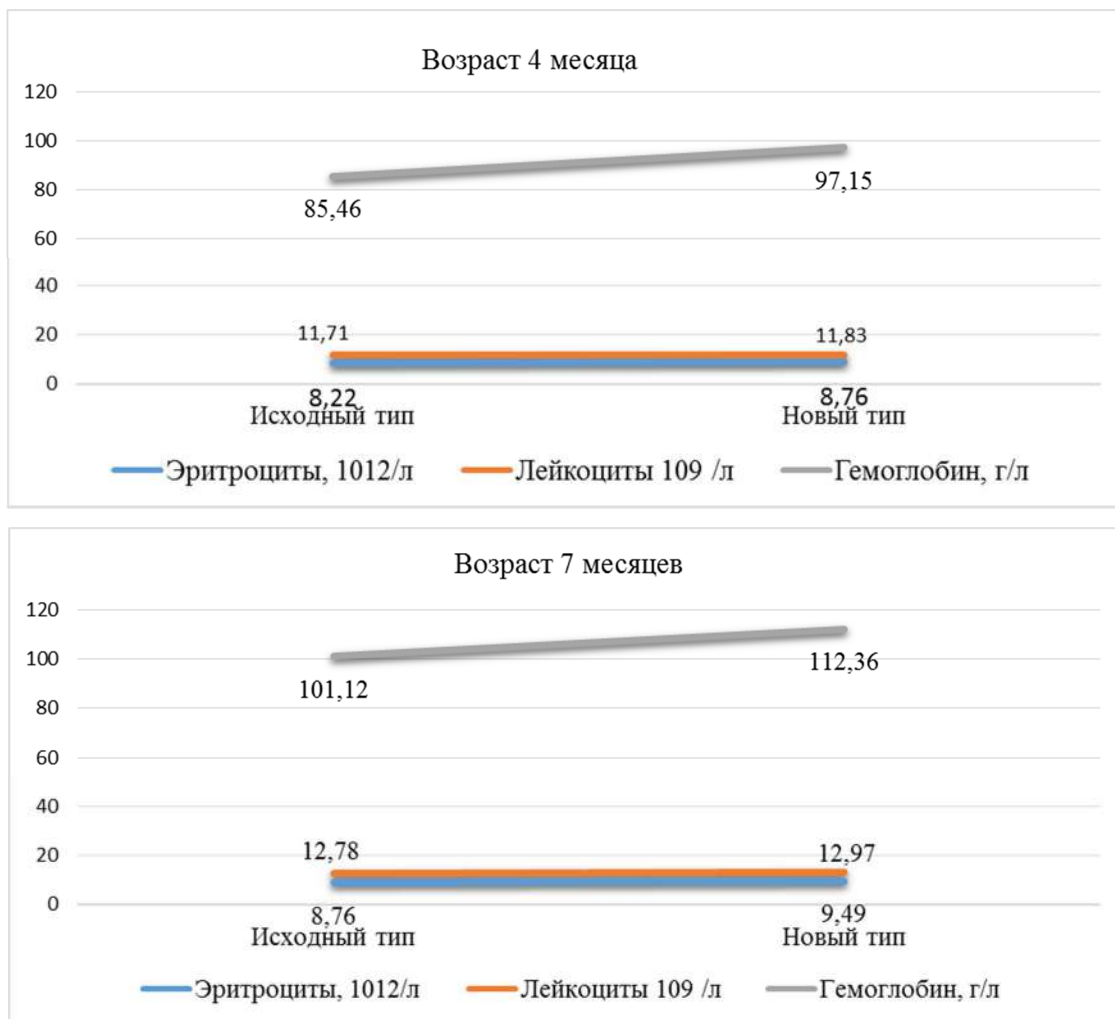


Рисунок 1 – Содержание эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина в крови баранчиков 4 и 7 месячного возрастов (n=15)

Figure1 – Content of erythrocytes, leukocytes and hemoglobin in the blood of rams 4 and 7 months of age (n=15)

Как видно из рисунка 1, в крови баранчиков нового типа в возрасте 4 месяцев эритроцитов содержится больше по сравнению со сверстниками исходного типа на 6,57% ( $P \geq 0,95$ ), лейкоцитов – на 13,68% ( $P \geq 0,99$ ). Та же тенденция сохранилась и в семимесячном возрасте: животные нового типа превосходили сверстников исходного по содержанию эритроцитов на 8,33% ( $P \geq 0,95$ ), по лейкоцитам – на 11,38% ( $P \geq 0,99$ ). Стоит отметить, что содержание гемоглобина находилось на одном уровне и менялось с возрастом незначительно.

Белковый обмен в организме баранчиков влияет на содержание белка в сыворотке крови (таблица 1).

Одной из наиболее важных фракций белка, содержащегося в сыворотке крови, считается альбуминовая, участвующая в регуляции белкового обмена [7]. В возрасте 4 месяцев баранчики нового типа превосходят сверстников исходного типа по содержанию общего белка на 3,45% ( $P \geq 0,99$ ), альбуминов – на 3,95% ( $P \geq 0,99$ ), глобулинов – на

2,86% ( $P \geq 0,95$ ),  $\gamma$ -глобулинов – на 4,24% ( $P \geq 0,95$ ) соответственно. По содержанию в сыворотке крови  $\beta$  глобулинов значительных различий не установлено. Необходимо отметить, что в процентном отношении фракции альбуминов у исходного и нового типа в возрасте 4 месяцев отличались незначительно – 53,94 и 54,20% соответственно.

Таблица 1 – Белковый обмен у баранчиков сравниваемых типов (n=5)  
Table 1 – Protein metabolism in lambs of compared types (n=5)

| Показатель / Index                                        | Исходный тип / Original Type | Новый тип / A New Type |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------|
| Баранчики 4 месячного возраста / Lambs 4 months of age    |                              |                        |
| Общий белок, г/л / Total protein, g/l                     | 76,59±0,41                   | 79,23±0,38**           |
| Альбумины, г/л / Albumins, g/l                            | 41,31±0,29                   | 42,94±0,34**           |
| Глобулины, г/л: в т.ч. / Globulins, g/l: incl.            | 35,28±0,23                   | 36,29±0,27*            |
| $\alpha$                                                  | 11,89±0,12                   | 11,95±0,11             |
| $\beta$                                                   | 5,48±0,08                    | 5,67±0,07              |
| $\gamma$                                                  | 17,91±0,17                   | 18,67±0,19*            |
| Белковый коэффициент (А/Г) / Protein coefficient (A/g)    | 1,17                         | 1,18                   |
| Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l                          | 3,69±0,13                    | 4,32±0,11**            |
| АСТ, ед./л / AST, units/l                                 | 102,81±0,97                  | 107,35±0,85*           |
| АЛТ, ед./л / ALT, units/l                                 | 35,12±0,31                   | 33,04±0,37*            |
| Баранчики 7-месячного возраста / Lambs of 7 months of age |                              |                        |
| Общий белок, г/л / Total protein, g/l                     | 77,64±0,24                   | 79,37±0,33**           |
| Альбумины, г/л / Albumins, g/l                            | 41,87±0,18                   | 42,97±0,22**           |
| Глобулины, г/л: в т.ч. / Globulins, g/l: incl.            | 35,78±0,16                   | 36,40±0,19*            |
| $\alpha$                                                  | 12,02±0,11                   | 12,07±0,09             |
| $\beta$                                                   | 6,36±0,07                    | 6,42±0,06              |
| $\gamma$                                                  | 17,40±0,13                   | 17,91±0,15*            |
| Белковый коэффициент (А/Г) / Protein coefficient (A/g)    | 1,16                         | 1,17                   |
| Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l                          | 4,54±0,18                    | 5,35±0,21**            |
| АСТ, ед./л / AST, units/l                                 | 119,53±1,26                  | 127,69±1,19*           |
| АЛТ, ед./л / ALT, units/l                                 | 32,26±0,32                   | 29,84±0,41*            |

В возрасте 7 месяцев баранчики нового типа имели преимущество в сравнении со сверстниками исходного типа по содержанию в сыворотке крови общего белка – на 2,23 ( $P \geq 0,99$ ), альбуминов – на 2,63% ( $P \geq 0,99$ ), глобулинов – на 1,73% ( $P \geq 0,95$ ),  $\gamma$ -глобулинов – на 1,03% ( $P \geq 0,95$ ) соответственно.

Как видно из данных таблицы 1, при увеличении возраста баранчиков нового типа произошло увеличение в сыворотке их крови альбуминовой и глобулиновой фракций белка, и особенно  $\gamma$ -глобулинов, что косвенно подтверждает повышение уровня обменных процессов, протекающих в их организме.

Для подтверждения нашей гипотезы мы провели исследования углеводно-жирового обмена у подопытных баранчиков. Содержание в крови мочевины у баранчиков нового типа было выше в сравнении со сверстниками исходного типа в возрасте 4 месяцев на 17,07% ( $P \geq 0,99$ ) и в 7 месячном возрасте – на 17,84% ( $P \geq 0,99$ ); АСТ – на 4,42 ( $P \geq 0,95$ ) и 6,83% ( $P \geq 0,95$ ) соответственно. Вместе с этим показатели АЛТ снизились у животных нового типа по сравнению с исходным типом в возрасте 4-месяцев на 6,29% ( $P \geq 0,95$ ) и 7-месяцев – на 8,11% ( $P \geq 0,95$ ) соответственно.

Более усиленный белковый обмен, протекающий в организме животных нового типа, способствовал более усиленной работе печени и выработке большего количества ферментов переаминирования по сравнению с баранчиками исходного типа.

Изучение минерального обмена в организме подопытных баранчиков показало, что в организме животных нового типа содержалось кальция больше по сравнению с исходным типом на 9,73% ( $P \geq 0,95$ ), железа – на 4,67 ( $P \geq 0,95$ ), натрия – на 4,33 ( $P \geq 0,99$ ) и серы – на 1,58% ( $P \geq 0,95$ ) соответственно (таблица 2).



Таблица 2 – Минеральный обмен (n=5)  
Table 2 – Mineral metabolism (n=5)

| Показатель / Index                                     | Исходный тип / Original Type | Новый тип / A New Type |
|--------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------|
| Баранчики 4-месячного возраста / 4-month-old lambs     |                              |                        |
| Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/l                     | 3,29±0,10                    | 3,61±0,08*             |
| Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l                   | 1,58±0,11                    | 1,57±0,09              |
| Калий, ммоль/л / Potassium, mmol/l                     | 4,43±0,09                    | 4,58±0,06              |
| Магний, ммоль/л / Magnesium, mmol/l                    | 0,88±0,06                    | 0,97±0,08              |
| Железо, мкмоль/л / Iron, µmol/l                        | 17,98±0,14                   | 18,82±0,17*            |
| Натрий, ммоль/л / Sodium, mmol/l                       | 140,36±1,47                  | 146,44±1,52**          |
| Сера, ммоль/л / Sulphur, mmol/l                        | 137,21±0,62                  | 139,38±0,49*           |
| Баранчики 7 месячного возраста / Lambs 7 months of age |                              |                        |
| Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/l                     | 2,72±0,05                    | 2,71±0,04              |
| Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l                   | 1,57±0,06                    | 1,55±0,07              |
| Калий, ммоль/л / Potassium, mmol/l                     | 4,38±0,12                    | 4,43±0,17              |
| Магний, ммоль/л / Magnesium, mmol/l                    | 1,26±0,06                    | 1,32±0,05              |
| Железо, мкмоль/л / Iron, µmol/l                        | 18,75±0,26                   | 19,14±0,14             |
| Натрий, ммоль/л / Sodium, mmol/l                       | 139,15±1,86                  | 139,66±1,93            |
| Сера, ммоль/л / Sulphur, mmol/l                        | 143,45±1,28                  | 144,18±1,39            |

Однако к 7-месячному возрасту эти различия по минеральному обмену значительно сократились и различия между сравниваемыми типами существенной разницы не имели. Отмеченную тенденцию мы связываем со снижением скорости роста подопытного молодняка и сокращением потребности животных в этих элементах.

Уровень естественной резистентности организма баранчиков отслеживали по следующим показателям: фагоцитарная, бактерицидная и лизоцимная активности (таблица 3).

Таблица 3 – Естественная резистентность, % (n=5)  
Table 3 – Natural resistance, % (n=5)

| Значения / Values                                         | Исходный тип / Original Type | Новый тип / A New Type |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------|
| Баранчики 4-месячного возраста / 4-month-old lambs        |                              |                        |
| Бактерицидная активность / Bactericidal activity          | 45,29±0,34                   | 48,15±0,47**           |
| Лизоцимная активность / Lysozyme activity                 | 38,20±0,57                   | 41,67±0,49**           |
| Фагоцитарная активность / Phagocytic activity             | 36,84±0,29                   | 37,91±0,26*            |
| Баранчики 7-месячного возраста / Lambs of 7 months of age |                              |                        |
| Бактерицидная активность / Bactericidal activity          | 46,14±0,38                   | 48,69±0,42**           |
| Лизоцимная активность / Lysozyme activity                 | 38,76±0,51                   | 41,83±0,45**           |
| Фагоцитарная активность / Phagocytic activity             | 37,25±0,26                   | 38,46±0,28*            |

Как видно из данных, представленных в таблице 3, баранчики нового типа превосходят сверстников исходного типа по бактерицидной активности в возрасте 4 месяцев на 2,86% ( $P \geq 0,99$ ), лизоцимная – на 3,47% ( $P \geq 0,99$ ), фагоцитарная – на 1,07% ( $P \geq 0,95$ ); 7-месяцев – на 2,55% ( $P \geq 0,99$ ); 3,07% ( $P \geq 0,99$ ); 1,21% ( $P \geq 0,95$ ) соответственно.

Полученные данные по естественной резистентности подопытного поголовья подтверждают более высокую активизацию обменных процессов, протекающих в организме баранчиков нового типа по сравнению с аналогами исходного типа.

**Выводы.** В ходе проведения экспериментальной работы доказано высокое преимущество баранчиков нового типа над исходными сверстниками по живой массе (в возрасте 4 мес. 8,35%; в возрасте 7 мес. – 8,38%), более высокой активизации обменных процессов, протекающих в организме животных (повышению содержания изучаемых показателей крови и ее сыворотки), усилению

выработки ферментов при работе их печени (мочевины в возрасте 4 мес. на 17,07%; 7 мес. – на 17,84%; АСТ в возрасте 4 месяцев на 4,42%; 7 мес. – 6,83%). Все это способствовало повышению активизации естественного иммунитета организма баранчиков нового типа.

**Conclusions.** In the course of experimental work, a high advantage of rams of the new type over their original peers in terms of live weight (8.35% at the age of 4 months; 8.38% at the age of 7 months), a higher activation of metabolic processes occurring in the body of animals (an increase in the content of the studied blood and its serum indicators), an increase in the production of enzymes during the work of their liver (urea at the age of 4 months by 17.07%; 7 months by 17.84%; AST at the age of 4 months by 4.42%; 7 months by 6.83%). All this contributed to the increase in the activation of the natural immunity of the body of lambs of a new type.

#### Библиографический список

1. Базаев С. О., Юлдашбаев Ю. А., Аритолов А. Н. Качественная характеристика мяса калмыцких курдючных овец и их помесей с баранами-производителями породы дорпер. Известия Оренбургского ГАУ. 2020. № 5 (85). С. 223-226.
2. Варакин А. Т., Кулик Д. К., Саломатин В. В., Зотеев В. С. Оптимизация минерального питания откармливаемых баранчиков в условиях естественных пастбищ. Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 3. С. 39-42.
3. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Князева С. А., Церенов И. В., Карпенко Е. В., Воронцова Е. С., Мосолова Н. И. Особенности минерального состава мяса калмыцких курдючных овец выводимого типа. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 185-190.
4. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Кошаев А. Г. Характеристика состояния овцеводства России и Ростовской области и перспективы развития отрасли. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 157. С. 392-410.
5. Горлов И. Ф., Федотова Г. В., Сложенкина М. И., Куликовский А. В., Мосолова Д. А. Современные тенденции производства мяса в России и его потребление населением. Аграрно-пищевые инновации. 2018. № 3 (3). С. 25-30.
6. Гарасов Е. В., Гузенко В. И., Пупынина Е. Г. Экономическая эффективность использования в рационах суягных маток биопрепарата «Лактофлекс». Животноводство юга России. 2017. № 3 (21). С. 24-26.
7. Двалишвили В. Г., Барунмаа Ч. М. Гематологические показатели молодняка мясошерстных овец разного происхождения. Вестник Тувинского государственного университета. Естественные и сельскохозяйственные науки. 2020. № 1 (57). С. 39-44.
8. Ерохин А. И. и др. Состояние и тенденции развития овцеводства в мире и России. Зоотехния. 2020. № 1. С. 5-8.
9. Ерохин А. И., Карасев Е. А., Ерохин С. А. Состояние, динамика и тенденции в развитии овцеводства в мире и в России. Овцы, козы, шерстяное дело. 2019. № 3. С. 3-6.
10. Зулаев М. С., Надбитов Н. К., Оргадурова Г. А., Тареев Н. С., Яблуневский М. Ю. Продуктивные качества овец калмыцкой курдючной породы. Овцы, козы, шерстяное дело. 2015. № 4. С. 14.
11. Кубатбеков Т. С., Косилов В. И., Юлдашбаев Ю. А. Влияние генотипа баранчиков на биохимические показатели сыворотки крови. Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2023. № 3 (57). С. 51-55.
12. Гаглоев А. Ч., Юлдашбаев Ю. А., Мусаев Ф. А. и др. Овцеводство. Москва: Издательство "Лань", 2023. 288 с.

#### References

1. Bazaev S. O., Yuldashbaev Y. A., Aritolov A. N. Qualitative Characteristics of Kalmyk Fat-tailed Sheep and Their Crossbreeds with Dorper Rams. News of Orenburg SAU. 2020. № 5 (85). Pp. 223-226.
2. Varakin A. T., Kulik D. K., Salomatin V. V., Zoteev V. S. Optimization of Mineral Nutrition of Fattened Sheep in Natural Pastures. Sheep, goats, woolenry. 2020. № 3. Pp. 39-42.
3. Gorlov I. F., Sloshkina M. I., Knyazeva S. A., Tserenov I. V., Karpenko E. V., Vorontsova E. S., Mosolova N. I. Features of the Mineral Composition of the Meat of Kalmyk Fat-tailed Sheep of the Hatched Type. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2022. № 2 (66). Pp. 185-190.
4. Gorlov I. F., Sloshkina M. I., Koshchaev A. G. Characteristics of the state of sheep breeding in Russia and the Rostov region and prospects for the development of the industry. Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2020. № 157. Pp. 392-410.
5. Gorlov I. F., Fedotova G. V., Sloshkina M. I., Kulikovskiy A. V., Mosolova D. A. Current trends in meat production in Russia and its consumption by the population. Agrarian and food innovations. 2018. № 3 (3). Pp. 25-30.
6. Garasov E. V., Guzenko V. I., Pupylnina E. G. Economic efficiency of the use of the biological preparation "Lactoflex" in the diets of pregnant queens. Animal husbandry in the south of Russia. 2017. № 3 (21). Pp. 24-26.
7. Dvalishvili V. G., Barunmaa Ch. M. Hematological Indices of Young Meat Wool Sheep of Different Origins. Bulletin of Tuvan State University. Natural and Agricultural Sciences. 2020. № 1 (57). Pp. 39-44.
8. Erokhin A. I., et al. State and Trends in the Development of Sheep Breeding in the World and Russia. Zootechnics. 2020. № 1. Pp. 5-8.
9. Erokhin A. I., Karasev E. A., Erokhin S. A. Status, Dynamics and Trends in the Development of Sheep Breeding in the World and in Russia. Sheep, goats, woolenry. 2019. № 3. Pp. 3-6.
10. Zulaev M. S., Nadbitov N. K., Orgadulova G. A., Tareev N. S., Yablunovskiy M. Yu. Sheep, goats, woolenry. 2015. № 4. P. 14.
11. Kubatbekov T. S., Kosilov V. I., Yuldashbaev Y. A. Influence of the genotype of sheep on biochemical parameters of blood serum. Theoretical and Applied Problems of the Agro-Industrial Complex. 2023. № 3 (57). Pp. 51-55.
12. Gagloev A. Ch., Yuldashbaev Y. A., Musaev F. A., et al. Sheep. Moscow: Lan Publishing House, 2023. 288 p.

## Информация об авторах

**Церенов Игорь Васильевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400120, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), 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, 400120, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), e-mail: niimmp@mail.ru

**Николаев Дмитрий Владимирович**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400120, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), e-mail: dmitriynikolaev1978@yandex.ru

**Пономарев Виктор Владимирович**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400120, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), e-mail: vvik13t11@yandex.ru

**Громова Алена Олеговна**, лаборант-исследователь ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400120, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), e-mail: alena\_reshetniko95@mail.ru

**Акимова Юлия Витальевна**, лаборант-исследователь ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400120, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), e-mail: superjulia2901@gmail.com

**Квашнина Мария Александровна**, старший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400120, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), e-mail: plaksa1122@mail.ru

## Author's Information

**Tserenov Igor Vasilievich**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Volga Region Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400120, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

**Gorlov Ivan Fedorovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Scientific Supervisor, Volga Region Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400120, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

**Nikolaev Dmitriy Vladimirovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Volga Region Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400120, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), e-mail: dmitriynikolaev1978@yandex.ru

**Ponomarev Viktor Vladimirovich**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Volga Region Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400120, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), e-mail: vvik13t11@yandex.ru

**Gromova Alyona Olegovna**, Laboratory Assistant-Researcher, Volga Region Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400120, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), e-mail: alena\_reshetniko95@mail.ru

**Akimova Yulia Vitalievna**, Laboratory Assistant-Researcher, Volga Region Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400120, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), e-mail: superjulia2901@gmail.com

**Kvashnina Maria Aleksandrovna**, Senior Researcher, Volga Region Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400120, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), e-mail: plaksa1122@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-32

**EFFECT OF RUMIMIX-3 PREMIX ON MILK PRODUCTIVITY AND RUMEN CONTENT OF COWS**<sup>1</sup>Tarasova K. Yu., <sup>1</sup>Shvetsov N. N., <sup>2</sup>Chekhranova S. V., <sup>2</sup>Nikolaev S. I., <sup>2</sup>Yelizarov D. Yu.<sup>1</sup>Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorina  
Belgorod, Russian Federation<sup>2</sup>Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: schekhranova@mail.ru

Received 10.03.2023

Submitted 02.04.2024

**Abstract**

**Introduction.** When feeding highly productive cows with complete feed mixtures, the issue of increasing their milk productivity becomes more complicated. It is possible to partially change the composition of the feed mixture and thereby achieve some increase in daily milk yields. In addition, the productivity of animals increases when feeding feeds pretreated in various ways. However, a more effective method would be to include various feed additives and premixes produced by industry in the composition of the feed mixture. For effective management of the cattle breeding industry in modern conditions, it is necessary to observe all elements of technology and, especially, to make a complete feed mixture according to the periods of the physiological state of cows. The most significant period is the period of milking, in which it is necessary to achieve maximum milk yields from cows. Therefore, various feed additives and premixes should be used during this period. In this regard, the study of the use of the Rumimix-3 premix as part of a feed mixture for

dairy cows during the milking period is relevant. **Object of the study.** The object of the study was dairy cows of Holstein black-and-white breed. **Materials and methods.** Scientific and economic experience was conducted in the conditions of Borisov Farms LLC, Borisovsky district, Belgorod region. For its implementation, 4 groups of cows were selected, 10 heads in each group. The first group, the control group, received the main diet in the form of a feed mixture without the addition of the Rumimix-3 premix, the second, third and fourth groups received the same basic diet, but the specified premix was added to it in doses of 200, 250 and 300 grams per head per day, respectively. **Results and conclusions.** Our studies on the testing of the Rumimix-3 premix in doses of 200, 250 and 300 grams per head per day for highly productive cows in the milking phase have shown the high effectiveness of this premix. The dairy productivity of cows increased by 2.6-4.9%, the amount of profit by 3.3-6.8% and the level of profitability by 1.9-5.0% compared to the control, where this premix was not used.

**Keywords:** recipes for feed mixtures, feeding of cows, edibility of feed mixtures, milk productivity of cows, indicators of rumen content of cows.

**Citation.** Tarasova K. Yu., Shvetsov N. N., Chehranova S. V., Nikolaev S. I., Yelizarov D. Yu. Effect of Rumimix-3 premix on milk productivity and rumen content of cows. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 264-272 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-32.

**Author's contribution.** In this experiment, all authors took part in the planning, implementation, and analysis of the results of the research. The presented version of the article was approved by all authors.

**Conflict of interest.** The authors did not declare a conflict of interest.

УДК 636.2.087.7

## ВЛИЯНИЕ ПРЕМИКСА «РУМИМИКС-3» НА МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПОКАЗАТЕЛИ РУБЦОВОГО СОДЕРЖИМОГО КОРОВ

<sup>1</sup>Тарасова К. Ю., аспирант

<sup>1</sup>Швецов Н. Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>2</sup>Чехранова С. В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>2</sup>Николаев С. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>2</sup>Елизаров Д. Ю., аспирант

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина  
г. Белгород, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Актуальность.** Для организации кормления коров с высокими удоями необходимо контролировать состав применяемой кормосмеси и вести подбор эффективных кормовых добавок, повышающих суточные удои животных. Кормовых добавок и премиксов сейчас выпускается множество, но не все они дают желаемый эффект, а некоторые даже снижают удои и отражаются на здоровье коров. Такие добавки надо немедленно отменять, и тогда прежнее состояние животного восстановится до нормы. Для эффективного ведения отрасли скотоводства в современных условиях необходимо соблюдать все элементы технологии и, особенно, составить полнорационную кормосмесь по периодам физиологического состояния коров. Наиболее значимым периодом является период раздоя, в который необходимо достигнуть максимальных удоев от коров. Поэтому в этот период надо применять различные кормовые добавки и премиксы. В связи с этим изучение использования премикса «РумиМикс-3» в составе кормосмеси для дойных коров, находящихся в периоде раздоя, является актуальным. **Объект исследования.** Объектом исследования стали дойные коровы голшти-низированной черно-пестрой породы. **Материалы и методы.** Научно-хозяйственный опыт проводился в условиях ООО «Борисовские фермы» Борисовского района Белгородской области. Для опыта отобрали четыре группы коров, находящихся на раздое. В каждую группу включили по 10 голов. Первая группа, которая была контрольной, получала основной рацион, состоявший из полнорацион-ной кормосмеси, применявшейся на молочном комплексе. В этой группе коров изучаемый премикс «РумиМикс-3» мы не скармливали и состав кормосмеси, который применялся в хозяйстве, не изме-няли. В других группах – второй, третьей и четвертой – скармливали премикс «РумиМикс-3» в коли-честве 200, 250 и 300 г/гол/сут. соответственно. **Результаты и выводы.** Проведенные нами иссле-дования по испытанию премикса «РумиМикс-3» в дозах 200, 250 и 300 г/гол/сутки для высокопродук-тивных коров, находящихся в фазе раздоя, показали высокую эффективность указанного премикса. Суточные удои коров стали больше на 2,6-4,9%, прибыль возросла на 3,3-6,8%. Увеличился уровень рентабельности на 1,9-5,0%, если сравнивать с контрольной группой.

**Ключевые слова:** рецепты кормосмесей, кормление коров, поедаемость кормосмесей, молочная продуктивность коров, показатели рубцового содержимого коров.



**Цитирование.** Тарасова К. Ю., Швецов Н. Н., Чехранова С. В., Николаев С. И., Елизаров Д. Ю. Влияние премикса «РумиМикс-3» на молочную продуктивность и показатели рубцового содержимого коров. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 264-272. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-32.

**Авторский вклад.** В данном эксперименте все авторы принимали участие в планировании, выполнении, а также анализе полученных результатов исследований. Представленный вариант статьи одобрен всеми авторами.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Известно, что, чем выше молочная продуктивность коров, тем сложнее становится повысить ее еще больше. Кардинальная смена состава кормосмеси может привести к снижению суточных удоев, поэтому это делать не следует. Есть вариант по применению в кормлении кормов, прошедших предварительную подготовку к скармливанию [7-9, 11, 12, 13]. Но все же применение при кормлении коров различных кормовых добавок и премиксов будет более эффективным методом [1-6, 10, 14].

Обмен питательных веществ в пищеварительном тракте жвачных осуществляется благодаря интенсивной деятельности различной микрофлоры, которая в значительной степени населяет преджелудки. Поэтому по составу показателей рубцового содержимого можно судить о состоянии обмена протеина, жира, углеводов и безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ). У жвачных есть особенность пищеварения. Например, кормовой протеин, расщепляясь под действием микрофлоры рубца, удовлетворяет потребности последней в азоте. Но при этом в микрофлоре синтезируется микробный белок, который в дальнейшем используется животным «хозяином» для удовлетворения потребностей в протеине.

Поэтому при использовании в кормлении коров различных кормовых добавок и премиксов можно по показателям рубцового содержимого определить эффективность применяемых добавок и установить оптимальную их дозировку [4].

Целью данной работы является изучение влияния премикса «РумиМикс-3» на поедаемость кормосмеси, молочную продуктивность коров, показатели рубцового содержимого коров, экономические показатели, а также определение оптимальной дозировки данного премикса.

**Материалы и методы.** Научно-хозяйственный опыт проводился на дойных коровах голштинизированной черно-пестрой породы, находящихся на раздое в условиях ООО «Борисовские фермы» Борисовского района Белгородской области. Для опыта отобраны 4 группы коров по 10 голов в каждой группе. Первая группа, контрольная, получала основной рацион (ОР) в виде кормосмеси без добавления премикса «РумиМикс-3», вторая, третья и четвертая группы получала тот же ОР, но в него добавляли указанный премикс в дозах 200, 250 и 300 г/гол/сут. соответственно. Опыт проходил по следующей схеме (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта  
Table 1 – Scheme of experience

| Группа/<br>Group | Количество животных, голов /<br>Number of animals, heads | Особенности кормления / Feeding features                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Длительность опыта, сут. / Duration of the experience, day |
|------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1                | 10                                                       | ОР (солома пшеничная, силос кукурузный, сенаж из однолетних трав (ячмень+овес+горох), жом свекловичный, отжатый, патока свекловичная, комбикорм КК-60-3) в виде кормосмеси / MR (wheat straw, corn silage, haylage from annual grasses (barley+oats+peas), beet pulp, pressed, beet molasses, compound feed КК-60-3) in the form of a feed mixture | 93                                                         |
| 2                | 10                                                       | ОР + 200 г/гол/сут. премикса «РумиМикс-3» / MR+ 200 g/goal/day of the premix "RumiMix-3"                                                                                                                                                                                                                                                           | 93                                                         |
| 3                | 10                                                       | ОР + 250 г/гол/сут. премикса «РумиМикс-3» / MR+ 250 g/goal/day of the premix "RumiMix-3"                                                                                                                                                                                                                                                           | 93                                                         |
| 4                | 10                                                       | ОР + 300 г/гол/сут. премикса «РумиМикс-3» / MR+ 300 g/goal/day of the premix "RumiMix-3"                                                                                                                                                                                                                                                           | 93                                                         |

При проведении исследований учитывали следующие показатели: поедаемость кормосмеси, молочную продуктивность коров, содержание жира и белка в молоке, затраты кормов на производство молока, показатели рубцового содержимого коров, экономические показатели в зависимости от применяемой дозы премикса.

**Результаты и обсуждение.** При проведении исследований использовали при кормлении коров полнорационную кормосмесь, которая представлена в таблице 2. Некоторые части кормов не поедались животными и оставались в остатках. По поедаемости кормосмеси отличалась третья группа животных, в которой применяли дозу премикса 250 граммов на голову в сутки. Поедалась кормосмесь в этой группе на 97,8%. В других группах поедаемость ее составила 96,4-96,8%. Можно сказать, что вышеуказанная доза премикса оказалась оптимальной.

Таблица 2 – Фактическое потребление кормосмеси в главный период опыта на дойных коровах (кг/гол/сут.)

Table 2 – Actual consumption of feed mixture in the main period of the experiment on dairy cows (kg/head/day)

| Наименование корма / Feed name                                                            | Группа / Group |       |       |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|
|                                                                                           | 1              | 2     | 3     | 4     |
| Солома пшеничная / Wheat straw                                                            | 0,5            | 0,6   | 0,7   | 0,6   |
| Силос кукурузный / Silage corn                                                            | 16,3           | 16,4  | 16,7  | 16,5  |
| Сенаж однолетних трав (ячмень+овес+горох) / Haylage of annual grasses (barley+ oats+peas) | 4,8            | 4,9   | 5,1   | 5,0   |
| Жом свекловичный отжатый / Beet pulp pressed                                              | 8,8            | 8,8   | 8,8   | 8,8   |
| Патока свекловичная/ Beet molasses                                                        | 1,5            | 1,5   | 1,5   | 1,5   |
| Комбикорм КК-60-3 / Compound feed КК-60-3                                                 | 13,34          | 13,34 | 13,34 | 13,34 |
| Всего потреблено в сутки/ Total consumed per day                                          | 45,24          | 45,54 | 46,14 | 45,74 |
| Задано в сутки/ Set per day                                                               | 46,94          | 47,14 | 47,19 | 47,24 |

В таблице 3 отражены удои коров и некоторые показатели химического состава молока.

Таблица 3 – Молочная продуктивность подопытных коров в главный период опыта (M±m, n=10)

Table 3 – Milk productivity of experimental cows in the main period of the experiment (M±m, n=10)

| Показатели / Indicators                                                             | Группа / Group |           |            |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------|------------|-----------|
|                                                                                     | 1              | 2         | 3          | 4         |
| Суточный удой фактической жирности, кг / Daily milk yield of actual fat content, kg | 26,6±0,37      | 27,3±0,58 | 27,9±0,43* | 27,5±0,62 |
| в % к контролю / As a percentage of the control                                     | 100            | 102,6     | 104,9      | 103,4     |
| Содержание жира в молоке, % / Fat content in milk, %                                | 3,75±0,08      | 3,78±0,05 | 3,82±0,07  | 3,80±0,06 |
| Суточное количество молочного жира, г / Daily amount of milk fat, g                 | 997,5          | 1031,9    | 1065,8     | 1045,0    |
| в % к контролю / As a percentage of the control                                     | 100            | 103,4     | 106,8      | 104,8     |
| Содержание белка в молоке, % / Protein content in milk, %                           | 3,43±0,07      | 3,44±0,04 | 3,47±0,08  | 3,46±0,07 |
| Суточное количество молочного белка, г / Daily amount of milk protein, g            | 912,4          | 939,1     | 968,1      | 951,5     |
| в % к контролю / As a percentage of the control                                     | 100            | 102,9     | 106,1      | 104,3     |
| Затраты корма на 1 кг молока, ЭКЕ / Feed costs per 1 kg of milk, energy feed unit   | 0,88           | 0,86      | 0,85       | 0,86      |

Примечание: \* – p < 0,05 / Note: \* – p < 0.05

Суточные удои коров определяли три раза в месяц по контрольным доениям. Надо заметить, что удои коров были высокими. Животные находились во время проведения опыта в первой фазе лактации (период раздоя) и применяемый премикс «РумиМикс-3» способствовал удержанию удоев на высоком уровне. Наиболее высокие удои были отме-

чены в третьей группе животных, где использовалась оптимальная доза премикса в количестве 250 г/гол/сут. Удои в этой группе были выше на 1,5-4,9%, чем в других вариантах опыта.

Содержание жира и белка в молоке также имело различия между группами, но не достоверные. Скармливание изучаемого премикса «РумиМикс-3» положительно повлияло на указанные показатели химического состава молока. Жирность молока наиболее высокой была зафиксирована в третьей группе животных. Она была больше, чем в других группах, на 0,02-0,07%.

Белок в молоке также был высоким в третьей группе на 0,01-0,04%, по сравнению с другими группами.

Обычно при высоких удоях затраты кормов на производство молока тоже снижаются. А в нашем эксперименте этому способствовало применение в кормлении коров премикса «РумиМикс-3». Затраты ЭКЕ на 1 кг молока в третьей группе были меньше на 1,2-3,5%.

Таким образом, если применять премикс «РумиМикс-3» при кормлении дойных коров, то у них повышаются удои, возрастает жирно- и белкомолочность и снижаются затраты ЭКЕ на 1 кг молока.

Молочная продуктивность коров зависит от процессов пищеварения, и особенно рубцового. Поэтому его необходимо постоянно изучать и составлять такие рецепты кормосмесей, которые бы способствовали повышению удоев. В нашем случае применялась полнорационная кормосмесь, но в нее вводили премикс «РумиМикс-3». Его введение изменило пищеварительные процессы в рубце, и естественно, эти изменения надо изучать.

В таблице 4 представлены биохимические показатели рубцового содержимого дойных коров в главный период опыта.

Таблица 4 – Биохимические показатели рубцового содержимого дойных коров в главный период опыта (M±m, n=3)

Table 4 – Biochemical parameters of the scar content of dairy cows in the main period of the experiment (M±m, n=3)

| Показатели / Indicators                           | Группа / Group |               |               |              |
|---------------------------------------------------|----------------|---------------|---------------|--------------|
|                                                   | 1              | 2             | 3             | 4            |
| Общий азот, мг % / Total nitrogen, mg %           | 85,27±0,23     | 91,12±0,39*** | 95,17±0,11*** | 94,37±0,91*  |
| Остаточный азот, мг % / Residual nitrogen, mg %   | 12,47±0,12     | 10,35±0,45**  | 9,35±0,09***  | 10,22±0,32*  |
| Аммиачный азот, мг % / Ammonia nitrogen, mg %     | 19,15±0,41     | 16,19±0,35*   | 14,23±0,21**  | 14,82±0,90*  |
| ЛЖК, Ммоль/100мл: в т.ч. / LFA, Mmol/100ml: incl. | 9,65±0,35      | 9,77±0,41     | 10,89±0,12*   | 10,62±0,21*  |
| уксусная кислота, % / acetic acid, %              | 67,41±0,23     | 68,17±0,12    | 70,45±0,11**  | 69,52±0,35*  |
| пропионовая кислота, % / propionic acid, %        | 19,73±0,27     | 19,12±0,30    | 18,72±0,09*   | 18,91±0,27   |
| масляная кислота, % / butyric acid, %             | 12,86±0,11     | 12,71±0,18    | 10,83±0,20**  | 11,57±0,15** |
| pH / pH                                           | 6,89±0,31      | 6,80±0,15     | 6,75±0,05     | 6,77±0,11    |

Примечание: \* – p<0,05; \*\* – p<0,01; \*\*\* – p<0,001 / Note: \* – p<0.05; \*\* – p<0.01; \*\*\* – p<0.001

Результаты анализов рубцового содержимого коров показали, что по группам животных рубцовое пищеварение проходило по-разному, поскольку в группах применяли разные дозы премикса.

Использование в составе кормосмеси премикса «РумиМикс-3» повысило в рубцовом содержимом в опытных группах содержание общего азота. Во второй, третьей и четвертой группах этот показатель был выше контроля на 5,85-9,9 мг% (p < 0,05 – < 0,001). При этом наибольшее количество общего азота было в третьей группе, где применялась доза премикса 250 г/гол/сут. Это означает, что в этой группе в рубце коров сложилась наиболее благоприятная среда для образования микроорганизмами общего азота.

Следующий показатель подтверждает вышесказанное предположение и количество остаточного азота в опытных группах было меньше на 2,12-3,12 мг %, чем в контрольном варианте. И это говорит о том, что премикс «РумиМикс-3» создавал среду для накопления общего азота и эффективного его использования бактериями в дальнейшем. Это подтвер-

ждается меньшим содержанием остаточного азота, то есть он в максимальной степени использовался микрофлорой рубца коров. В контрольной группе этого не происходило, поскольку там мы не использовали в кормлении изучаемый премикс.

В первой (контрольной) группе происходило аналогичное положение и с аммиачным азотом. Его было больше на 2,96-4,92 мг% ( $p < 0,05 - < 0,01$ ), чем в опытных группах. Значит, в этих группах премикс «РумиМикс-3» «помогал» микрофлоре рубца лучше усваивать аммиачный азот.

Летучие жирные кислоты (ЛЖК) играют важную роль в пищеварении жвачных животных. Они положительно влияют на продуктивность скота и являются предшественниками молочного жира.

Проведенный анализ ЛЖК в рубцовом содержимом показал, что при использовании премикса «РумиМикс-3» в составе кормосмеси, возрастало количество этого показателя в опытных группах на 0,12-1,24 Ммоль/100мл. При этом достоверная разница установлена только между первой и третьей группами ( $p < 0,05$ ).

Разгонка ЛЖК показала, что из представленных в таблице 4 кислот преимущество в процентном отношении занимала уксусная кислота. Достоверность установлена в третьей и четвертой группах ( $p < 0,05 - < 0,01$ ), если сравнивать эти группы с контрольной. В этих группах уксусной кислоты было больше на 2,11-3,04%.

Наоборот, пропионовой и масляной кислот в группах, где применяли премикс «РумиМикс-3», было меньше контроля на 0,61-1,01% и на 0,15-2,03% соответственно.

Такой показатель как pH в рубцовом содержимом коров опытных групп был меньше контрольного варианта, без достоверных различий между вариантами опыта.

Показатель pH во второй, третьей и четвертой группами снизился на 0,09 – 0,12 по сравнению с контрольным вариантом.

Анализируя вышеизложенное, необходимо отметить, что использование в составе кормосмеси дойных коров премикса «РумиМикс-3» положительно повлияло на показатели рубцового содержимого подопытных животных. Активизировался азотистый обмен, достоверно возросло количество ЛЖК в рубце с преобладанием доли уксусной кислоты. Также изменилась pH в рубце, этот показатель в опытных группах стал меньше контроля.

Каждая научная разработка должна иметь экономическую эффективность (таблица 5).

Таблица 5 – Эффективность использования премикса «РумиМикс-3» для дойных коров в составе кормосмеси (на 1 голову)

Table 5 – Efficiency of using the Rumimix-3 premix for dairy cows as part of a feed mixture (per 1 head)

| Показатели / Indicators                                                                               | Группа / Group |       |       |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|
|                                                                                                       | 1              | 2     | 3     | 93    |
| Период кормления, сут. / Feeding period, day                                                          | 93             | 93    | 93    | 93    |
| Потреблено кормосмеси, ЭКЕ, ц / Feed mixtures consumed, EFU, c                                        | 21,82          | 21,91 | 22,09 | 21,97 |
| Стоимость потребленной кормосмеси, тыс. руб. / The cost of the consumed feed mixture, thousand rubles | 28,34          | 30,85 | 31,64 | 32,10 |
| в % к контролю / As a percentage of the control                                                       | 100            | 108,9 | 111,6 | 113,3 |
| Надоеено молока за период опыта, ц / Milk produced during the period of experience, c                 | 24,74          | 25,39 | 25,95 | 25,57 |
| Выручка от реализации молока, тыс. руб. / Revenue from the sale of milk, thousand rubles              | 79,17          | 81,25 | 83,04 | 81,82 |
| Затраты средств, тыс. руб.: на 1 голову / Cost of funds, thousand rubles: per 1 head                  | 35,77          | 36,40 | 36,70 | 36,59 |
| на 1 ц молока / per 1 tsp of milk                                                                     | 1,45           | 1,43  | 1,41  | 1,43  |
| Получено прибыли, тыс. руб.: на 1 голову / Profit received, thousand rubles: per 1 head               | 43,40          | 44,85 | 46,34 | 45,23 |
| на 1 ц молока / per 1 tsp of milk                                                                     | 1,75           | 1,77  | 1,79  | 1,77  |
| Уровень рентабельности, % / The level of profitability, %                                             | 21,3           | 23,2  | 26,3  | 23,6  |



Продолжительность кормления коров кормосмесью была одинаковой и составила 93 дня. Однако потребление кормосмеси зависело от применяемой дозировки премикса «РумиМикс-3». Дозировка 250 г/гол/сут. оказалась оптимальной по сравнению с другими, и поедаемость кормосмеси при ней была на 0,5-1,2% больше.

Далее определили стоимость потребленной кормосмеси, которая была выше в опытных группах на 2,51-3,76 тыс. руб., чем в контроле.

Применение изучаемого премикса при кормлении дойных коров повышало валовое производство молока на 0,38-1,21 ц при сравнении третьей группы с другими группами. Расчеты по выручке от реализации произведенного молока показали, что этот показатель максимальным был в третьей группе на 1,5-4,9% больше.

Для того чтобы определить прибыль и уровень рентабельности предложенной разработки, необходимо подсчитать затраты средств на 1 голову. Эти расчеты показали, что они были больше в опытных группах на 1,8-2,6%.

Теперь получается, что прибыли в опытных группах было получено больше на 3,3-6,8% в расчете на 1 голову. Уровень рентабельности в группах, где скармливали премикс «РумиМикс-3» был выше контроля на 1,9-5,0%.

В итоге оказалось, что применяемый премикс «РумиМикс-3» для дойных коров дал определенный экономический эффект. Молочная продуктивность возросла на 2,6-4,9%, прибыль увеличилась на 3,3-6,8% и рентабельность на 1,9-5,0%, если сравнивать с контрольной группой.

Но здесь уместно заметить, что наиболее высокие вышеперечисленные показатели были получены в третьей группе коров, которой давали в составе кормосмеси премикс «РумиМикс-3» в количестве 250 г/гол/сут. Поэтому эту дозировку надо считать оптимальной по сравнению с другими.

Другие применяемые дозировки 200 и 300 г/гол/сут. оказались менее эффективными. При их использовании от животных получали меньше животноводческой продукции, чем от таковых, получавших оптимальную дозу премикса.

Дело в том, что оптимальная дозировка премикса способствовала большей поедаемости кормосмеси в третьей группе животных, она была 97,8% от заданного количества корма. В других группах этот показатель составил 96,4-96,8%. Значит, внесение изучаемого премикса в состав кормосмеси видимо улучшало вкусовые показатели приготовленного корма и, естественно, его поедаемость. Повышение поедаемости и можно предположить – увеличение переваримости питательных веществ кормосмеси и ее усвояемости организмом животных повлекло за собой увеличение суточных удоев коров.

**Заключение.** Для кормления дойных коров рекомендуем применять премикс «РумиМикс-3». При его использовании увеличивается поедаемость кормосмеси, молочная продуктивность коров в первой фазе лактации и активизируется рубцовое пищеварение животных. Повышаются экономические показатели производства молока. При этом оптимальной дозировкой применения премикса «РумиМикс-3» явилась 250 г/гол/сут.

**Conclusions.** For feeding dairy cows, we recommend using the premix "Rumi-Mix-3". When using it, the feed mix is increased, the dairy productivity of cows in the first phase of lactation and the scar digestion of animals is activated. The economic indicators of milk production are increasing. At the same time, the optimal dosage of the Rumimix-3 premix was 250 g/ head/ day.

#### Библиографический список

1. Акифьева Г. Е., Гизатулин Р. Ф., Жетписбаева Х. Ш. Влияние гумитона на пищеварение, рост и развитие молодняка крупного рогатого скота. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2019. № 1. С. 30-37.
2. Машарова Н. С., Швецов Н. Н., Походня Г. С., Наумов М. М. Влияние БВМК "РумиМакс-Ц" на рост и рубцовое пищеварение телочек. Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2020. № 2 (16). С. 78-86.
3. Иванова И. Е., Волынкина М. Г., Ковалева О. В., Петрова Ю. А. Влияние минерального премикса в рационе высокопродуктивных коров на обменные процессы в период раздоя. Пермский аграрный вестник. 2018. № 2 (22). С. 129-134.
4. Горлов И. Ф., Мосолова Н. И., Сложенкина М. И. и др. Влияние новых кормовых добавок на продуктивность коров красной степной породы. Аграрный вестник Урала. 2023. № 4 (233). С. 61-69.

5. Чехранова С. В., Агапова О. Ю., Акмалиев Т. А., Ермолова Л. Ф. Влияние премиксов на молочную продуктивность коров. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 1 (29). С. 131-135.
6. Чехранова С. В., Николаев С. И., Ионов В. В., Куприянов С. Н. Влияние премиксов на рост и развитие молодняка крупного рогатого скота. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 3(209). С. 47-51.
7. Гаркушин Е. В., Шубина Т. П. Влияние витаминов и минералов на состояние здоровья и продуктивность крупного рогатого скота. Вестник Донского государственного аграрного университета. 2021. № 1-1 (39). С. 38-41.
8. Тарасова К. Ю., Швецов Н. Н., Иевлев М. Ю., Иванов А. В. Молочная продуктивность коров при использовании в составе кормосмеси премикса «Румимикс-3». Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2023. № 2 (28). С. 127-130.
9. Николаев С. И., Волколупов Г. В., Чехранова С. В., Акмалиев Т. А. Премиксы на основе рыжикового жмыха в кормлении крупного рогатого скота. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 3 (39). С. 121-127.
10. Швецов Н. Н., Швецова М. Р., Походня Г. С. и др. Продуктивное действие рационов и регламентированного кормления в скотоводстве. Белгород: Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина, 2022. 259 с.
11. Горлов И. Ф., Шахбазова О. П., Кобыляцкий П. С. и др. Совершенствование технологии выращивания молодняка крупного рогатого скота. Молочное и мясное скотоводство. 2014. № 4. С. 5-8.
12. Ahola J. K., Skow T. A., Hunt C. W., Hill R. A. Relationship between residual feed intake and end product palatability in longissimus steaks from steers sired by Angus bulls divergent for intramuscular fat expected progeny difference. Professional Animal Scientist. 2011. Vol. 27. № 2. Pp. 109-115.
13. Carter J. N., Ludden P. A., Kerley M. S., Ellersieck M., Herring W. O., Berg E. Intramuscular Fat Deposition in Steers Is Accelerated at a Set Body Weight. Professional Animal Scientist. 2002. Vol. 18. № 2. Pp. 135-140.
14. Nikolaev S. I., Randelin A. V., Karapetyan A. K., et al. The effect of mineral complexes on the growth intensity of young bulls for sustainable agriculture. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volgograd, 2022. P. 012026.

#### **References**

1. Akifieva G. E., Gizatulin R. F., Zhetpisbayeva H. S. Influence of humitone on digestion, growth and development of young cattle. Feeding farm animals and fodder production. 2019. № 1. Pp. 30-37.
2. Masharova N. S., Shvetsov N. N., Pokhodnya G. S., Naumov M. Influence of BVMK "Rumax-C" on calf growth and scar digestion. Topical issues of agricultural biology. 2020. № 2 (16). Pp. 78-86.
3. Ivanova I. E., Volynkina M. G., Kovaleva O. V., Petrov Yu. A. The influence of the mineral premix in the diet of highly productive cows on metabolic processes during the strife. Perm Agrarian Bulletin. 2018. № 2 (22). Pp. 129-134.
4. Gorlov I. F., Mosolova N. I., Skladenkina M. I., etc. Influence of new feed additives on productivity of red steppe cows. Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. № 4 (233). Pp. 61-69.
5. Chehranova S. V., Agapova O. Yu., Akmaliev T. A., Ermolova L. F. Influence of premixes on dairy productivity of cows. Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2013. № 1 (29). Pp. 131-135.
6. Chehranova S. V., Nikolaev S. I., Ionov V. V., Kupriyanov S. N. The influence of premixes on the growth and development of young cattle. Bulletin of Altai State Agrarian University. 2022. № 3 (209). Pp. 47-51.
7. Garkushin E. V., Shubina T. P. Effects of vitamins and minerals on the health and productivity of cattle. Bulletin of the Don State Agrarian University. 2021. № 1-1 (39). Pp. 38-41.
8. Tarasova K. Yu., Shvetsov N. N., Ievlev M. Yu., Ivanov A. V. Milk productivity of cows when using the Rumimix-3 premix as part of a feed mixture. Topical issues of agricultural biology. 2023. № 2 (28). Pp. 127-130.
9. Nikolaev S. I., Volkolupov G. V., Chehranova S. V., Akmaliev T. A. Premixes based on red cake in feeding cattle. Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2015. № 3 (39). Pp. 121-127.
10. Shvetsov N. N., Shvetsova M. R., Pokhodnya G. S., etc. Productive effect of diets and regulated feeding in cattle breeding. Belgorod: Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, 2022. 259 p.
11. Gorlov I. F., Shakhbazova O. P., Kobylyatsky P. S., etc. Improving the technology of raising young cattle. Dairy and meat cattle breeding. 2014. № 4. Pp. 5-8.
12. Ahola J. K., Skow T. A., Hunt C. W., Hill R. A. Relationship between residual feed intake and end product palatability in longissimus steaks from steers sired by Angus bulls divergent for intramuscular fat expected progeny difference. Professional Animal Scientist. 2011. Vol. 27. № 2. Pp. 109-115.
13. Carter J. N., Ludden P. A., Kerley M. S., Ellersieck M., Herring W. O., Berg E. Intramuscular Fat Deposition in Steers Is Accelerated at a Set Body Weight. Professional Animal Scientist. 2002. Vol. 18. № 2. Pp. 135-140.
14. Nikolaev S. I., Randelin A. V., Karapetyan A. K., et al. The effect of mineral complexes on the growth intensity of young bulls for sustainable agriculture. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volgograd, 2022. P. 012026.

#### **Информация об авторах**

**Тарасова Кристина Юрьевна**, аспирант кафедры «Общая и частная зоотехния», ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В. Я. Горина (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, Белгородский район, пос. Майский, ул. Вавилова, д. 24), e-mail: kristinavajgandt@mail.ru

**Швецов Николай Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Общая и частная зоотехния», ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В. Я. Горина (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, Белгородский район, пос. Майский, ул. Вавилова, д. 24), e-mail: vladimirnik50@yandex.ru

**Чехранова Светлана Викторовна**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: schekhronova@mail.ru

**Николаев Сергей Иванович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

**Елизаров Дмитрий Юрьевич**, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: elizarovdmity580@gmail.com

#### **Author's Information**

**Tarasova Kristina Yurievna**, graduate student of the Department of General and Private Animal Engineering of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod Region, Belgorod district, village Maysky, Vavilova St., 24), e-mail: kristinavajgandt@mail.ru

**Shvetsov Nikolai Nikolaevich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of General and Private Livestock Engineering of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod region, Belgorod district, village Maysky, Vavilova St., 24), e-mail: vladimirnik50@yandex.ru

**Chehranova Svetlana Viktorovna**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding and Breeding Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: schekhronova@mail.ru

**Nikolaev Sergey Ivanovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of "Feeding and Breeding of Farm Animals" Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

**Yelizarov Dmitry Yuryevich**, graduate student of the Department "Feeding and breeding of farm animals" Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: elizarovdmity580@gmail.com

## АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-33

### MODERNIZATION OF A SHORT-JET DEFLECTOR NOZZLE FOR PRODUCING ARTIFICIAL RAIN

Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Kozinskaya O. V.,  
Bocharnikova O. V., Denisova M. A.

Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: bocharnikov\_vs@mail.ru

Received 24.02.2024

Submitted 26.03.2024

#### Summary

The article proposes an improvement of the short-jet deflector nozzle by changing the type of longitudinal passage channel made in the form of a truncated cone, in which a screw flow director with a Teflon coating 45 microns thick is located, which will lead to an increase in the rotation speed and an increase in the centrifugal forces of the flow. As a result of improving the short-jet deflector nozzle, by changing the type of flow guide and coating it with Teflon, the speed of the water jet will increase; the flow, breaking up on the deflector into small drops, increases their flight range, due to their lower weight.

#### Abstract

**Introduction.** All sprinkler machines and installations are equipped with rain-forming devices to create artificial rain. A wide variety of different rain-forming devices are known, differing in design, required pressure, radius of action, forming a stream of various shapes and sizes that are not always of sufficient quality. Existing deflector nozzles have a fairly high-quality distribution of rainwater due to the design of the deflector. Together with uniform watering and a fairly small droplet size of the artificial rain created (0.9-1.1 mm), they can operate with a relatively low pressure, which reduces energy costs. Deflector nozzles also have disadvantages associated with the high intensity of rain and the small radius of rain catching the irrigated area. **Object.** Short jet deflector nozzle. **Materials and methods.** It is proposed to improve the short-jet deflector nozzle by changing the type of longitudinal passage channel made in the form of a truncated cone, in which a screw flow director with a Teflon coating 45 microns thick is located, which will lead to an increase in the rotation speed and an increase in the centrifugal forces of the flow. **Results and conclusions.** As a result of improving the short-jet deflector nozzle, by changing the type of flow guide and coating it with Teflon, the speed of the water jet will increase; the flow, breaking up on the deflector into small drops, increases their flight range, due to their lower weight.

**Keywords:** sprinklers, short-jet deflector nozzles, deflectors, irrigation technologies.

**Citation.** Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Kozinskaya O. V., Bocharnikova O. V., Denisova M. A. Modernization of a short-jet deflector nozzle for producing artificial rain. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 273-279 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-33.

**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 631.674.5

### МОДЕРНИЗАЦИЯ КОРОТКОСТРУЙНОЙ ДЕФЛЕКТОРНОЙ НАСАДКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ

Овчинников А. С., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

Бочарников В. С., доктор технических наук, доцент

Козинская О. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Бочарникова О. В., доктор технических наук, доцент

Денисова М. А., кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Актуальность.** Дождеобразующими устройствами оборудованы все дождевальные машины и установки с целью создания искусственного дождя. Известно большое разнообразие различных дождеобразующих устройств, различающихся по конструкции, необходимому напору, радиу-



су действия, образующих струю различной формы и размера не всегда достаточного качества. Существующие дефлекторные насадки обладают достаточно качественным распределением дождевой воды за счет устройства дефлектора. Вместе с равномерным поливом и достаточно мелким размером капель создаваемого искусственного дождя (0,9-1,1 мм) они могут работать при относительно небольшом напоре, что снижает энергетические затраты. Дефлекторным насадкам присущи и недостатки, связанные с высокой интенсивностью дождя и небольшим радиусом захвата дождем поливаемой площади. **Объект исследования.** Короткоструйная дефлекторная насадка. **Материалы и методы.** Предложено усовершенствование короткоструйной дефлекторной насадки за счет изменения вида продольного проходного канала выполненного в виде усеченного конуса, в котором расположен винтовой направитель потока с тефлоновым покрытием толщиной 45 микрон, что приведет к возрастанию скорости вращения и увеличению центробежных сил потока. **Результаты и выводы.** В результате усовершенствования короткоструйной дефлекторной насадки, за счет изменения вида правителя потока и покрытия его тефлоном, скорость вылета водяной струи возрастет, поток, разбиваясь о дефлектор на мелкие капли, увеличивается их дальность отлета, из-за их меньшего веса.

**Ключевые слова:** дождевание, короткоструйные дефлекторные насадки, дефлекторы, технологии орошения.

**Цитирование.** Овчинников А. С., Бочарников В. С., Козинская О. В., Бочарникова О. В., Денисова М. А. Модернизация короткоструйной дефлекторной насадки для получения искусственного дождя. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 273-279. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-33.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Изменчивые погодные условия способствуют развитию и применению искусственного орошения земель с целью повышения производства сельскохозяйственной продукции для обеспечения продовольственной безопасности страны [1, 2, 3]. Без него невозможно получить высокие урожаи качественной растениеводческой продукции [4, 5]. На сегодняшний день одним из развивающихся способов орошения является дождевание, а именно разработка дождевальной техники, способной создавать дождь с возможностью регулирования его параметров сокращения расхода воды, равномерного распределения дождя по площади орошения, предотвращению водной эрозии [6, 7]. Применение того или иного способа полива обуславливается необходимостью поддержания оптимальной влажности в активном слое почвы, максимальным снижением непродуктивных потерь оросительной воды на поверхностный сток, испарение и фильтрацию, а также капитальных и производственных затрат [8, 9]. Актуальной сегодня является и разработка новых технических средств орошения, а также обеспечение качества поливной воды без отрицательного влияния на почвенный покров орошаемого массива и надежное функционирование оросительной и иной техники, включая использование воды в технологических процессах применения различных растворов средств защиты растений и фертигации [10, 11].

Исследованию технологий и технических средств орошения дождеванием посвящены многие исследования российских и зарубежных авторов, которые в своих работах рассматривают правильное (своевременное) назначение и осуществление поливов с учетом биологических особенностей культур, погодных условий и гранулометрического состава почвы, показатели эффективности орошения, включая коэффициент равномерности, равномерность распределения воды, эффективность применения, влияние конструкции дождевальной насадки на равномерность полива, а также распределение влаги в почвенном профиле [12-16]. Значительное количество современных исследований посвящено технологиям управления орошения дождеванием, в том числе и с использованием искусственного интеллекта [17-20].

Дождеобразующими устройствами оборудованы все дождевальные машины и установки с целью создания искусственного дождя. Известно большое разнообразие различных дождеобразующих устройств, различающихся по конструкции, необходимому напору, радиусу действия, образующие струю различной формы и размера, не

всегда достаточного качества [21]. Существующие дефлекторные насадки обладают достаточно качественным распределением дождевой воды за счет устройства дефлектора. Вместе с равномерным поливом и достаточно мелким размером капель создаваемого искусственного дождя (0,9-1,1 мм) они могут работать при относительно небольшом напоре, что снижает энергетические затраты [22]. Дефлекторным насадкам присущи и недостатки, связанные с высокой интенсивностью дождя и небольшим радиусом захвата дождем поливаемой площади.

В настоящее время существует большое разнообразие различных покрытий для повышения износостойкости и удлинения срока службы машин и механизмов. Широкое распространение за счет исключительных свойств получил политетрафторэтилен (тефлон). Помимо того, что он обладает повышенной температурной стойкостью от  $-70^{\circ}\text{C}$  до  $+270^{\circ}\text{C}$  и имеет очень низкое поверхностное натяжение. Создавая тонкую пленку на материале, коэффициент трения уменьшается, скольжение поверхности увеличивается.

Нами предлагается усовершенствование конструкции короткоструйной дождевальной насадки с целью увеличения равномерности распыла, дальности полета капель дождя и площади захвата дождем.

**Материалы и методы.** Насадки являются рабочими органами дождевальной машины, обеспечивающими распределение водного потока на мелкие капли дождя и их распыление на определенное расстояние по площади их захвата. Качество распределения зависит от давления в водопроводящий пояс дождевальной машины, диаметра насадки, а так же от конструкции насадки. Целью нашего исследования являлось усовершенствование короткоструйной дефлекторной насадки за счет повышения технологичности устройства и улучшение показателей качества искусственного дождя

Известна короткоструйная дефлекторная насадка, содержащая корпус, включающий нижнюю часть с наружной резьбой для ввинчивания его в патрубок водопроводящего пояса дождевальной машины, продольный проходной канал диаметром  $d_1=4\ldots 8$  мм и длиной  $l_1=(3\ldots 4)\cdot d_1$ , радиальные отверстия диаметром  $d_2=0,2\cdot d_1$ , выполненные на расстоянии  $l_2=(0,5\ldots 1,0)\cdot d_1$  от острой кромки входного отверстия продольного проходного канала, и верхнюю часть с дефлектором, выполненным заодно с корпусом, при этом корпус выполнен в виде многогранника, а дефлектор выполнен в виде криволинейной поверхности радиусом  $R_1=10\cdot d_1$ , шириной  $b_2=(3\ldots 5)\cdot d_1$  и глубиной  $h_2=3,5\ldots 5,0$  мм и расположен под углом  $\alpha=40\ldots 60^{\circ}$  относительно плоской площадки, отличающаяся тем, что корпус и дефлектор изготовлены посредством литья единой деталью, в конце продольного проходного канала выполнена внутренняя резьба, в которую ввинчен сменный сопловой насадок, причем разность его диаметров определяется отношением 7/12, на дефлекторе расположен вертикальный рассекающий части потока, выполненный в виде клина, острая часть которого направлена навстречу потоку и имеет угол  $15\ldots 17^{\circ}$ , угол между сторонами клина и плоскостью дефлектора составляет  $90^{\circ}$ , высоты сторон клина равные и образуют поверхность, параллельную продольному проходному каналу, а ее высота соответствует центру окружности продольного проходного канала.

Недостатком данной конструкции является сложность конструкции, маленькая площадь распыления капель дождя, наличие радиальных отверстий в продольном проходном канале через которые происходит подсос воздуха, что приводит к значительному снижению объемного модуля упругости жидкости, а также к увеличению вязкости.

Параметры дождя зависят от нескольких факторов, одним из которых является скорость истечения струи. При закручивании потока жидкости образуется вихревое движение и происходит увеличение скорости потока (рисунок 1).

Для увеличения площади распыления дождя нами предлагается провести модернизацию короткоструйного дефлекторного насадка за счет изменения вида продольного проходного канала выполненного в виде усеченного конуса, в котором расположен винтовой направитель потока с тефлоновым покрытием толщиной 45 микрон, что приведет к возрастанию скорости вращения и увеличению центробежных сил потока (рисунок 2).

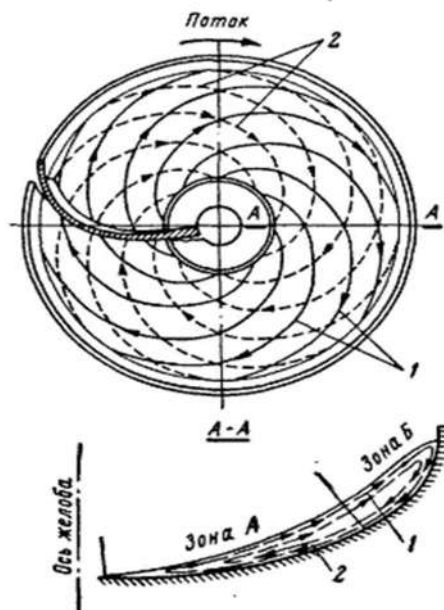


Рисунок 1 – Движение жидкости в винтовом потоке

1,2 – траектории движения потока

Figure 1 – Fluid Flow in Helical Flow

1,2 – Flow Paths

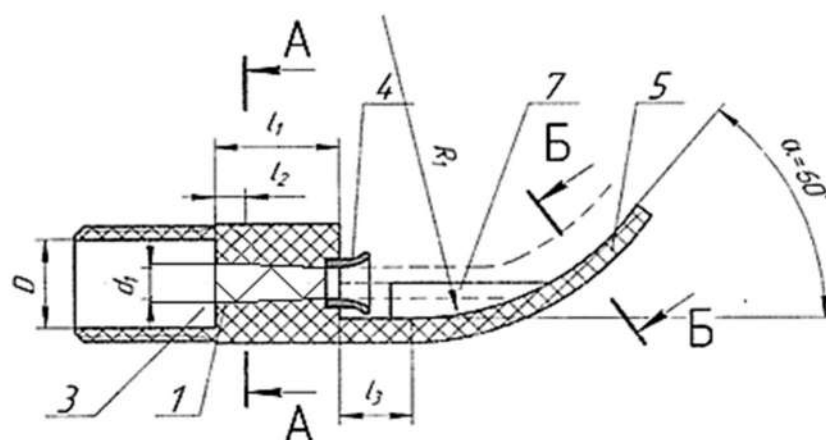


Рисунок 2 – Короткоструйная дефлекторная насадка:

1 – продольный проходной канал, 2 – винтовой направляющий потока, 3 – входное отверстие,

4 – сопловой насадок, 5 – дефлектор, 6 – плоская площадка, 7 – рассекающий поток

Figure 2 – Short-jet deflector nozzle:

1 – longitudinal flow channel, 2 – screw flow guide, 3 – inlet, 4 – nozzle, 5 – deflector, 6 – flat platform,

7 – flow divider

**Результаты и обсуждения.** Насадка короткоструйная дефлекторная работает следующим образом. Водный поток под давлением, движущийся по водопроводящему поясу дождевальной машины, поступает в продольный проходной канал, выполненный в виде усеченного конуса, проходя через входное отверстие при движении внутри корпуса продольного канала, выполненного в виде усеченного конуса, обтекает витки винтового направляющего и приобретает вращательное движение, за счет тефлонового покрытия потери на трение снижаются, скорость потока увеличивается, струя воды медленно сужается, при этом в потоке возникают центробежные силы. Далее струя проходит через сопловой насадок, за счет чего увеличивается расход жидкости и давление на выходе, тем самым

создавая большее разрежение и лучшую дисперсность воды. Затем струя, при достижении вертикального рассекателя части потока, разделяется на две равные части, верхняя – проходя мимо вертикального рассекателя части потока, направляется к центральной части дефлектора, а нижняя в свою очередь делится еще на две части вертикальным рассекателем части потока и направляется на края дефлектора. Все части разделенного потока ударяются о дефлектор, выполненный в виде криволинейной поверхности и далее, разбиваясь о него отдельными потоками, образуют общий ложкообразный сплошной факел. При дальнейшем движении в воздухе водовоздушные струйки на некотором участке пути сохраняют сплошность, но затем распадаются и продолжают движение в виде капель.

**Выводы.** Модернизация дождеобразующих устройств с использованием тефлонового покрытия повышает скорость потока струи, за счет этого, качество создаваемого дождя увеличивается из-за уменьшения диаметра капель. Таким образом, в результате усовершенствования короткоструйной дефлекторной насадки, за счет изменения вида правителя потока и покрытия его тефлоном, скорость вылета водяной струи возрастет, поток, разбиваясь о дефлектор на мелкие капли, увеличивается их дальность отлета, из-за их меньшего веса.

**Conclusions.** Modernization of rain-forming devices using Teflon coating increases the flow rate of the jet, due to this, the quality of the generated rain increases due to a decrease in the diameter of the drops. Thus, as a result of improving the short-jet deflector nozzle, by changing the type of flow guide and coating it with Teflon, the speed of the water jet will increase; the flow, breaking up on the deflector into small drops, increases their flight range, due to their lower weight.

#### Библиографический список

1. Mo J., Huang X., Li W., Li Y. Research and optimization of hydraulic characteristics of large-scale variable sprinkler irrigation machine based on PWM technology. Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2020. No 36 (19). С. 76-85.
2. Юрченко И. Ф. Перспективные технологии инновационного орошения. Мелиорация и гидротехника. 2022. № 4 (12). С. 20-23.
3. Yurchenko I. F. Development of innovative management systems for agricultural production on reclaimed lands Business. education. right. 2020. No 1 (50). Pp. 42–49.
4. Овчинников А. С., Бочарникова О. В., Бочарников В. С. Оценка рентабельности производства овощей в Нижнем Поволжье. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2007. № 1 (5). С. 49-53.
5. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P. Methodology of calculation and justification of the wetting parameters in the open field and greenhouse. Environmental Engineering. 2012. № 4. P. 29.
6. Zverkov M., Olgarenko G. Stimating raindrops sizes for research of irrigation equipment. International Multi-disciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. 2020. No 3.1. Pp. 107-112.
7. Малышева Н. Н., Якуба С. Н., Хаджиди А. Е. К вопросу развития мелиорации в степной зоне красnodарского края. Рисоводство. 2021. № 4 (53). С. 66-73.
8. Овчинников А. С., Бочарников В. С. Новые технические решения повышения эффективности ресурсосберегающих способов полива. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1 (25). С. 119-124.
9. Овчинников А. С., Бочарникова О. В., Бочарников В. С., Пантюшина Т. В. Особенности технологии возделывания сладкого перца при капельном орошении в условиях Нижнего Поволжья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2010. № 3 (19). С. 18-22.
10. Бочарников В. С., Козинская О. В., Денисова М. А., Бочарникова О. В. Изучение режимов осадения загрузки с помощью гидравлической установки. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 260-267.
11. Овчинников А.С., Бочарникова О.В., Бочарников В.С. Оценка рентабельности производства овощей в Нижнем Поволжье. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2007. No 1 (5). С. 49-53.
12. Ahmadi S. H., Solgi Sh., Mashouqi S. Sprinkler Irrigation System Performance in Winter Wheat Fields: A Comprehensive Study. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2024. V. 150.
13. Study on the Influence of Nozzle Structure Reform on Sprinkling Uniformity of Micro Sprinkler Irrigation System. Hans Journal of Agricultural Sciences. 2024. V. 14. Pp. 47-58.
14. Mudzakir A., Bowo C., Andianto P. Distribusi Kadar Air Tanah Dengan Irigasi Curah Pada Budidaya Tanaman Stevia (Stevia rebaudiana B.): Distribution of Soil Water Content under Sprinkler Irrigation in Stevia (Stevia rebaudiana B.) Cultivation. Jurnal sains teknologi & lingkungan. 2023. No 9. Pp. 689-700.
15. Дубенок Н. Н., Яланский Д. В., Мажайский Ю. А. и др. Анализ и обоснование методов к определению водопотребления сенокосно-пастбищной травосмеси в условиях орошения дождеванием. Овощи России. 2021. № 2. С. 93-97.
16. Bocharnikov V. S., Kozinskaya O.V., Denisova M.A., Bocharnikova O.V., Repenko T.V., Pustovalov E.V. Effect of the structure of artificial rain on the soil. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021. 2022. P. 012008.



17. Nathbuva S. Automated Sprinkle Irrigation Advantages and Disadvantages. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*. 2023. Pp. 347-352.
18. Liu Ch., Liu G., Zhang H. Optimized Design for Reliability of Pointer Irrigation Machine Components for Intelligent Computing. *International Transactions on Electrical Energy Systems*. 2022. Pp. 1-11.
19. Skhiri A., Gabsi K., Dewidar A., Mattar M. Artificial Neural Networks versus Multiple Linear Regressions to Predict the Christiansen Uniformity Coefficient in Sprinkler Irrigation. *Agronomy*. 2023. No 13. 2979.
20. Tang L., Yuan S., Liu J., Qiu Z., Ma J., Sun X., Zhou C., Gao Z. Challenges and opportunities for development of sprinkler irrigation machine in China. *Paiguan Jixie Gongcheng Xuebao/Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering*. 2022. No 40. Pp. 1072-1080.
21. Слабунов В. В., Слабунова А. В., Куприянов А. А. Исследования характеристик дефлекторных насадок кругового типа. *Мелиорация и водное хозяйство*. 2020. № 4. С. 29-34.
22. Rovelto C. O. R., Ruiz N. Z., Tolosa J. B., Félix J. R. F., Latorre B. Characterization and simulation of a low-pressure rotator spray plate sprinkler used in center pivot irrigation systems. 2019. No 11 (8). P. 1684.

#### References

1. Mo J., Huang X., Li W., Li Y. Research and optimization of hydraulic characteristics of large-scale variable sprinkler irrigation machine based on PWM technology. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 2020. No 36 (19). С. 76-85.
2. Yurchenko I. F. Perspective technologies of innovative irrigation. *Melioration and hydraulic engineering*. 2022. № 4 (12). Pp. 20-23.
3. Yurchenko I. F. Development of innovative management systems for agricultural production on reclaimed lands *Business. education. right*. 2020. No 1 (50). Pp. 42-49.
4. Ovchinnikov A. S., Bocharnikova O. V., Bocharnikov V. S. Evaluation of profitability of vegetable production in the Lower Volga region. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2007. № 1 (5). Pp. 49-53.
5. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P. Methodology of calculation and justification of the wetting parameters in the open field and greenhouse. *Environmental Engineering*. 2012. № 4. P. 29.
6. Zverkov M., Olgarenko G. Stimating raindrops sizes for research of irrigation equipment. *International Multi-disciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*. 2020. No 3.1. Pp. 107-112.
7. Malysheva N. N., Yakuba S. N., Khadzhi A. E. To the issue of land reclamation development in the steppe zone of Krasnodar Region. *Rice growing*. 2021. № 4 (53). Pp. 66-73.
8. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S. New technical solutions to increase the efficiency of resource-saving methods of irrigation. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2012. № 1 (25). Pp. 119-124.
9. Ovchinnikov A. S., Bocharnikova O. V., Bocharnikov V. S., Pantyushina T. V. Features of sweet pepper cultivation technology under drip irrigation in the conditions of the Lower Volga region. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2010. № 3 (19). Pp. 18-22.
10. Bocharnikov V. S., Kozinskaya O. V., Denisova M. A., Bocharnikova O. V. Study of loading deposition modes with the help of hydraulic installation. *Proceedings of Nizh-nevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2020. № 1 (57). Pp. 260-267.
11. Ovchinnikov A.S., Bocharnikova O.V., Bocharnikov V.S. Assessment of profitability of vegetable production in the Lower Volga region. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2007. No 1 (5). Pp. 49-53.
12. Ahmadi S. H., Solgi Sh., Mashouqi S. Sprinkler Irrigation System Performance in Winter Wheat Fields: A Comprehensive Study. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 2024. V. 150.
13. Study on the Influence of Nozzle Structure Reform on Sprinkling Uniformity of Micro Sprinkler Irrigation System. *Hans Journal of Agricultural Sciences*. 2024. V. 14. Pp. 47-58.
14. Mudzakir A., Bowo C., Andianto P. Distribusi Kadar Air Tanah Dengan Irigasi Curah Pada Budidaya Tanaman Stevia (Stevia rebaudiana B.): Distribution of Soil Water Content under Sprinkler Irrigation in Stevia (Stevia rebaudiana B.) Cultivation. *Jurnal sains teknologi & lingkungan*. 2023. No 9. Pp. 689-700.
15. Dubenok N. N., Yalanskiy D. V., Mazhaysky Yu., et al. Analysis and substantiation of methods to determine water consumption of hay and pasture grass mixture under sprinkler irrigation. *Vegetables of Russia*. 2021. № 2. С. 93-97.
16. Bocharnikov V. S., Kozinskaya O. V., Denisova M. A., Bocharnikova O. V., Repenko T. V., Pustovalov E. V. Effect of the structure of artificial rain on the soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgrolNNOVATION 2021*". 2022. P. 012008.
17. Nathbuva S. Automated Sprinkle Irrigation Advantages and Disadvantages. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*. 2023. Pp. 347-352.
18. Liu Ch., Liu G., Zhang H. Optimized Design for Reliability of Pointer Irrigation Machine Components for Intelligent Computing. *International Transactions on Electrical Energy Systems*. 2022. Pp. 1-11.
19. Skhiri A., Gabsi K., Dewidar A., Mattar M. Artificial Neural Networks versus Multiple Linear Regressions to Predict the Christiansen Uniformity Coefficient in Sprinkler Irrigation. *Agronomy*. 2023. No 13. 2979.
20. Tang L., Yuan S., Liu J., Qiu Z., Ma J., Sun X., Zhou C., Gao Z. Challenges and opportunities for development of sprinkler irrigation machine in China. *Paiguan Jixie Gongcheng Xuebao/Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering*. 2022. No 40. Pp. 1072-1080.
21. Slabunov V. V., Slabunova A. V., Kupriyanov A. A. Studies of characteristics of deflector nozzles of circular type. *Reclamation and Water Management*. 2020. № 4. Pp. 29-34.
22. Rovelto C. O. R., Ruiz N. Z., Tolosa J. B., Félix J. R. F., Latorre B. Characterization and simulation of a low-pressure rotator spray plate sprinkler used in center pivot irrigation systems. 2019. No 11 (8). P. 1684.

## 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

**Бочарников Виктор Сергеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: bocharnikov\_vs@mail.ru

**Козинская Ольга Владимировна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: kozinska1977@mail.ru

**Бочарникова Олеся Владимировна**, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

**Денисова Мария Алексеевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: masha2008-1988@mail.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

**Kozinskaya Olga Vladimirovna**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Environmental Management and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: kozinska1977@mail.ru

**Bocharnikov Viktor Sergeevich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: bocharnikov\_vs@mail.ru

**Bocharnikova Olesya Vladimirovna**, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

**Denisova Maria Alekseevna**, Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: masha2008-1988@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-34

**REDUCING UNPRODUCTIVE SHIFT TIME WHEN HARVESTING  
PANICLE CROPS WITH A SORGHUM HARVESTER****Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Pavlovsky D. S.***Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation*

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

Received 10.12.2023

Submitted 26.03.2024

**Summary**

The article examines the design features of sorghum harvesters developed at the Volgograd State Agrarian University: mounted single-row, trailed double-row and mounted single-row, equipped with replaceable grain bins. Based on continuous timing of the operation of a mounted single-row sorghum harvester and mathematical modeling of the use of other studied combines for harvesting grain sorghum, the distribution of time costs by shift time elements is given. The coefficients of utilization of shift time and shift productivity of combines have been determined. Ways to increase the productivity of sorghum harvesters have been proposed.

**Abstract**

**Introduction.** Increasing the efficiency of using agricultural machinery is inextricably linked with the introduction into production of new types of machines that perform technological operations with high productivity and quality of work. In this regard, researchers of agricultural machines have a goal aimed at solving problems of developing methods and ways to increase machine productivity, reduce crop losses, labor costs, fuel and lubricant consumption, including through improvements in machine designs using statistical information on the results of their operation in real conditions, the use of scientific methods and methods developed by scientists. The results of studies of the developed models of sorghum harvesters for harvesting panicle crops show significant losses of shift time for unloading grain from bins into a vehicle and waiting for this transport, which leads to a decrease in the shift productivity of combines, an extension of harvesting time and an increase in grain losses. In addition, trailed sorghum harvesters lose significant time turning at the end of the headland. Reducing unproductive time is the main way to increase the productivity of a sorghum harvester. **The purpose of the work** is to reduce unproductive shift time when harvesting grain sorghum through the use of an experimental sorghum harvester equipped with replaceable grain bins.

**Materials and methods.** When harvesting grain sorghum of the Premiere variety during the harvesting seasons of 2020 and 2022, continuous timing of the operation of a mounted sorghum harvester was carried out, the energy source of which was the T-16M self-propelled chassis. Based on the obtained statistical information on the operation of a mounted sorghum harvester, mathematical modeling was carried out to evaluate the performance indicators of using a trailed double-row sorghum harvester based on MTZ-82.1 and a mounted sorghum harvester equipped with replaceable grain bins. **Results and discussion.** The schemes of a mounted single-row sorghum harvester, as well as a trailed double-row and mounted one, equipped with replaceable grain bins, are considered. The time spent on elements of shift time when threshing standing grain sorghum with the studied sorghum harvesters was determined. Analysis of the research results showed that the maximum share of the main time in the shift (71.57%) corresponds to harvesting grain sorghum with an experimental sorghum harvester equipped with replaceable grain bins, and the minimum (44.0%) – when using a trailed double-row sorghum harvester; the most significant time spent on unloading grain from the bunker of a trailed double-row sorghum harvester, which is explained by the use of an insufficient grain bin on this combine; Unproductive shift time can be reduced by using a sorghum harvester equipped with replaceable grain bins. **Conclusions.** Based on the results of continuous timing of the operation of a mounted sorghum harvester based on the self-propelled T-16M chassis for harvesting grain sorghum and mathematical modeling of the assessment of indicators for the use of trailed two-row and mounted sorghum harvesters equipped with replaceable grain bins, the distribution of shift time by component elements was obtained. Significant unproductive shift time (more than 30%) occurs when unloading grain from the bunker of a trailed double-row weed harvester. It has been established that shift time is used most effectively when harvesting grain sorghum using an experimental mounted sorghum harvester equipped with replaceable grain bins. The productivity of a sorghum harvester can be significantly increased by increasing the number of simultaneously threshed rows of grain sorghum using more powerful energy resources and equipment with replaceable bins.

**Keywords:** sorghum harvesters, panicle crops, grain sorghum harvesting, shift capacity of combines, replaceable grain hopper.

**Citation.** Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Pavlovsky D. S. Reducing unproductive shift time when harvesting panicle crops with a sorghum harvester. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 279-289 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-34.

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

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

УДК 631.354.2

## СНИЖЕНИЕ НЕПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ ВРЕМЕНИ СМЕНЫ ПРИ УБОРКЕ МЕТЕЛОЧНЫХ КУЛЬТУР СОРГОУБОРОЧНЫМ КОМБАЙНОМ

Ряднов А. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
Федорова О. А., доктор технических наук, профессор  
Павловский Д. С., аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Актуальность.** Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники неразрывно связано с внедрением в производство машин новых образцов, выполняющих технологические операции с высокой производительностью и качеством работ. В связи с этим перед исследователями машин сельскохозяйственного назначения стоит цель, направленная на решение задач по разработке способов и путей повышения производительности машин, снижения потерь урожая, затрат труда, расхода топливосмазочных, в том числе на основе усовершенствований конструкций машин с использованием статистической информации по результатам их эксплуатации в реальных условиях, использования разработанных учеными научных методов и способов. Результаты исследований разработанных моделей соргоуборочных комбайнов на уборке метелочных культур показывают существенные потери времени смены на выгрузку зерна из бункеров в транспортное средство и ожидание этого транспорта, что ведет к снижению сменной производительности комбайнов, к растягиванию сроков уборки и увеличению потерь зерна. Кроме того, прицепные соргоуборочные комбайны теряют существенное время на повороты в конце гона. Снижение непроизводительных затрат времени – основной путь повышения производительности соргоуборочного комбайна. **Цель работы** – снижение непроизводительных затрат времени смены при уборке зернового сорго за счет использования экспериментального соргоуборочного комбайна, оборудованного сменными зерновыми бункерами. **Материалы и методы.** При уборке зернового сорго сорта «Премьера» в уборочные сезоны 2020 и 2022 годов проведен сплошной хронометраж работы навесного соргоубороч-

ного комбайна, энергетическим средством которого являлось самоходное шасси Т-16М. На основе полученной статистической информации о работе навесного соргоуборочного комбайна проведено математическое моделирование оценки показателей использования прицепного двухрядного соргоуборочного комбайна на базе МТЗ-82.1 и навесного соргоуборочного комбайна, оборудованного сменными зерновыми бункерами. **Результаты и обсуждение.** Рассмотрены схемы навесного одnorядного соргоуборочного комбайна, а также прицепного двухрядного и навесного, оборудованного сменными зерновыми бункерами. Определены затраты времени на элементы времени смены при обмолоте зернового сорго на корню исследуемыми соргоуборочными комбайнами. Анализ результатов исследований показал, что максимальная доля основного времени в сменном (71,57%) соответствует уборке зернового сорго экспериментальным соргоуборочным комбайном, оборудованным сменными зерновыми бункерами, а минимальная (44,0%) – при использовании прицепного двухрядного соргоуборочного комбайна; наиболее существенны затраты времени на выгрузку зерна из бункера прицепного двухрядного соргоуборочного комбайна, что объясняется использованием на этом комбайне зернового бункера недостаточного объема; снизить непроизводительные затраты времени смены можно за счет использования соргоуборочного комбайна, оборудованного сменными зерновыми бункерами. **Заключение.** По результатам сплошного хронометража работы навесного соргоуборочного комбайна на базе самоходного шасси Т-16М на уборке зернового сорго и математического моделирования оценки показателей использования прицепного двухрядного и навесного, оборудованного сменными зерновыми бункерами, соргоуборочных комбайнов получено распределение сменного времени по составляющим элементам. Значительные непроизводительные затраты времени смены (более 30%) приходятся на выгрузку зерна из бункера прицепного двухрядного соргоуборочного комбайна. Установлено, что наиболее эффективно используется сменное время при уборке зернового сорго экспериментальным навесным соргоуборочным комбайном, оборудованным сменными зерновыми бункерами. Производительность соргоуборочного комбайна можно существенно увеличить путем увеличения количества одновременно обмолачиваемых рядов зернового сорго с применением более мощных энергетических средств и оборудования сменными бункерами.

**Ключевые слова:** соргоуборочные комбайны, метелочные культуры, уборка зернового сорго, сменная производительность комбайнов, сменный зерновой бункер.

**Цитирование.** Ряднов А. И., Федорова О. А., Павловский Д. С. Снижение непроизводительных затрат времени смены при уборке метелочных культур соргоуборочным комбайном. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 279-289. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-34.

**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.** Важнейшей задачей развития сельского хозяйства в нашей стране является увеличение производства высококачественного зерна. Решение этой задачи основано на использовании высокопродуктивных сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, строгом соблюдении агротехнических требований при выполнении технологических операций возделывания и уборки культур, повышении эффективности использования сельскохозяйственной техники и других факторов. Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники неразрывно связано с внедрением в производство машин новых образцов, выполняющих технологические операции с высокой производительностью и качеством работ. В связи с этим перед сельхозтоваропроизводителями и исследователями машин сельскохозяйственного назначения стоит цель, направленная на решение задач по разработке способов и путей повышения производительности машин, снижения потерь урожая, затрат труда, расхода топливо-смазочных и других материалов, в том числе на основе усовершенствований конструкций машин с использованием статистической информации по техническим отказам и технологическим неисправностям машин при их эксплуатации в реальных условиях, использования разработанных учеными научных методов и способов оптимизации размерно-массовых характеристик узлов и механизмов машин и машинно-тракторных агрегатов, а также минимизации энергетических, трудовых и материальных затрат при использовании машин с учетом природно-климатических и производственных условий.

Соблюдение агротехнических требований по срокам выполнения данной технологической операции и, в частности, уборки метелочных культур, например зернового сорго, определяется площадью убираемой культуры, приходящейся на один комбайн, количеством смен в сутки, продолжительностью смены, производительностью комбайна и ряда других факторов [2, 5, 7, 8, 11, 12].



Для большинства как зерновых колосовых, так и метелочных культур продолжительность уборки не должна превышать пяти календарных дней [3, 4]. Только в этом случае будет обеспечен допустимый уровень потерь зерна.

В большинстве хозяйств, в которых выращивается зерновое сорго, на зерно его убирают при влажности зерна не более 20% прямым комбайнированием зерноуборочными комбайнами на высоком срезе с установкой частоты вращения барабана 500-600 мин<sup>-1</sup>. При влажности зерна больше 20% используют раздельную уборку: скашивают в валки жатками, например, ЖВН-6А или ЖРБ-4,2 с высотой среза 15-20 см; подбор и обмолот валков осуществляется при влажности зерна 11-13% серийными зерноуборочными комбайнами.

В ряде хозяйств используют отечественную навесную жатку очесывающего типа «ОЗОН», украинскую двухбарабанную жатку «Славянка», английскую однобарабанную «Shelbourne». Эти жатки агрегируются с зерноуборочными комбайнами.

Применяемые в настоящее время машины для уборки сорго имеют существенный недостаток – высокий уровень травмирования зерна при повышении его влажности при обмолоте более 20%.

В Волгоградском ГАУ разработаны навесные, прицепные, одно- и многорядковые самоходные соргоуборочные комбайны, которые осуществляют обмолот метелок зернового и веничного сорго на корню инерционно-очесным способом с влажностью листостебельной массы до 65% и зерна от 10% до 35% с допустимым уровнем его дробления, плющения и травмирования (см. патенты РФ № 2421974, № 2498553, № 2635403, № 2703429, № 2754450).

Следует отметить, что разработанные соргоуборочные комбайны имеют объем бункера 300 л, которые при высокой урожайности зернового сорго и одновременном обмолоте двух и более рядов заполняются зерном достаточно быстро [2, 6]. При этом теряется значительное время на выгрузку зерна из бункеров в транспортное средство и ожидание этого транспорта, что ведет к растягиванию сроков уборки и увеличению потерь зерна. Кроме того, прицепные соргоуборочные комбайны теряют существенное время на повороты в конце гона. Снижение непроизводительных затрат времени – основной путь повышения производительности соргоуборочного комбайна.

Цель настоящей работы – снижение непроизводительных затрат времени смены при уборке зернового сорго за счет использования экспериментального соргоуборочного комбайна, оборудованного сменными зерновыми бункерами.

**Материалы и методы.** При уборке зернового сорго сорта «Премьера» в уборочные сезоны 2020 и 2022 годов проведен сплошной хронометраж работы навесного соргоуборочного комбайна, изготовленного по патенту РФ № 2635403 (рис. 1а). На основе полученной статистической информации о работе навесного соргоуборочного комбайна проведено математическое моделирование оценки показателей использования двух соргоуборочных комбайнов: прицепного двухрядного и навесного, оборудованного сменными зерновыми бункерами, изготовленных соответственно по патентам РФ № 2754450 и № 2754450.

Соргоуборочный комбайн навесного типа по патенту РФ № 2635403, который условно назван «Комбайн №1» (рисунок 1), обмолачивал один ряд зернового сорго на корню прямооточной молотильной камерой 2, установка которой по высоте осуществлялась гидравлической навеской 2, собирал зерно в стационарный бункер 4, размещенный на самоходном шасси 1, обмолоченные растения срезал жаткой 5, измельчал растительную массу измельчителем 6 и разбрасывал ее после измельчения по полю.

Прицепной соргоуборочный комбайн, энергетическим средством которого являлся трактор МТЗ-82.1, сконструирован на основе патента РФ №2754450. Его конструкция отличалась от предлагаемой в патенте РФ тем, что он имел один зерновой бункер, не использовались домолачивающее и сепарирующее устройства. Данный комбайн убирал два ряда зернового сорго, обмолачивал их на корню, зерно подавалось в бункер, а обмолоченные растения направлялось на измельчение с дальнейшим разбрасыванием измельченной массы по полю. Этот соргоуборочный комбайн назван нами «Комбайн № 2» (рисунок 2). Основными узлами этого комбайна являются: 1 – энергетическое средство – трактор МТЗ-82.1, 2 – прямооточная выносная молотильная камера, 3 – транспортер обмолоченной массы, 4 – система подачи зерна в бункер; 5 – бункер, 6 – жатка, 7 – транспортер обмолоченных и срезанных растений: 8 – измельчитель растений.

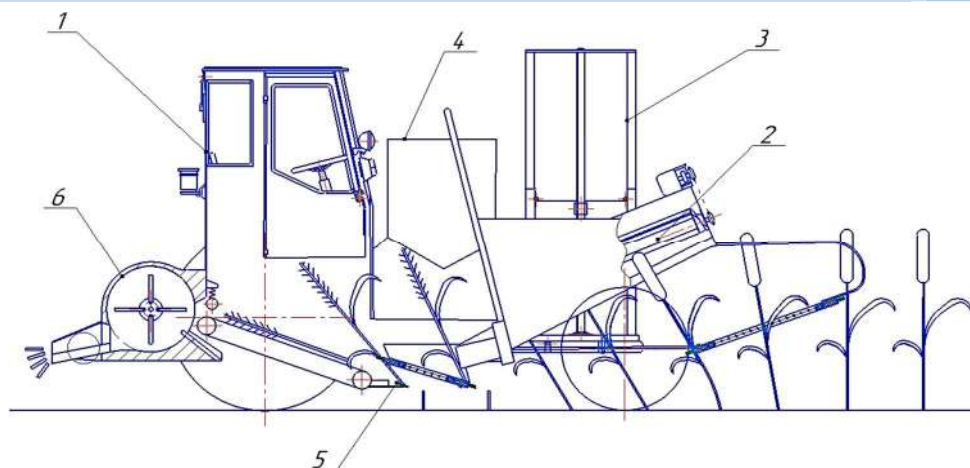


Рисунок 1 – Схема навесного соргоуборочного комбайна № 1  
Figure 1 – Diagram of mounted sorghum harvester No. 1

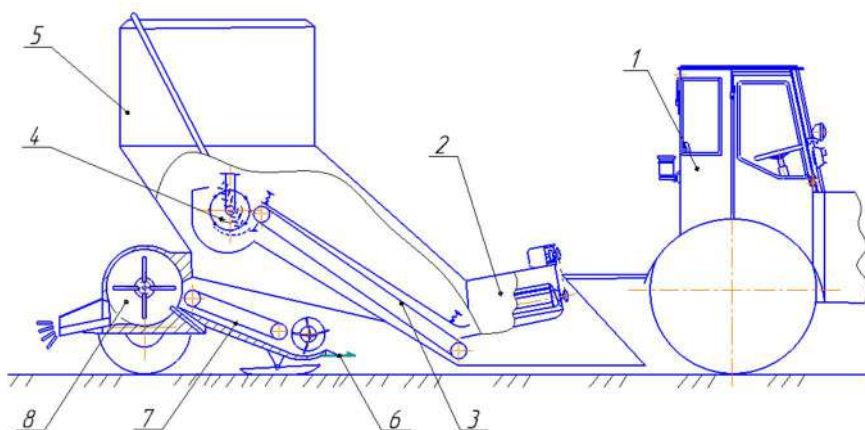


Рисунок 2 – Схема прицепного соргоуборочного комбайна № 2  
Figure 2 – Diagram of trailed sorghum harvester No. 2

У соргоуборочного комбайна по патенту РФ № 2749458 («Комбайн №3», рисунок 3) обмолоченное зерно поступает в сменный бункер, который после заполнения зерном заменяется пустым и выгружается на поле без остановки комбайна.

На комбайн устанавливается 4 сменных бункера. Объем каждого бункера равен 200 л.

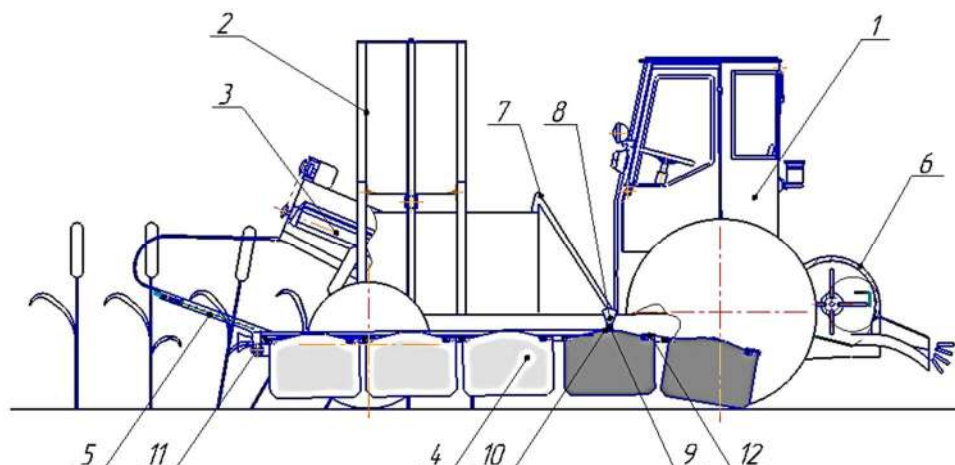


Рисунок 3 – Схема усовершенствованного соргоуборочного комбайна № 3  
Figure 3 – Diagram of the improved sorghum harvester No. 3



камеры в бункер 1 через трубку 18. При дальнейшем движении комбайна по полю, зерно, которое обмолочено в данный период времени, поступает в компенсирующую емкость 17. Затем, после срабатывания концевого датчика 4 и реле 10, включается устройство подъема трубки 7, которое перемещает трубку 18 в верхнее положение. Клапан 20 под действием пружины перекрывает проходное отверстие А во втулке 18. Бункер 1 закрыт. Когда трубка 18 находится в верхнем положении, конструктивные части системы подачи зерна не касаются частей бункера. Затем срабатывает концевой датчик 6, включается электродвигатель механизма замены бункеров (см. рисунок 5). Заполненный зерном бункер спускается на поле по наклонной части платформы 3, а очередной сменный бункер подается на заполнение зерном.

При срабатывании концевого датчика 6 подключается к электрической сети самоходного шасси электродвигатель 1 (см. рисунок 5), который приводит в движение цепи 2, ведущие и ведомые валы которых установлены на платформе 3.

На цепях 2 установлены захваты 4, к которым крепятся сменные бункеры. Движение сменных бункеров осуществляется до подачи сигнала от концевого датчика (см. поз. 6 на рис. 4) на остановку движения. Одновременно с этим срабатывает концевой датчик, связанный электрической цепью с реле (см. поз. 10 на рис. 4), которое включает устройство подъема трубки (см. поз. 7 на рисунке 4). Затвор опускается, воздействует на клапан (см. поз. 20 на рисунке 4), который открывает проход зерна из компенсирующей емкости и от прямооточной выносной молотильной камеры в сменный бункер, установленный под заполнение зерном.

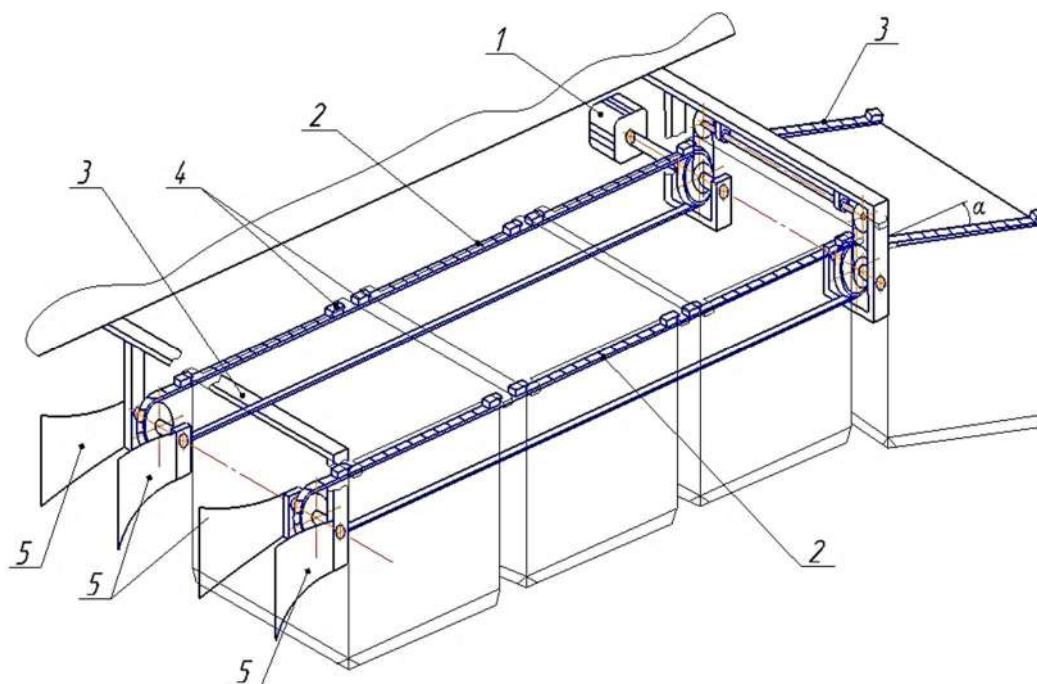


Рисунок 5 – Схема механизма замены бункеров  
Figure 5 – Diagram of the hopper change mechanism

При заполнении зерном всех сменных бункеров на комбайн устанавливается комплект других сменных бункеров. Для качественного захвата пустых бункеров, размещенных на краю поля, на комбайне предусмотрены направлятели 5.

**Результаты и обсуждение.** Производительность уборочных машин за смену определяется по известной формуле [1]:

$$W_{CM} = 0,36 B_{Ж} V_K T_{CM} T_{CM}, \quad (1)$$

где  $B_{Ж}$  – ширина захвата жатки соргоуборочного комбайна, м;  $V_K$  – рабочая скорость движения соргоуборочного комбайна, м/с;  $T_{CM}$  – продолжительность смены, ч,  $T_{CM}$  – коэффициент использования времени смены.



Коэффициент использования времени смены:

$$T_{CM} = T_O / T_{CM}, \quad (2)$$

где  $T_O$  – время основной работы, ч;  $T_{CM}$  – время смены.

В соответствии с ГОСТ 24055 – 2016 (Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. М.: Стандартиформ, 2020) и информации из научных работ [1, 9, 10] время смены складывается из:  $T_O$  – времени основной или чистой работы,  $T_{ПОВ}$  – времени, затрачиваемой на повороты в конце гона поля,  $T_{ПЕР1}$  – время на технологические переезды,  $T_{ВЫГ}$  – затраты времени на выгрузку зерна из бункера,  $T_{ЕТО}$  – затраты времени на ежесменное техническое обслуживание,  $T_{ПТП}$  – время, затраченное на перевод машины в рабочее и транспортное положение,  $T_{РЕГ}$  – затраты времени на проведение наладки и регулирование,  $T_{АГР}$  – затраты времени на составление агрегата,  $T_{ТП}$  – время на устранение нарушений технологического процесса,  $T_{ОТД}$  – затраты времени на отдых и естественные надобности комбайнеров,  $T_{ПЕР2}$  – затраты времени на переезды к месту работы и обратно (в начале и в конце смены).

Таким образом, время смены  $T_{CM}$  определится по формуле:

$$T_{CM} = T_O + T_{ПОВ} + T_{ПЕР1} + T_{ВЫГ} + T_{ЕТО} + T_{ПТП} + T_{РЕГ} + T_{АГР} + T_{ТП} + T_{ОТД} + T_{ПЕР2}. \quad (3)$$

С целью учета полученных результатов сплошного хронометража работы соргоуборочного комбайна №1 в математической модели оценки показателей использования соргоуборочных комбайнов №2 и №3 приняты следующие допущения:

- одинаковые условия уборки (площадь поля, длина гона, урожайность зернового сорго, влажность и засоренность зерна и др.);
- при намолоте одного бункера зерна соргоуборочным комбайном №1 прицепной соргоуборочный комбайн №2 за данный промежуток времени намолачивает 2 бункера, а усовершенствованный №3 – 1,5 бункера;
- для всех комбайнов затраты времени на технологические переезды, ежесменное техническое обслуживание, отдых и естественные надобности комбайнеров, а также на переезды агрегатов к месту работы и обратно (в начале и в конце смены) принято соответственно одинаковыми;
- для всех рассматриваемых случаев  $T_{CM} = 7$  ч.

В соответствии с ГОСТ 28301–2015 (Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. М.: Стандартиформ, 2016) во время смены не включено время, которое затрачивается на простои исследуемых соргоуборочных комбайнов, связанные с устранением нарушений технологического процесса.

При урожайности зернового сорго 2,1 т/га за смену комбайн № 1 намолачивал 13 бункеров зерна, комбайн № 2 – 25 бункеров и комбайн № 3 – 23 бункера.

Сплошной хронометраж работы комбайна №1 показал, что на выгрузку одного бункера зерна в среднем затрачивалось 0,09 ч.

Определено, что на установку на комбайн № 3 комплекта пустых сменных бункеров требуется 0,04 ч. По расчетам за смену требуется установить 4 комплекта сменных бункеров.

Результаты сплошного хронометража работы соргоуборочного комбайна № 1 и математического моделирования работы комбайнов № 2 и № 3 с учетом принятых допущений представлены в таблице.

Анализ результатов, представленных в таблице, показывает:

- максимальная доля основного времени в сменном (71,57%) соответствует уборке зернового сорго экспериментальным соргоуборочным комбайном № 3, а минимальная (44,0 %) – при использовании прицепного двухрядного соргоуборочного комбайна № 2;
- наиболее существенны затраты времени на выгрузку зерна из бункера комбайна № 2. Это связано, в первую очередь, с малым объемом зернового бункера;
- снизить непроизводительные затраты времени смены можно за счет использования соргоуборочного комбайна, оборудованного сменными зерновыми бункерами.

Таблица 1 – Распределение времени смены работы соргоуборочных комбайнов по составляющим элементам

Table 1 – Distribution of the shift time of the sorghum harvester by component elements

| Элемент времени смены / Shift Time Element | Значения затрат элементов времени смены работы соргоуборочного комбайна / Cost Values of Sorg Harvester Shift Time Elements |       |      |       |      |       |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-------|------|-------|
|                                            | №1                                                                                                                          |       | №2   |       | №3   |       |
|                                            | ч                                                                                                                           | %     | ч    | %     | ч    | %     |
| $T_O$                                      | 4,32                                                                                                                        | 61,71 | 3,08 | 44,00 | 5,01 | 71,57 |
| $T_{ПОВ}$                                  | 0,39                                                                                                                        | 5,57  | 0,54 | 7,71  | 0,36 | 5,14  |
| $T_{ПЕР1}$                                 | 0,21                                                                                                                        | 3,00  | 0,21 | 3,00  | 0,21 | 3,00  |
| $T_{ВЫГ}$                                  | 1,17                                                                                                                        | 16,72 | 2,25 | 32,14 | 0,16 | 2,28  |
| $T_{ЕТО}$                                  | 0,22                                                                                                                        | 3,14  | 0,22 | 3,14  | 0,22 | 3,14  |
| $T_{ПП}$                                   | 0,04                                                                                                                        | 0,57  | 0,03 | 0,43  | 0,04 | 0,57  |
| $T_{РЕГ}$                                  | 0,14                                                                                                                        | 2,00  | 0,16 | 2,29  | 0,49 | 7,01  |
| $T_{АГР}$                                  | –                                                                                                                           | –     | –    | –     | –    | –     |
| $T_{ТП}$                                   | –                                                                                                                           | –     | –    | –     | –    | –     |
| $T_{ОТД}$                                  | 0,3                                                                                                                         | 4,29  | 0,3  | 4,29  | 0,3  | 4,29  |
| $T_{ПЕР2}$                                 | 0,21                                                                                                                        | 3,00  | 0,21 | 3,00  | 0,21 | 3,00  |
| Итого: $T_{CM}$ / Total: $T_{CM}$          | 7                                                                                                                           | 100   | 7    | 100   | 7    | 100   |

С использованием результатов, представленных в таблице 1, рассчитаны коэффициенты использования времени смены и сменной производительности исследуемых соргоуборочных комбайнов (таблица 2).

Таблица 2 – Расчетные значения коэффициента использования времени смены и сменной производительности соргоуборочных комбайнов

Table 2 – Estimated values of the coefficient of utilization of shift time and shift productivity of sorghum harvesters

| Соргоуборочный комбайн / Sorghum Harvester                                                                          | $T_{CM}$ | $W_{CM}$ , га |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------|
| Навесной (№ 1) / Hinged (No 1)                                                                                      | 0,62     | 1,82          |
| Прицепной двухрядный (№ 2) / Trailed double-row (No. 2)                                                             | 0,44     | 3,02          |
| Экспериментальный, оборудованный сменными бункерами (№ 3) / Experimental, equipped with replaceable bunkers (No. 3) | 0,72     | 2,12          |

Таким образом, производительность соргоуборочного комбайна можно существенно увеличить путем увеличения количества одновременно обмолачиваемых рядов зернового сорго с применением более мощных энергетических средств и оборудования сменными бункерами.

**Заключение.** По результатам сплошного хронометража работы навесного соргоуборочного комбайна на базе самоходного шасси Т-16М на уборке зернового сорго и математического моделирования оценки показателей использования прицепного двухрядного и навесного, оборудованного сменными зерновыми бункерами, соргоуборочных комбайнов получено распределение сменного времени по составляющим элементам. Значительные непроизводительные затраты времени смены (более 30%) приходятся на выгрузку зерна из бункера прицепного двухрядного соргоуборочного комбайна. Установлено, что наиболее эффективно используется сменное время при уборке зернового сорго экспериментальным навесным соргоуборочным комбайном, оборудованным сменными зерновыми бункерами. Производительность соргоуборочного комбайна можно существенно увеличить путем увеличения количества одновременно обмолачиваемых рядов зернового сорго с применением более мощных энергетических средств и оборудования сменными бункерами.

**Conclusions.** Thus, the replaceable, operational and actual productivity of a sorghum harvester equipped with a header with a segment-finger cutting device with an infinite knife contour and a device for monitoring segment failures is higher than the replaceable, operational and actual productivity of a sorghum harvester equipped with a header with a segment-finger cutting device with a single knife run, respectively, by 2.4, 4.0 and 3.9%.

#### Библиографический список

1. Жалнин Э. В. Оптимизация машиноиспользования – мощный резерв повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Наука в Центральной России. 2013. № 1. С. 5-17.

2. Ломакин С. Г., Бердышев В. Е. Условия уборки зерна в Российской Федерации и обеспеченность сельскохозяйственных предприятий зерноуборочными комбайнами. Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. В. П. Горячкина. 2016. № 4 (74). С. 11-15.
3. Маслов Г. Г. Оптимизация продолжительности уборки озимой пшеницы многофункциональным агрегатом. Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 6. С. 48-51.
4. Маслов Г. Г., Палапин А. В., Ринас Н. А. Оптимизация продолжительности уборки зерновых культур и основных параметров многофункционального агрегата. Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. 2014. № 2. С. 3-8.
5. Ряднов А. И., Федорова О. А., Поддубный О. И. Потери зерна от увеличения сроков уборки зерновых культур. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 375-384.
6. Ряднов А. И., Федорова О. А., Шарипов Р. В., Бариль В. А. Повышение производительности соргоуборочного комбайна за счет применения усовершенствованного режущего аппарата жатки. Известия НВ АУК. 2021. № 1 (61). С. 441-452.
7. Ряднов А. И., Шарипов Р. В. Совершенствование конструкции соргоуборочного комбайна. Сельский механизатор. 2019. № 7. С. 10-11.
8. Худякова Е. В., Ключкова К. В. Оптимизация технико-экономических параметров организации процесса уборки зерновых культур на основе имитационного моделирования. Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В. П. Горячкина. 2015. № 5 (69). С. 60-64.
9. Шабанов Н. И. Резервы повышения эффективности комбайновой уборки зерновых культур. Вестник аграрной науки Дона. 2014. Т. 4. № 28. С. 23-29.
10. Шепелев С. Д., Черкасов Ю. Б., Внуков Д. О. Эффективно использовать зерноуборочные комбайны. Сельский механизатор. 2018. № 10. С. 34-35.
11. Rjadnov A. I., Fedorenko V. F., Fedorova O. A., Mishurov N. P., Davydova S. A. Improvements in broom corn harvesting process. Engineering Technologies and Systems. 2019. V. 29.No 4. Pp. 635-651.
12. Chen D., Wang S., Kang F., Zhu Q., Li X. Mathematical model of feeding rate and processing loss for combine harvester. Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2011. V. 27 (9). Pp. 18-21.

#### References

1. Zhalnin E. V. Optimization of Machine Use as a Powerful Reserve for Improving the Efficiency of Agricultural Production. Science in Central Russia. 2013. № 1. Pp. 5-17.
2. Lomakin S. G., Berdyshev V. E. Grain Harvesting Conditions in the Russian Federation and the Provision of Agricultural Enterprises with Combine Harvesters. Bulletin of the Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin. 2016. № 4 (74). Pp. 11-15.
3. Maslov G. G. Optimization of the Duration of Winter Wheat Harvesting by a Multifunctional Unit. Tractors and agricultural machinery. 2016. № 6. P. 48-51.
4. Maslov G. G., Palapin A. V., Rinas N. A. Optimization of the Duration of Harvesting of Grain Crops and the Main Parameters of a Multifunctional Unit. Vestnik GSTU im. P. O. Sukhoi. 2014. № 2. Pp. 3-8.
5. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Poddubny O. I. Grain Losses from Increasing the Harvesting Time of Grain Crops. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2020. № 2 (58). Pp. 375-384.
6. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Sharipov R. V., Baril V. A. Increasing the productivity of a sorghum harvester due to the use of an improved reaper cutting device. Izvestiya NV AUK. 2021. № 1 (61). Pp. 441-452.
7. Ryadnov A. I., Sharipov R. B. Improvement of sorghum harvester design. The Rural Mechanical Engineer. 2019. № 7. Pp. 10-11.
8. Khudyakova E. V., Klochkova K. V. Optimization of Technical and Economic Parameters of the Organization of the Process of Harvesting Grain Crops Based on Simulation Modeling. Bulletin of the Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin. 2015. № 5 (69). Pp. 60-64.
9. Shabanov N. I. Reserves for Improving the Efficiency of Combine Harvesting of Grain Crops. Bulletin of the Agrarian Science of the Don. 2014. V. 4. № 28. Pp. 23-29.
10. Shepelev S. D., Cherkasov Yu., Vnukov D. O. Use combine harvesters effectively. Rural machine operator. 2018. № 10. Pp. 34-35.
11. Rjadnov A. I., Fedorenko V. F., Fedorova O. A., Mishurov N. P., Davydova S. A. Improvements in broom corn harvesting process. Engineering Technologies and Systems. 2019. V. 29.No 4. Pp. 635-651.
12. Chen D., Wang S., Kang F., Zhu Q., Li X. Mathematical model of feeding rate and processing loss for combine harvester. Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2011. V. 27 (9). Pp. 18-21.

#### Информация об авторах

**Ряднов Алексей Иванович**, Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

**Федорова Ольга Алексеевна**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технические системы в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, e-mail: foa\_77@mail.ru

**Павловский Дмитрий Сергеевич**, аспирант кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: dima.pavlovskiy.20@inbox.ru

#### Author's Information

**Ryadnov Aleksey Ivanovich**, Honored worker of the higher school of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

**Fedorova Olga Alekseevna**, Doctor of Engineering Sciences, associate Professor, Professor of the Department of "Engineering systems in agriculture", Volgograd state agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, e-mail: foa\_77@mail.ru

**Pavlovsky Dmitry Sergeevich**, postgraduate student of the Department "Operation and Engineering Service of machines in the Agro-industrial Complex" Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: dima.pavlovskiy.20@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-35

## DETERMINATION OF THE TECHNOLOGICAL PARAMETER OF THE THICKNESS OF THE AIR FLOW ACCELERATORS IN THE PNEUMATIC CHANNEL FOR CLEANING SOYBEAN POST-HARVEST WASTE

**Aksenov A. G., Khamuev V. G., Borzenko S. I., Gerasimenko S. A.**

*Federal Scientific Agroengineering Center VIM  
Moscow, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: serzhbk@gmail.com

Received 25.01.2024

Submitted 26.03.2024

*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 presents research on determining the technological parameter of the thickness of column air accelerators to increase the efficiency of the process of separation of soy particles from the waste of post-harvest processing of soybeans in a deep pneumatic channel. As a result, the efficiency of the separation process reached 71%, while the frequency was 77%, and the losses were 4.3% of soy particles. The constructive layout scheme of a deep pneumatic channel for the process of separation of soy particles from the waste of post-harvest processing of soybeans has been determined.

### Abstract

**Introduction.** Despite the rather rapid development of the leguminous crops market, the development of harvesting and tillage equipment, especially in the issues of post-harvest processing of grain and seeds, remain acute and unresolved [1, 2]. To date, the trend towards the use of industrial waste is actively developing, which on the one hand minimizes costs and on the other is considered environmentally friendly. Soybean post-harvest waste is often simply discarded, as it cannot be separated from impurities, which makes their use impossible and dangerous. This happens, among other things, due to the fact that there is no specialized equipment for cleaning waste from post-harvest processing of soybeans, and the use of standard post-harvest grain processing machines is not effective enough. **The purpose of the study** is to verify the effectiveness of the technological thickness parameter when using column air flow accelerators to increase the efficiency of the process of separating soy particles from soybean post-harvest waste in a deep pneumatic channel. **Materials and methods.** The research was conducted at the FSAC VIM. A developed mock-up sample of a vertical deep pneumatic channel was used to isolate soy particles from soybean post-harvest waste, consisting of three sections of different heights. The technological parameter of the thickness of column air flow accelerators in a deep pneumatic channel with a vertically ascending air flow for the separation of soybean particles from soybean post-harvest waste was justified. The completeness of the impurity release and the efficiency of the process of separating soybean particles from soybean post-harvest waste in a deep pneumatic channel with vertically ascending airflow at maximum specific grain load were determined. **Results and conclusions.** We determined: the technological parameter of the thickness of column air flow accelerators in a deep pneumatic channel with vertically ascending airflow when separating soybean particles from soybean post-harvest waste is 80 millimeters, while the maximum specific grain load is 3 kilograms / (centimeter 2 hour), seed losses do not exceed 5% in a pneumatic channel with column air flow accelerators, the completeness of the separation impurities are 76% of the "Waste" fraction, the efficiency of the separation process was 71%, the purity of the "soy particles" fraction was 77% in one pass during pre-cleaning.

**Keywords:** soybean seed waste, purification of soybean post-harvest waste, separation of soybean post-harvest waste.



**Citation.** Aksenov 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. 2(74). 289-297 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-35.

**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 631.53.01

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ТОЛЩИНЫ АКСЕЛЕРАТОРОВ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ПНЕВМОКАНАЛЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТХОДОВ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ СОИ

**Аксенов А. Г., доктор технических наук, главный научный сотрудник**  
**Хамуев В. Г., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник**  
**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.** Несмотря на достаточно стремительное развитие рынка зернобобовых культур, проблемы развития уборочной и почвообрабатывающей техники, особенно в вопросах послеуборочной обработки зерна и семян, остаются острыми и нерешенными [1, 2]. На сегодняшний день активно развивается тренд на вторичное использование отходов производства, что, с одной стороны, минимизирует затраты, с другой – считается экологичным. Отходы послеуборочной обработки сои зачастую просто выбрасываются, так как их невозможно отделить от примесей, что делает невозможным и опасным их использование. Происходит это в том числе и из-за того, что нет специализированной техники для очистки отходов послеуборочной обработки сои, а использование типовых машин послеуборочной обработки зерна не является достаточно эффективным. **Цель исследования** – определение технологического параметра толщины колонковых акселераторов воздушного потока, для повышения эффективности процесса сепарации соевых частиц из отходов послеуборочной обработки сои в глубоком пневмоканале. **Материалы и методы.** Исследования проводили в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Использовали разработанный макетный образец глубокого пневмоканала с вертикально восходящим воздушным потоком, для выделения соевых частиц из отходов послеуборочной обработки сои, состоящий из трех секций разной высоты. Обосновывали технологический параметр толщины колонковых акселераторов воздушного потока в глубоком пневмоканале с вертикально восходящим воздушным потоком, для выделения частиц сои из отходов послеуборочной обработки сои. Определяли полноту выделения примеси и эффективность процесса сепарации частиц сои из отходов послеуборочной обработки сои в глубоком пневмоканале с вертикально восходящим воздушным потоком при максимальной удельной зерновой нагрузке. **Результаты и выводы.** Определили: технологический параметр толщины колонковых акселераторов воздушного потока в глубоком пневмоканале с вертикально восходящим воздушным потоком при выделении частиц сои из отходов послеуборочной обработки сои 80 миллиметров; при этом максимальная удельная зерновая нагрузка составляет 3 кг / (см<sup>2</sup>/ч), потери семян не превышают 5% в пневмоканале с колонковыми акселераторами воздушного потока, полнота выделения примеси 76% фракции «Отход», эффективность процесса сепарации составила 71%, чистота фракции «частицы сои» 77% за один проход на предварительной очистке.

**Ключевые слова:** отходы семян сои, очистка отходов послеуборочной обработки сои, сепарация отходов послеуборочной обработки сои.

**Цитирование.** 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). 289-297. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-35.

**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.** Одним из основных направлений использования сои является переработка ее на фуражные цели. Для использования в производстве кормов могут подойти и отходы послеуборочной обработки сои [3]. Для снижения безвозвратных потерь на этапе послеуборочной обработки зерна сои, а также для очистки от легкой трудноотделимой примеси, которая может содержать в себе опасные вещества (частицы тяжелых металлов, грибки и бактерии) [4, 5], были проведены научные исследования по изучению процесса сепарации и выделению трудно разделимых примесей из отходов послеуборочной обработки зерна сои [6, 7]. По результатам исследований было установлено, что отходы послеуборочной обработки сои можно разделить с примесями с эффективностью до 45% в воздушном канале с вертикально восходящим воздушным потоком.

С целью повышения эффективности процесса сепарации отходов послеуборочной обработки сои был проведен анализ работ, посвященных процессу сепарации зерна и семян сои в глубоком пневмоканале с вертикально восходящим воздушным потоком [8-13]. Результаты этих исследований показывают, что в глубоком пневмоканале с вертикально восходящим воздушным потоком и установленными колонковыми акселераторами воздушного потока можно выделять сорную примесь (в том числе и соевый продукт (расколотые частицы сои)) из семян сои, при этом эффективность процесса сепарации составит 71% за один проход, при потерях менее 3% и чистотой семян в 81%. При этом удельная зерновая нагрузка может быть увеличена до 5 кг/см<sup>2</sup>ч, что в 2 раза выше, чем в ранее проводимых исследованиях без колонковых акселераторов воздушного потока. Основным технологическим параметром влияющим на процесс сепарации семян сои, авторы выделяют толщину акселераторов воздушного потока.

Согласно патенту на полезную модель № 218074 U1 конструкцию глубокого пневмоканала следует изменить для очистки отходов послеуборочной обработки сои.

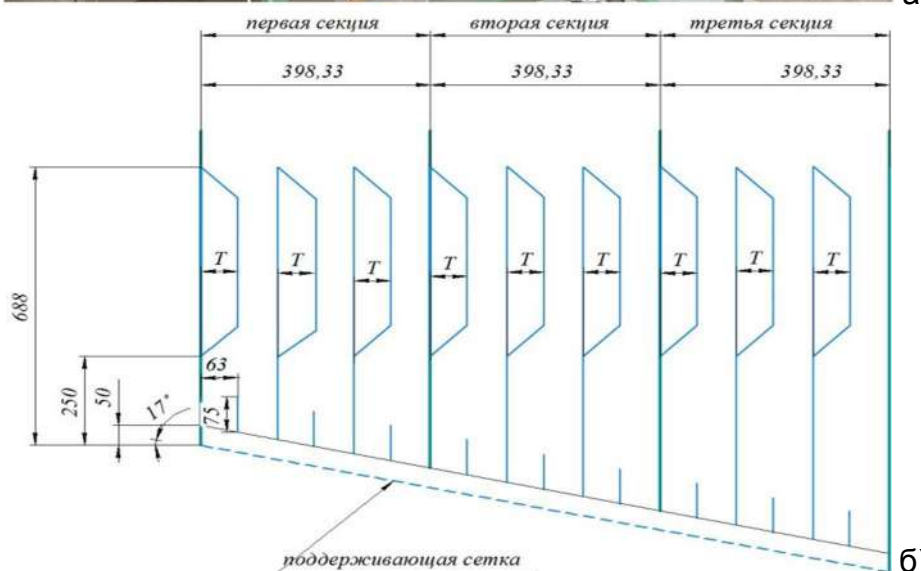
**Цель исследования** – определение технологического параметра толщины колонковых акселераторов воздушного потока, для повышения эффективности процесса сепарации соевых частиц из отходов послеуборочной обработки сои в глубоком пневмоканале.

**Материала и методы.** Для проведения исследования в ВИМе изготовлен макетный образец глубокого пневмоканала с вертикально восходящим воздушным потоком (Рисунок 1). Макетный образец был изготовлен из ламинированной фанеры толщиной 18 мм. Фронтальная стенка пневмоканала выполнена из оргстекла для наблюдения за процессом. На поддерживающую сетку, закрепленную на четырех шарнирах и расположенную в нижней части канала, установили электровибромотор с амплитудой колебаний до 2 мм, что способствует увеличению скорости движения материала вниз по поддерживающей сетке. Геометрические характеристики пневмоканала следующие: глубина – 1326 мм, ширина – 90 мм, высота канала у входа материала – 560 мм, высота канала у выхода материала 980 мм. Пневмоканал разделен на три секции и в каждой установлен центробежный вентилятор мощностью 0,75 кВт. Внутри канала установлены колонковые акселераторы воздушного потока изготовленные из экструдированного пенополистирола ЭППС.

Технологический процесс процесса сепарации на макетном образце: в бункер 1 засыпается исходный материал, далее самотеком материал поступает на поддерживающую сетку 2 в первый пневмосепарирующий канал 5. Там материал подвергается обработке воздушным потоком, нагнетаемым вентилятором 10, для равномерного распределения материала внутри пневмосепарирующей камеры. Обработываемый материал разделяется дивидорами обрабатываемого материала 3, представляющими собой тонкие металлические пластины, установленные на всю ширину канала, высотой 50 мм и толщиной 2 мм. Затем установлены колонковые акселераторы воздушного потока 4, которые трансформируют скорость воздушного потока. После этого материал самотеком движется по поддерживающей сетке 2, проходит через второй пневмосепарирующий канал 6 и третий пневмосепарирующий канал 7. Очищенный материал выходит из пневмосепарирующего канала через выпускное отверстие для чистого материала 8. Выделяемые примеси, вынесенные из исходного материала, попадают в осадочную камеру, а оттуда через выходные отверстия для грязного материала 9 выводятся из осадочной камеры наружу.



а)



б)

Рисунок 1 – Общий вид глубокого пневмоканала с вертикально восходящим воздушным потоком (а), конструктивная схема пневмоканала с вертикально восходящим воздушным потоком и колонковые акселераторы воздушного потока: 1 – бункер; 2 – поддерживающая сетка; 3 – дивидоры обрабатываемого материала; 4 – колонковые акселераторы воздушного потока; 5 – первая пневмосепарирующая секция; 6 – вторая пневмосепарирующая секция; 7 – третья пневмосепарирующая секция; 8 – выпускное отверстие для чистого материала; 9 – выходные отверстия для грязного материала; 10 – вентиляторы воздушного потока мощностью 0,75 кВт.

Figure 1 – General view of the deep pneumatic channel with vertically ascending airflow (a), the design scheme of the pneumatic channel with vertically ascending airflow and column accelerators of the airflow: 1 – hopper; 2 – supporting grid; 3 – supports of the processed material; 4 – column accelerators of the airflow; 5 – the first pneumatic separation section; 6 – the second pneumatic separation section; 7 – the third pneumatic separation section; 8 – outlet for clean material; 9 – outlet for dirty material; 10 – air flow fans with a capacity of 0.75 kW

Исходный материал представляет собой отход послеуборочной обработки зерна сои, полученный после обработки на типовой зерноочистительной машине PETKUS K-531, влажностью 11,2% массой 100 кг. В своем составе содержит до 75% соевых частиц. Фракционный состав материала представлен на рисунке 2. Соотнося представленный материал с ГОСТ 17109-88, можно отметить, что содержание сорной примеси в исходном материале, рассматриваемом в статье, превышает нормативный показатель по содержанию сорной примеси в 4 раза, в связи с чем классифицируем его как: «Материал с высоким содержанием сорной примеси».

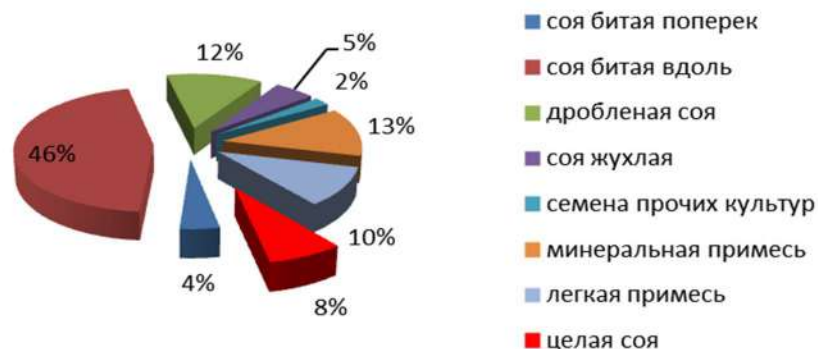


Рисунок 2 – Фракционный состав исходного материала  
Figure 2 – Fractional composition of the starting material

Исследования производились при постоянной удельной зерновой нагрузке  $2 \text{ кг/см}^2\text{ч}$ , и при меняющейся удельной зерновой нагрузке от  $0,5$  до  $5 \text{ кг/см}^2\text{ч}$ . В ходе лабораторных исследований изменялась толщина колонковых акселераторов воздушного потока, а также их крепление к передней, и к фронтальной стенке пневмоканала.

Опыты проводились в трехкратной повторности, показатель точности опыта не превышал 5% при доверительной вероятности 0,9.

**Результаты и обсуждение.** Для определения оптимальной толщины колонковых акселераторов воздушного потока, для разделения отходов послеуборочной обработки сои были проведены исследования на отходах послеуборочной обработки сои с использованием колонковых акселераторов воздушного потока толщиной 70мм., полученные данные были взяты за контрольный образец. Общий вид пневмоканала с толщиной колонковых акселераторов  $T = 70 \text{ мм.}$  представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Общий вид пневмоканала взятого за контрольный образец  
Figure 3 – General view of the pneumatic channel taken as a control sample

Вначале на контрольном образце провели обработку отходов послеуборочной обработки сои. Исходный материал массой 5 кг, процентное содержание сорной примеси 23% при постоянной удельной зерновой нагрузке в  $2 \text{ кг/см}^2\text{ч}$  обрабатывали воздушным потоком, ища разное соотношение выходов в 3,5%; 6%; 10%; 15%; 20%;  $\geq 25\%$ . Далее в пневмоканале менялась схема установки колонковых акселераторов воздушного потока, они устанавливались на высоте 250 мм над поддерживающей сеткой и оставляли дополнительное сепарирующее пространство для перераспределения обрабатываемого материала. Схема пневмоканала представлена на рисунке 4. Толщина колонковых акселераторов воздушного потока  $T$  равнялась 40, 60, 80, 90 мм.



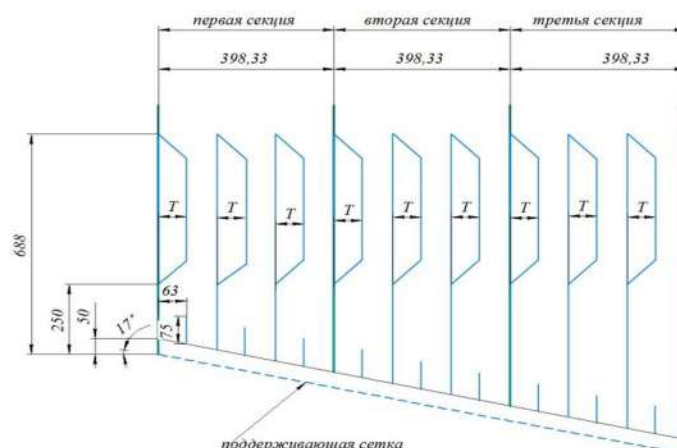


Рисунок 4 – Схема пневмоканала для разделения отходов послеуборочной обработки сои  
Figure 4 – Diagram of a pneumatic channel for separating waste from post-harvest processing of soybeans

Эффективность процесса сепарации оценивали показателем Г.В. Ньютона и В. Г. Ньютона по формуле:

$$E = \varepsilon - \xi$$

где  $\varepsilon = (b_n/b)100$  – полнота выделения примеси, %;  $\xi = (a_n/a)100$  – потери соевого материала, %;  $b_n$  и  $b$  – масса примеси в фракции «Отход» и в исходном материале, г;  $a_n$  и  $a$  – масса соевого материала в фракции «Отход» и в исходном материале, г.

По результатам исследований получены графики эффективности процесса сепарации отходов послеуборочной обработки сои (рисунок 5) при постоянной удельной зерновой нагрузке и разном соотношении выходов отходов.

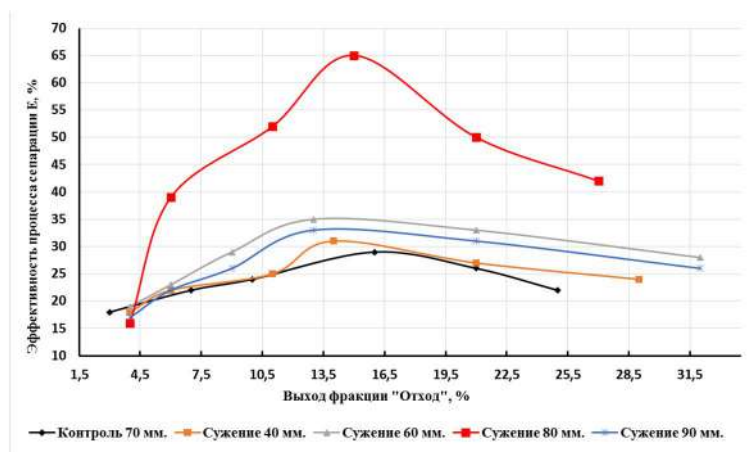


Рисунок 5 – График эффективности процесса сепарации отходов послеуборочной обработки сои при постоянной удельной зерновой нагрузке и разном соотношении выходов отходов  
Figure 5 – Graph of the efficiency of the post-harvest soybean waste separation process with a constant specific grain load and a different ratio of waste outputs

Из рисунка 5 можно наблюдать, что предлагаемый пневмоканал, с колонковыми акселераторами воздушного потока справляется с отходами послеуборочной обработки сои лучше всех ранее рассматриваемых схем. При правильном подборе толщины колонковых акселераторов воздушного потока эффективность работы пневмоканала с колонковыми акселераторами воздушного потока выше практически в 2 раза в сравнении со стандартными схемами пневмоканалов, взятых за контрольный образец. Однако эффективность процесса сепарации в 65% не может считаться удовлетворительной, так как все еще не является достаточно высокой в сравнение с типовыми машинами послеуборочной обработки зерна. Потери при толщине колонковых акселераторов воздушного потока 80 мм составили 21% при максимальной скорости воздушного потока и около 5% в точке с макси-

мальным показателем эффективности процесса сепарации. В сравнение с контрольной схемой пневмоканала 33% при максимальной скорости воздушного потока и 16% в точке максимальной эффективности процесса сепарации отходов послеуборочной обработки сои.

При сравнении контрольного образца пневмоканала и предлагаемой конструкции пневмоканала при разной удельной зерновой нагрузке. Масса исходного материала 5 кг, процентное содержание сорной примеси 23%, лабораторные испытания проводились на удельной зерновой нагрузке: 0,5; 1,2; 2,0; 2,5; 3,0 кг/см<sup>2</sup>ч. В предлагаемой конструкции пневмоканала колонковые акселераторы воздушного потока были повернуты против движения обрабатываемого материала, как показано на рисунке 6, что приведет к снижению потерь соевых частиц обрабатываемого материала. Для подтверждения данного предположения были проведены испытания на контрольной схеме, схеме, описанной в первой части опытов (схема 1), и обновлённой схеме (рисунок 6) (схема 2).

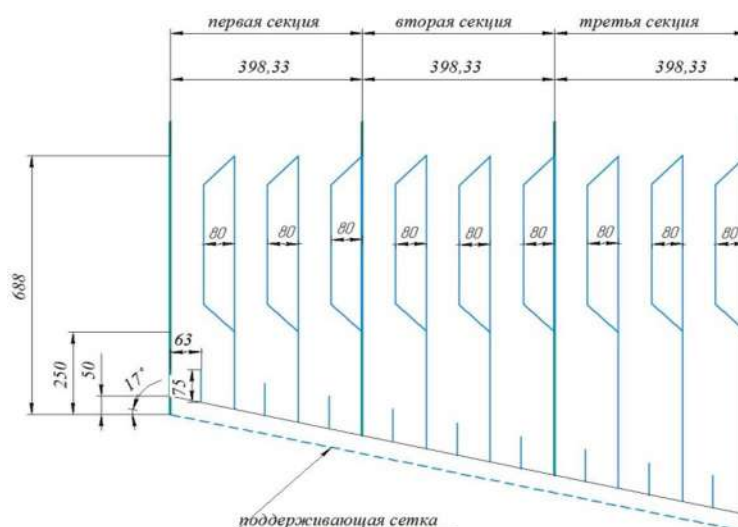


Рисунок 6 – Схема 2 пневмоканала используемого для разделения отходов послеуборочной обработки сои в опыте при разной удельной зерновой нагрузке

Figure 6 – Diagram of the pneumatic channel used to separate the waste from the post-harvest processing of soybeans in the experiment at different specific grain loads

Результаты лабораторных исследований представлены на рисунке 7. Схема 2 действительно показывает более высокую эффективность процесса сепарации отходов послеуборочной обработки сои при удельной нагрузке 2,5 кг/см<sup>2</sup>ч. и равнялась 71%. Потери составили 4,3%, схема 1 и контрольная схема показали эффективность процесса сепарации в 63% и 39 % соответственно.

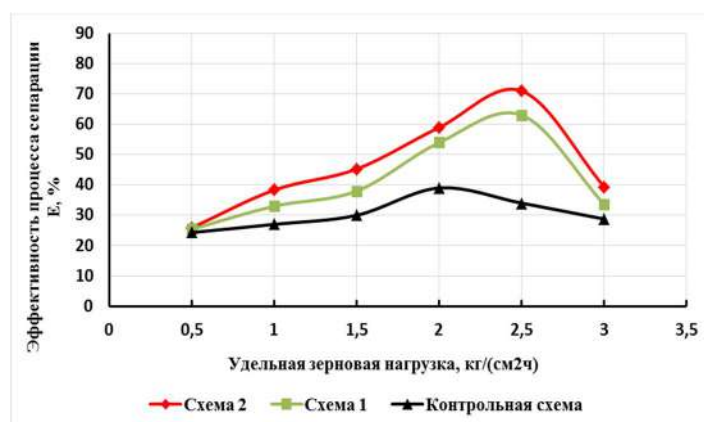


Рисунок 7 – График эффективности процесса сепарации отходов послеуборочной обработки сои при постоянной скорости воздушного потока и разном удельной зерновой нагрузке

Figure 7 – Graph of the efficiency of the post-harvest soybean waste separation process at a constant air flow rate and a different specific grain load

**Заключение.** Для выделения соевых частиц из отходов послеуборочной обработки сои лучше всего подходит схема глубокого пневмоканала с вертикально восходящим воздушным потоком, представленная на рисунке 6. Данная схема обеспечивает эффективность процесса сепарации в 71% за один проход материала. Однако этот показатель все еще не отвечает требованиям серийных зерно-семяочистительных машин [14]. Тем не менее этот результат можно считать удовлетворительным относительно ранее рассмотренных схем. Оптимальная толщина колонковых акселераторов воздушного потока, для очистки отходов послеуборочной обработки сои, была установлена в 80 мм. При этом потери соевых частиц удалось снизить до 4,3%. Полнота выделения сорной примеси 76%, при этом удалось добиться чистоты после обработки в 77%.

**Conclusions.** To isolate soy particles from soybean post-harvest waste, the scheme of a deep pneumatic channel with a vertically ascending airflow, shown in Figure 6 of this article, is best suited. This scheme provides an efficiency of the separation process of 71% in one pass of the material, however, this indicator still does not meet the requirements of serial grain-seed cleaning machines [14], however, this result can be considered satisfactory relative to the previously considered schemes. The optimal thickness of the column air flow accelerators for cleaning soybean post-harvest waste was set at 80 mm. At the same time, the loss of soy particles was reduced to 4.3%. The completeness of the release of the weed impurity is 76%, while it was possible to achieve a purity of the processing field of 77%.

#### Библиографический список

1. Бельшикина М. Е. Агротехнические требования к уборке сои. Вклад молодых ученых в аграрную науку: материалы международной научно-практической конференции. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. С. 21-24.
2. Свищева М. И., Карпунин Н. А. Анализ состояния рынка сои в Российской Федерации в региональном разрезе. Управление рисками в АПК. 2019. № 2 (30). С. 83-95.
3. Kustirini Anik, Budiningrum Diah, et al. Effect of Soybean Waste Ash as Additional Ingredients against the Compression Strength of Concrete. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. V. 1177. 012052.
4. 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.
5. Muhammad Hadiza, et al. 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.
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. Дембянова А. А., Самойлик М. С., Городничий О. Б. и др. Экономическая эффективность развития внутренней переработки аграрной продукции (на примере переработки сои на предприятии Краснодарского края). Colloquium-Journal. 2019. № 10-8 (34). С. 40-41.
8. Ахмедов А. Н., Ибодуллаева М. С., Рахматов Э. Р. Совершенствование процесса очистки семян сои. Universum: технические науки. 2022. № 4-7(97). С. 16-20.
9. Хамуев В. Г., Герасименко С. А. Определение толщины сужающих перегородок в вертикальном пневмосепарирующем канале. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. № 17 (3). С. 79-84.
10. Шафоростов В. Д., Припоров И. Е. Технология послеуборочной обработки семян сои с использованием машин отечественного производства. Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 4 (12). С. 119-122.
11. 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.
12. Panasiewicz M., Mazur J., et al. The Process of Separation of Husked Soybean in Oblique Airflow. Sustainability. 2020. № 12.
13. Хамуев В. Г., Московский М. Н., Борзенко С. И., Герасименко С. А. Исследование распределения скоростей воздушного потока в модели аспирационного канала для высокозасоренной соевой продукции. Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. Т. 69. № 2 (47). С. 86-90.
14. Елизаров В. П., Антышев Н. М., Бейлис В. М., Шевцов В. Г. Исходные требования на технологические операции в растениеводстве. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. № 1. С. 11-14.

#### References

1. Belyshkina M. E. Agrotechnical Requirements for Soybean Harvesting. Contribution of Young Scientists to Agrarian Science: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Kinel: ILC Samara State Agrarian University, 2021. Pp. 21-24.
2. Svishcheva M. I., Karpunin N. A. Analysis of the Soybean Market in the Russian Federation in the Regional Context. Risk management in the agro-industrial complex. 2019. № 2 (30). Pp. 83-95.
3. Kustirini Anik, Budiningrum Diah, et al. Effect of Soybean Waste Ash as Additional Ingredients against the Compression Strength of Concrete. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. V. 1177. 012052.
4. 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.
5. Muhammad Hadiza, et al. 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.
6. Moskovskiy M. N., Borzenko S. I. Distribution of Highly Contaminated Soybean Material in a Deep Air Channel. Agricultural Machinery and Technologies. 2023. № 17 (4). Pp. 42-48.
7. Dembyanova A. A., Samoilik M. S., Gorodnichiy O. B., et al. Economic efficiency of the development of internal processing of agrarian products (on the example of soybean processing at the enterprise of the Krasnodar region). Colloquium-Journal. 2019. № 10-8 (34). Pp. 40-41.

8. Akhmedov A. N., Ibodullaeva M. S., Rakhmatov E. R. Improvement of the Soybean Seed Cleaning Process. *Universum: Technical Sciences*. 2022. № 4-7(97). Pp. 16-20.
9. Khamuev V. G., Gerasimenko S. A. Determination of the Thickness of Narrowing Partitions in a Vertical Pneumoseparative Channel. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2023. № 17 (3). Pp. 79-84.
10. Shaforostov V. D., Priporov I. E. Technology of post-harvest treatment of soybean seeds using domestic production machines. *Legumes and cereals*. 2023. № 4 (12). Pp. 119-122.
11. Lachuga Y. F., Izmailov A. Yu., 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 Machinery and Technologies*. 2009. № 1. Pp. 2-9.
12. Panasiewicz M., Mazur J., et al. The Process of Separation of Husked Soybean in Oblique Airflow. *Sustainability*. 2020. № 12.
13. Khamuev V. G., Moskovsky M. N., Borzenko S. I., Gerasimenko S. A. Study of Air Flow Velocity Distribution in the Aspiration Channel Model for Highly Contaminated Soybean Products. *Electrical Technologies and Electrical Equipment in the Agro-Industrial Complex*. 2022. Т. 69. № 2 (47). Pp. 86-90.
14. Elizarov V. P., Antyshev N. M., Beilis V. M., Shevtsov V. G. Initial Requirements for Technological Operations in Crop Production. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2011. № 1. Pp. 11-14.

#### Информация об авторах

**Аксёнов Александр Геннадьевич**, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), e-mail: 1053vim@mail.ru

**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

**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

**Aksenov Aleksander Gennadievich**, Doctor of Engineering Sciences, chief researcher "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutskiy proezd, 5), e-mail: 1053vim@mail.ru

**Khamuev Victor Gennadievich**, Ph.D. in Engineering Sciences, leading researcher "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutskiy proezd, 5), e-mail: victor250476@yandex.ru

**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

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-36

## SYSTEM OPTIMIZATION OF NATURE-LIKE TECHNOLOGY FOR BALANCED WATER USE IN RICE IRRIGATION SYSTEMS OF LOWER KUBAN

**Bandurin M. A., Prikhodko I. A., Geraskina T. V.**

*Kuban state agrarian University named after I. T. Trubilin  
Krasnodar, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: chepura@mail.ru

Received 14.02.2024

Submitted 30.03.2024

**The research was supported by a grant from the Russian Science Foundation and the Kuban Science Foundation No. 22-17-20001**

#### Summary

The article presents the results of the development of new technologies for rice cultivation in the Achuevskaya agricultural firm in the Slavyansky district of the Krasnodar Territory. This technology for cultivating rice will allow us to develop a comprehensive multi-level methodology for cultivating rice in compliance with all technical and technological requirements for growing rice crops, as well as for environmental protection, which will not only balance the soil balance of micro and macroelements of the soil, redox potential, but also agroresource potential of rice agricultural landscapes.

#### Abstract

**Introduction.** The study presents a nature-like technology for balanced water use in rice irrigation systems in the Lower Kuban. The vector of development of modern humanity is directed upward along the technocratic curve. The consequences of this development are pollution of surface and groundwater runoff, an ever-increasing shortage of water suitable for humans and plants, an increase in anthropogenic load on agricultural lands, which results in not only a decrease in soil fertility, but also complete degradation with their removal from crop rotations. At the present stage of development, we need green technologies that are environmentally friendly. Therefore, the **goal** of our research is to develop new approaches to nature-like technology for balanced water use in rice irrigation systems in the Lower Kuban. **Object.** The object of research was the water management complex of the Lower Kuban. The **research problem** is to develop a



new rice map to save irrigation water, improve the reclamation status of rice soils and rice productivity. **Materials and methods.** The article proposes the design of a new generation rice card. The results of the construction and operation of a new generation rice map in the Achuevskaya agricultural firm in the Slavyansky district of the Krasnodar Territory are presented. This map allows you to highly effectively control the groundwater level, which in turn allows you to maintain the specified parameters of soil moisture with the necessary and sufficient accuracy. A mathematical model for achieving the optimal state of a rice irrigation system has been developed, based on an integral approach to the formation of management decisions in the process of selecting the optimal option for planned work on a rice irrigation system with predicted operational parameters of the system. Allows you to quantify the strength and direction of influence of the factors taken into account, to perform multivariate forecast calculations based on the resources available at the time of construction, the scientific and technical level, technologies and construction materials. **Results and discussion.** As a result of the research carried out, positive results were obtained, which are expressed in: a reduction in the irrigation norm on average over the years of research by 5 times and which amounted to about 3.5 thousand m<sup>3</sup>/ha, which in turn allowed for energy savings at waste pumping stations in 20 %. A 40-45% reduction in the application rate of pesticides and herbicides was also obtained, which made it possible to reduce the cost of rice production by 5% and reduce drainage water pollution by 10%. The improvement in the granulometric composition of the soil was expressed in a 10% increase in soil aggregates with a diameter of 0.25 – 10 mm in the 0-20 cm layer. The improvement in NPK was characterized by an increase in the content of hydrolyzable nitrogen in the arable horizon by 1.1%, mobile phosphorus – 0.16%, mobile potassium – 1.32%, while the humus content in the arable horizon increased by 0.08%). The economic effect of introducing this rice map made it possible to increase the yield of green mass of alfalfa to 650 c/ha, corn to 720 c/ha. An increase in the yield of rice and related crops of rice crop rotation was obtained. The decrease in groundwater levels improved the ecological and reclamation state of the soils of the rice paddies. Optimization of the process of making management decisions during the construction of an irrigation system made it possible to reduce the amount of labor costs by 5% and energy resources by 20%. The increase in rice yield was 13%, while its cost decreased by 5%.

**Keywords:** nature-like technologies, water use, rice maps, rice yields, rice cultivation, agresource potential of soils.

**Citation.** Bandurin M. A., Prikhodko I. A., Geraskina T. V. System optimization of nature-like technology for balanced water use in rice irrigation systems of Lower Kuban. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 297-309 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-36.

**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 626.82

## СИСТЕМНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИРОДОПОДОБНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СБАЛАНСИРОВАННОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ НИЖНЕЙ КУБАНИ

Бандурин М. А., доктор технических наук, доцент  
Приходько И. А., кандидат технических наук, доцент  
Гераськина Т. В., аспирант

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»  
г. Краснодар, Российская Федерация

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского  
научного фонда № 22-17-20001

**Актуальность.** В проведенном исследовании приводится природоподобная технология сбалансированного водопользования на рисовых оросительных системах Нижней Кубани. Вектор развития современного человечества направлен вверх по технократической кривой. Последствиями такого развития являются загрязнение стока поверхностных и подземных вод, постоянно нарастающий дефицит пригодной для человека и растений воды, увеличение антропогенной нагрузки на сельскохозяйственные земли, в результате которой происходит не только снижение плодородия почв, но и полная деградация с выводом их из севооборотов. На современном этапе развития нужны зелёные технологии, которые являются экологически безвредными. Поэтому целью наших исследований является формирование новых подходов в природоподобной технологии сбалансированного водопользования на рисовых оросительных системах Нижней Кубани. **Объект.** Объектом исследований выступал водохозяйственный комплекс Нижней Кубани. **Задача исследований** заключается в разработке новой рисовой карты для экономии оросительной воды, повышения мелиоративного состояния рисовых почв и урожайности риса. **Материалы и**

**методы.** В статье предлагается конструкция рисовой карты нового поколения. Изложены результаты строительства и эксплуатации рисовой карты нового поколения в агрофирме «Ачуевская» Славянского района Краснодарского края. Данная карта позволяет высокоэффективно управлять уровнем грунтовых вод, что, в свою очередь, позволяет с необходимой и достаточной точностью поддерживать заданные параметры влажности почвы. Разработана математическая модель достижения оптимального состояния рисовой оросительной системы, базирующаяся на интегральном подходе по формированию управленческих решений в процессе выбора оптимального варианта намечаемых работ на рисовой оросительной системе с прогнозируемыми эксплуатационными параметрами системы. Позволяет количественно оценить силу и направление влияния учитываемых факторов, выполнять многовариантные прогнозные расчеты исходя из имеющихся на момент строительства ресурсов, научно-технического уровня, технологий и материалов строительства. **Результаты и обсуждение.** В результате выполненных исследований были получены положительные результаты, которые выражаются в: сокращении оросительной нормы в среднем за годы исследований в 5 раз и которая составляла около 3,5 тыс. м<sup>3</sup>/га, что, в свою очередь, привело к экономии электроэнергии на сбросных насосных станциях на 20 %. Также было получено снижение дозы внесения пестицидов и гербицидов на 40-45%, что позволило снизить на 5 % себестоимость производства риса и снизить загрязнение дренажных вод на 10 %. Улучшение гранолометрического состава почвы выразилось в увеличении на 10% в слое 0-20 см агрегатов почвы диаметром 0,25-10 мм. Улучшение NPK характеризовалось в увеличении содержания в пахотном горизонте гидролизуемого азота на 1,1 %, подвижного фосфора – 0,16%, подвижного калия – 1,32%, при этом содержание гумуса в пахотном горизонте повысилось на 0,08%). Экономический эффект внедрения данной рисовой карты позволил повысить урожайность зеленой массы люцерны до 650 ц/га, кукурузы до 720 ц/га. Получена прибавка урожая риса и сопутствующих культур рисового севооборота. Снижение уровня грунтовых вод улучшило эколого-мелиоративное состояние почв рисовых чеков. Оптимизация процесса принятия управленческих решений при строительстве оросительной системы позволила снизить объем трудозатрат на 5%, энергоресурсов на 20%. Прибавка урожая риса составила 13% при снижении его себестоимости на 5%.

**Ключевые слова:** природоподобные технологии, водопользование, рисовые карты, урожайность риса, возделывание риса, агроресурсный потенциал почв.

**Цитирование.** Бандурин М. А., Приходько И. А., Гераськина Т. В. Системная оптимизация природоподобной технологии сбалансированного водопользования на рисовых оросительных системах нижней Кубани. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 297-309. DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-36.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Вектор развития современного человечества направлен вверх по технологической кривой. Последствиями такого развития являются загрязнение стока поверхностных и подземных вод, постоянно нарастающий дефицит пригодной для человека и растений воды, увеличение антропогенной нагрузки на сельскохозяйственные земли, в результате которой происходит не только снижение плодородия почв, но и полная деградация с выводом их из севооборотов.

Традиционно строительство рисовых оросительных систем было ориентировано на возделывание культуры риса способом затопления чеков [1]. Такой способ в условиях ежегодного роста дефицита и стоимости пресной воды делает возделывание риса нерентабельным. Большим недостатком существующих типов рисовых карт как основного конструктивного элемента рисовых оросительных систем является их непригодность к возделыванию сопутствующих и зимующих культур рисового севооборота [2]. Это выражается главным образом в отсутствии предъявляемых к культуре биологических потребностей в водном питании, так как их возделывание осуществлялось без орошения.

В почве преобладают восстановительные процессы, приводящие к снижению агро-ресурсного потенциала почвы, что крайне пагубно сказывается на качестве и урожайности сопутствующих культур рисового севооборота, а значит, и ликвидности их на рынке в сравнении с той же продукцией, полученной на богарных землях [3].

Решением в данной ситуации для рисосеющих хозяйств был переход на возделывание риса как монокультуры и отказ от других культур рисового севооборота. Данное решение незамедлительно привело к снижению урожайности риса за счет резкого ухудшения мелиоративного состояния почв, вызванного снижением количества фитомелиорантов в почве, которое, в свою очередь, было связано со снижением урожайности многолетних трав из-за отсутствия сопутствующих и зимующих культур в рисовом севообороте. Во многих хозяйствах для

сохранения высоких урожаев риса стали вносить увеличенные дозы минеральных удобрений и пестицидов, что может рассматриваться как временная мера, неизменно приводящая к снижению качества получаемого риса и мелиоративного состояния рисовой оросительной системы. Все это является результатом неупорядоченных и не систематизированных воздействий человека на атмосферу, гидросферу, литосферу и биосферу. Несогласованность таких действий в одной отрасли народного хозяйства со смежными отраслями, наряду с недостаточными исследованиями в области причинно-следственных связей между выполняемыми мероприятиями, является главной проблемой на сегодняшний день, решение которой позволит обеспечить экономическую безопасность любой страны [4, 5, 6].

Особое место в решении данной глобальной проблемы занимает решение ряда промежуточных проблем, направленных на сохранение и улучшение агресурсного потенциала сельскохозяйственных земель. Для оценки последствий антропогенной нагрузки необходимо учитывать интенсивность воздействия на почву машин и механизмов. Следует отметить, что рисосеющие хозяйства в настоящее время обладают техникой суммарной мощностью более 250 л. с. на 100 га ирригированной площади. На 1 га посевной площади риса производится тракторных работ в объеме более 200 эталонных га и подается от 16 до 25 тыс. м<sup>3</sup> оросительной воды. Современные тракторы, особенно колесные, оказывают давление на почву до 3-4 кг/см<sup>2</sup> и более, а ходовые системы машин только в период предпосевных обработок и сева покрывают площадь поля до 80% [7].

Все вышеизложенное свидетельствует о несистематизированном и неэкологическом подходе к возделыванию рисовых севооборотов. Дальнейшее производство риса по существующим технологиям не представляется возможным и может привести к беспрецедентным экологическим последствиям и полной деградации почвы с выводом полей рисовой оросительной системы из севооборотов.

**Материалы и методы.** Самой распространенной зерновой культурой в мире является рис. Получение гарантировано высоких урожаев риса обеспечивает продовольственную безопасность многих стран, включая Россию. Традиционные технологии возделывания риса способом затопления рисовых чеков являются очень трудоемкими и экономически затратными. Также возделывание риса сопряжено с потерей плодородия почв из-за нахождения ее под слоем воды большую часть вегетационного периода риса, что приводит к процессам заболачивания, слитизации и вторичному засолению почвы, а также загрязнению водоприемников (рек, озер, лиманов) пестицидами и гербицидами путем сбрасывания в них дренажно-сбросных вод, которое оказывают пагубное влияние не только на флору и фауну водных объектов, но и на здоровье людей, употребляющих рыбу и воду из него. Наблюдаемые в последние годы во всем мире засухи и растущий дефицит пресной воды, а также необходимость охраны окружающей среды от последствий возделывания риса вынуждает производителей риса переходить на новые, более эколого-экономичные способы возделывания риса.

Многими авторами были выполнены полевые исследования [8, 9, 10], в которых описаны попытки орошения люцерны на рисовых оросительных системах. Однако в связи с особенностью почво-грунтов рисовых чеков (нулевой уклон; тяжелые грунты – глины, тяжелые суглинки, слитые черноземы; высокий уровень грунтовых вод; слабая водопроницаемость почвы) все попытки повысить урожайность люцерны путем орошения ее краткосрочным затоплением не увенчались успехом и закончились вымоканием и гибелью посевов люцерны.

Предлагались также различной конструкции передвижные поливные агрегаты, метод форсированного затопления, а также использование сифонов большого диаметра. Однако ощутимых результатов данные решения не принесли, кроме отдельно взятых хозяйств, в которых по удачному стечению природно-климатических факторов (быстрое удаление воды, отсутствие осадков после полива и т.п.) были получены положительные результаты, которые не подтвердились в повторных полевых исследованиях [11, 12].

По результатам строительства в агрофирме «Ачуевская» Славянского района Краснодарского края и эксплуатации предлагаемой нами новой конструкции рисовой оросительной системы в производственных условиях были получены устойчивые результаты регулирования влажности почвы и высокие урожаи не только люцерны, но и кукурузы, что стало возможным за счет новой возможности регулирования и управления глубиной залегания грунтовых вод (рисунок 1) [13, 14].





Рисунок 1 – Рисовая оросительная система в агрофирме «Ачуевская» Славянского района Краснодарского края

Figure 1 – Rice irrigation system in the agricultural firm "Achuevskaya" of the Slavyansky district of the Krasnodar region

Главная особенность, предлагаемой рисовой поливной карты заключается в нарезке периферийных чековых канавок оросителя-сброса строительство подпорных сооружений с переливным регулируемым порогом на границах террас по трассе картового сброса, что позволило не только сэкономить оросительную воду, но и улучшить агромелиоративное состояние почв (рисунок 2).

Орошение сопутствующих севооборотных культур производится следующим образом. Из картового оросителя вода подается в головной чек с целью заполнения периферийного сброса-оросителя. В сбросе-оросителе устанавливается водомерная рейка (чекочная рейка с делениями от 0 до 30 см). Деление «30» соответствует средней отметке поверхности земли с отклонением минус 10 см.

Подача воды осуществляется до тех пор, пока уровень воды в сбросе-оросителе не достигнет отметки по рейке «30», затем подача воды приостанавливается. Если уровень воды в сбросе-оросителе уменьшается, то подача возобновляется. Как только насыщение почвы водой достигнет своего максимума, уровень воды в сбросе-оросителе стабилизируется или будет уменьшаться медленно.

В сбросном канале на протяжении длины чека поддерживается уровень воды подпорным сооружением, соответствующий отметке поверхности земли за минусом 0,5 м. В этом случае получается эффект внутрпочвенного орошения.

Любое строительство должно быть технико-экономически обосновано. Еще на стадии проектирования необходимо учесть как можно больше факторов, которые не только позволят снизить стоимость строительства, но и позволят эксплуатировать систему с минимальными рисками. Необходим прогноз изменения природно-мелиоративных показателей (критериев) перехода агроландшафтов в урболодшафты при строительстве рисовых оросительных систем, в том числе оценка негативных воздействий затопления рисовых чеков на окружающую экосистему и эколого-мелиоративное состояние почв. Для формирования комплекса современных методов и подходов рационального природопользования на стадии проектирования необходимо прогнозировать (моделировать) последствия принятых строительных решений [15].



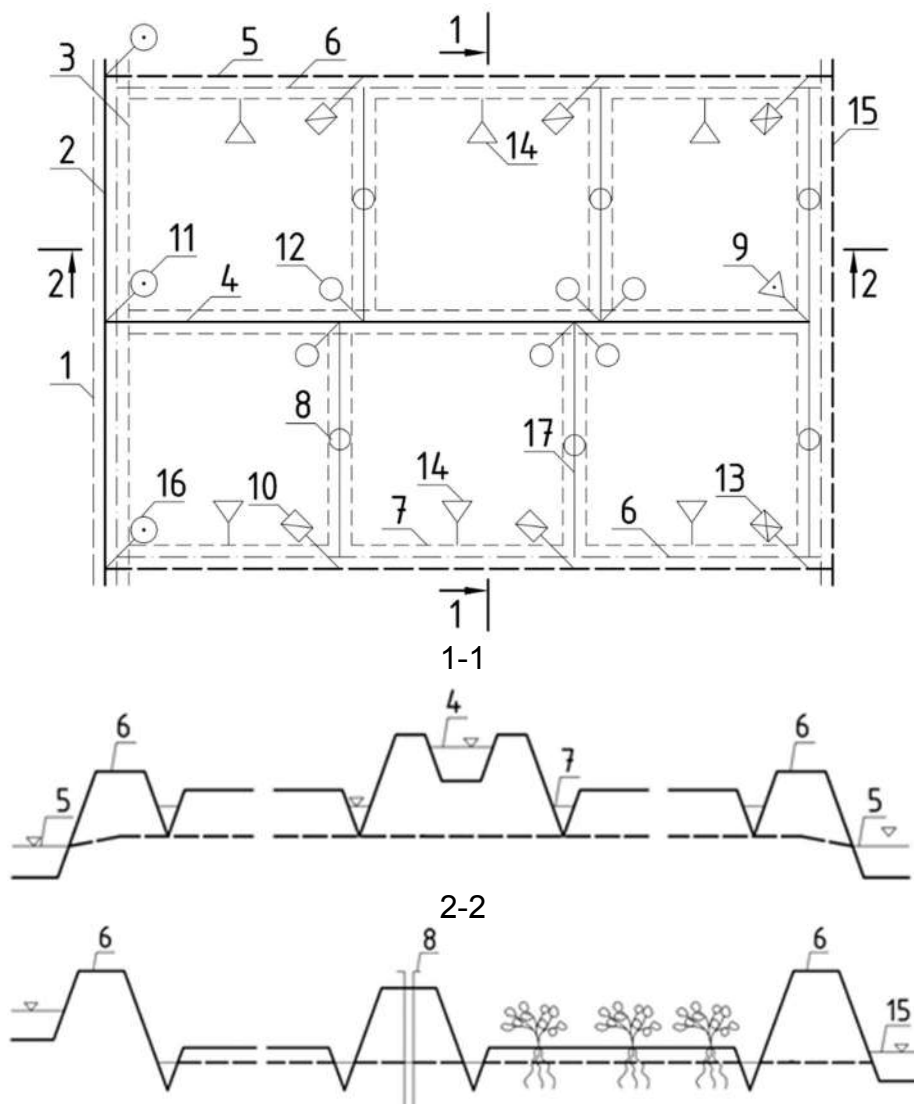


Рисунок 2 – Усовершенствованная карта-схема поливной карты Краснодарского типа:

- 1 – оградительный дренажный канал; 2 – участковый распределитель; 3 – чековый дренажный сброс; 4 – картовый ороситель; 5 – картовый сброс; 6 – дорога; 7 – чековый ороситель-сброс; 8 – наблюдательная скважина за УГВ; 9 – конечный сброс на оросителе; 10 – подпорное сооружение с водосливным порогом на картовом сбросном канале; 11 – головное сооружение на картовом оросителе; 12 – чековое оросительное сооружение; 13 – конечное запорное сооружение с регулируемым по высоте порогом-водосливом; 14 – чековое сбросное сооружение; 15 – участковый коллектор; 16 – водовыпуск (дополнительный) из участкового распределителя в картовый сброс; 17 – межчековый валик

Figure 2 – Improved map-scheme of the irrigation map of the Krasnodar type: 1 – protective drainage channel; 2 – precinct distributor; 3 – check drainage discharge; 4 – kart sprinkler; 5 – kart discard; 6 – road; 7 – check sprinkler-discharge; 8 – observation well for UGV; 9 – end discharge at the sprinkler; 10 – retaining structure with a spillway threshold on the kart discharge channel; 11 – head structure on the kart sprinkler; 12 – check irrigation structure; 13 – end shut-off structure with height-adjustable sill-weir; 14 – check discharge facility; 15 – district collector; 16 – water outlet (additional) from the section distributor to the kart discharge; 17 – inter-check roller

В работе предлагается инновационное системно-информационное, вероятностное обоснование планируемых строительных операций на рисовых оросительных системах. Основная идея такого подхода заключается в формировании альтернативно допустимых вариантов в рамках доступных на момент строительства ресурсов (энергетических, трудовых, экономических, технико-технологических). Целевыми функциями прогнозирования результатов по-

следствий выполнения тех или иных строительных мероприятий являются минимизация конечной стоимости строительства оросительной системы, получение максимального коэффициента земельного использования на рисовой оросительной системе, минимизация нарушения исторически сложившегося агроландшафта и оценкой предполагаемого изменения мелиоративного состояния почв под влиянием культуры затопляемого риса, получение запрограммированного урожая риса и сопутствующих культур рисового севооборота [16].

Основной трудностью прогнозирования (моделирования) различных вариантов является идентификация большого числа неуправляемых параметров (природно-климатических, гидрогеологических, мелиоративных, экономических, экологических и т.д.). Поэтому для реализации намеченных мероприятий на начальной стадии экологические требования вынужденно задаются в наипростейшей форме в виде ограничений, накладываемых на параметры системы [17].

Без сомнения, одной из главных задач оценки вариантов строительства рисовой оросительной системы является учет природных процессов и внешних воздействий, которые характеризуются стохастичностью и неопределённостью. Важнейшим природным процессом, по результатам многочисленных исследований, является гидрогеологический режим, который играет ключевую роль на рисовых оросительных системах.

Составление прогнозов изменения режима уровня и минерализации грунтовых вод в результате строительства и эксплуатации рисовой оросительной системы является главной и первостепенной задачей в гидрогеологических расчетах, входящих в состав проекта строительства мелиоративных систем. Предложенный вероятностный подход обеспечивает комплексность почвенных и гидрогеологических исследований, так как почвенные условия объекта мелиорации взаимосвязаны с гидрогеологическими условиями [18, 19].

Важным фактором оптимального функционирования рисовой оросительной системы является возможность оперативно управлять уровнем грунтовых вод, что дает работникам рисосеющей отрасли многофункциональный инструмент, гарантирующий получение высоких урожаев при оптимальных режимах работы рисовых поливных карт.

Оптимизация водохозяйственной системы в составе комплекса мер по управлению рисовой оросительной системой является базисным вопросом и рассматривается в многокритериальной плоскости в течение не только вегетационного периода, но и во вневегетационный период, что обеспечивает устойчивый урожай, оптимальный водно-солевой режим и необходимые для сохранения почвенного агроресурсного потенциала окислительно-восстановительные процессы в пахотном горизонте почвы [20].

Управление такими многофакторными процессами является трудноосуществимой задачей с весьма трудоемким процессом, требующим большого количества расчетов, поэтому для учета особенностей функционирования рисовых оросительных систем будем рассматривать данные процессы пуассоновским потоком интенсивности  $\lambda$ . На  $n$ -й фазе намечаемые работы позволят на рисовой оросительной системе осуществлять необходимые мелиоративные мероприятия с вероятностью  $R_n = R(S_n)$ .

Рассмотрим вероятностные характеристики цены намечаемых работ. Если работы будут завершены на  $n$ -й фазе, то цена совершенных работ будет равна  $S_n$ . Цена достижения цели ( $S_e$ ) – дискретная случайная величина, принимающая значения  $S_n$  с вероятностями  $Q_n$

$$P\{S_e = S_n\} = Q_n, n = \overline{1, \infty} \quad (1)$$

$$\text{Отсюда} \quad M\{S_e\} = \sum_{n=1}^{\infty} S_n \exp\left(-\sum_{i=1}^{n-1} \lambda T_i R_i\right) \cdot (1 - \exp(-\lambda T_n R_n)), \quad (2)$$

$$M\{S_e^2\} = \sum_{n=1}^{\infty} S_n^2 \exp\left(-\sum_{i=1}^{n-1} \lambda T_i R_i\right) \cdot (1 - \exp(-\lambda T_n R_n)), \quad (3)$$

$$\text{и} \quad D\{S_e\} = M\{S_e^2\} - M^2\{S_e\} \quad (4)$$

Далее определили среднее время достижения удовлетворительного варианта намечаемых работ на рисовой оросительной системе.

$$\bar{\tau} = \sum_{n=1}^{\infty} T_n \Psi_1(\lambda R_n T_n) \exp\left(-\sum_{k=1}^{n-1} \lambda R_k T_k\right), \quad (5)$$

где  $\Psi_1(x) = \frac{1-e^{-x}}{x}$ .

Плотность вероятностей  $p_s(S_e)$  имеет вид

$$p_s(S_e) = \delta(S_e - S_m) \exp\left(-\int_{S_m}^S g(x) dx\right) + g(S_e) \exp\left(-\int_{S_e}^S g(x) dx\right), \quad (6)$$

где  $g(S) = \lambda R(S)/a(S)$ ;  $a(S) = -\frac{ds}{dt}\bigg|_{t=t(S)}$ ;  $S_e$  изменяется в пределах  $S_m \leq S_e \leq S$ .

В такой постановке задачи нами найдены:

- плотность вероятностей промежутка времени до наступления благоприятного состояния по различным вариантам намечаемых работ на рисовой оросительной системе:

$$p(\tau) = \lambda R(S(\tau)) \exp\left(-\int_0^\tau \lambda R(S(t)) dt\right), \quad (7)$$

- среднее время достижения наиболее оптимального состояния системы по удовлетворительному варианту намечаемых работ на рисовой оросительной системе (формула 5).

**Результаты и обсуждение.** Предложенная нами методика состоит в вероятностном подходе к выбору оптимального варианта выполняемых работ на мелиоративной системе, позволяющего совершенствовать существующие технологии эксплуатации рисовых оросительных систем с учетом современного научно-технологического уровня и всех экологических требований, предъявляемых к такого рода системам.

Предлагаемая схема поливной карты позволяет избежать смыкания грунтовых с оросительными водами и избежать вторичного засоления почв в случае их повышенной минерализации и обеспечить оптимальный водно-солевой режим почв.

Также реконструкция существующих поливных карт Краснодарского и Кубанского типа позволит контролировать окислительно-восстановительные процессы в корнеобитаемом слое почвы в течение года, что существенно улучшит агресурсный потенциал рисовых агроландшафтов (таблица 1-3).

Таблица 1 – Изменение мелиоративного состояния почв рисовых чеков в агрофирме «Ачуевская» Славянского района Краснодарского края

Table 1 – Changes in the reclamation state of rice paddy soils in the agricultural firm "Achuevskaya" of the Slavyansk district of the Krasnodar Region

| Номер /<br>Характеристика чеков / Cheque<br>Number / Characteristics | Глубина отбора, см /<br>Depth of sampling, cm | N-NO <sub>3</sub> | N-NH <sub>4</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Гумус, % /<br>Humus, % |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|------------------------|
| Поле 1 / по способу /<br>Field 1 / By Method                         | 0-5                                           | 1,92              | 0,48              | 11,1                          | 6,9              | 2,55                   |
|                                                                      | 5-10                                          | 1,80              | 0,45              | 11,0                          | 6,9              |                        |
| Поле 1 / контроль / Field 1 / Control                                | 0-5                                           | 1,42              | 0,38              | 10,8                          | 6,9              | 2,32                   |
|                                                                      | 5-10                                          | 1,37              | 0,38              | 10,0                          | 6,7              |                        |
| Поле 2 / по способу / Field 2 /<br>By Method                         | 0-5                                           | 2,12              | 1,09              | 10,4                          | 5,6              | 2,68                   |
|                                                                      | 5-10                                          | 2,07              | 1,04              | 10,3                          | 5,4              |                        |
| Поле 2 / контроль / Field 2 / Control                                | 0-5                                           | 1,17              | 0,69              | 10,3                          | 5,5              | 2,41                   |
|                                                                      | 5-10                                          | 1,16              | 0,66              | 10,1                          | 5,1              |                        |

Таблица 2 – Изменение агро-мелиоративного состояния и плодородия почв рисовых чеков в агрофирме «Ачуевская» Славянского района Краснодарского края

Table 2 – Changes in the agro-reclamation state and soil fertility of rice checks in the agricultural firm "Achuevskaya" of the Slavyansky district of the Krasnodar Region

| Номер /<br>характеристика чеков /<br>Cheque Number/Characteristics | Глубина<br>отбора, см /<br>Depth of<br>sampling,<br>cm | Степень вы-<br>равнивания,<br>см / Degree of<br>equalization, cm | N-NO <sub>3</sub> | N-NH <sub>4</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Гумус,<br>% / Hu-<br>mus, % |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|
| Поле 1 / по способу /<br>Field 1 / By Method                       | 0-5                                                    | ±50                                                              | 1,89              | 0,57              | 13,8                          | 7,3              | 2,20                        |
|                                                                    | 5-10                                                   |                                                                  | 1,80              | 0,52              | 13,1                          | 7,3              |                             |
| Поле 1 / контроль /<br>Field 1 / Control                           | 0-5                                                    | ±100                                                             | 1,67              | 0,38              | 11,0                          | 6,3              | 2,08                        |
|                                                                    | 5-10                                                   |                                                                  | 1,65              | 0,35              | 10,2                          | 5,5              |                             |
| Поле 2 / по способу /<br>Field 2 / By Method                       | 0-5                                                    | ±50                                                              | 2,19              | 1,10              | 11,4                          | 6,1              | 2,86                        |
|                                                                    | 5-10                                                   |                                                                  | 2,15              | 1,04              | 11,3                          | 5,8              |                             |
| Поле 2 / контроль /<br>Field 2 / Control                           | 0-5                                                    | ±90                                                              | 1,11              | 0,42              | 10,8                          | 5,8              | 2,01                        |
|                                                                    | 5-10                                                   |                                                                  | 1,14              | 0,46              | 10,0                          | 5,0              |                             |

Таблица 3 – Изменение мелиоративного состояния почв рисовых чеков в агрофирме «Ачуевская» Славянского района Краснодарского края  
Table 3 – Changes in the reclamation state of rice soils in the agricultural firm "Achuevskaya" of the Slavyansk district of the Krasnodar Region

| Номер / способ<br>Number/Method              | Глубина<br>отбора, см / Depth<br>of sampling, cm | Содержание агрегатов 0,25-10мм,<br>% от массы воздушно-сухой поч-<br>вы / Aggregate content 0.25-10 mm,<br>% of air-dry soil weight | Сумма водопрочных агре-<br>гатов >0,25мм, % /<br>Sum of water-resistant<br>units >0.25 mm, % |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Поле 1 / по способу /<br>Field 1 / By Method | 0-5<br>5-10                                      | 49,5<br>43,6                                                                                                                        | 32,8<br>30,6                                                                                 |
| Поле 1 / контроль /<br>Field 1 / Control     | 0-5<br>5-10                                      | 38,8<br>30,9                                                                                                                        | 29,2<br>27,4                                                                                 |
| Поле 2 / по способу /<br>Field 2 / By Method | 0-5<br>5-10                                      | 52,7<br>52,4                                                                                                                        | 36,7<br>35,9                                                                                 |
| Поле 2 / контроль /<br>Field 2 / Control     | 0-5<br>5-10                                      | 41,2<br>36,6                                                                                                                        | 31,7<br>27,8                                                                                 |

Таблица 4 – Количественные, качественные и биологические характеристики сорта риса Рапан 2 в агрофирме «Ачуевская» Славянского района Краснодарского края  
Table 4 – Quantitative, qualitative and biological characteristics of the Rapan 2 rice variety in the agricultural firm "Achuevskaya" of the Slavyansk district of the Krasnodar Region

| №<br>п/п | Наименование / Name                                                                | Годы исследований / Years<br>of research |      |      |      |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------|------|------|
|          |                                                                                    | 1                                        | 2    | 3    | 4    |
| 1        | Вегетационный период / Growing season                                              |                                          |      |      |      |
|          | - по новой технологии / using a new technology                                     | 119                                      | 118  | 118  | 117  |
|          | - контроль / control                                                               | 120                                      | 119  | 119  | 119  |
| 2        | Высота растения, см / Plant height, cm                                             |                                          |      |      |      |
|          | - по новой технологии / using a new technology                                     | 93,6                                     | 93,7 | 94,4 | 94,9 |
|          | - контроль / control                                                               | 85,8                                     | 86,3 | 86,5 | 86,9 |
| 3        | Длина метелки, см / Panicle length, cm                                             |                                          |      |      |      |
|          | - по новой технологии / using a new technology                                     | 16,4                                     | 16,4 | 16,8 | 17,3 |
|          | - контроль / control                                                               | 15,3                                     | 15,5 | 15,7 | 15,9 |
| 4        | Число колосков в метелке, шт. / Number of spikelets in a panicle, pcs.             |                                          |      |      |      |
|          | - по новой технологии / using a new technology                                     | 197                                      | 197  | 202  | 208  |
|          | - контроль / control                                                               | 184                                      | 186  | 188  | 191  |
| 5        | Число зерен, шт. / Number of grains, pcs.                                          |                                          |      |      |      |
|          | Общее / Total                                                                      |                                          |      |      |      |
|          | - по новой технологии / using a new technology                                     | 188                                      | 190  | 193  | 198  |
|          | - контроль / control                                                               | 70                                       | 70   | 73   | 75   |
|          | Пустых / Empty                                                                     |                                          |      |      |      |
| 6        | Пустозерность, % / Hollowness, %                                                   |                                          |      |      |      |
|          | - по новой технологии / using a new technology                                     | 2,1                                      | 2,1  | 1,6  | 1,0  |
|          | - контроль / control                                                               | 5,7                                      | 5,7  | 4,1  | 2,7  |
| 7        | Отношение длины зерновки к ширине (l/b) / Ratio of caryopsis length to width (l/b) | 2,2                                      | 2,2  | 2,2  | 2,3  |
|          | Масса г/растение: / Weight, g/plant:                                               |                                          |      |      |      |
|          | Зерна / Grain                                                                      |                                          |      |      |      |
|          | - по новой технологии / using a new technology                                     | 7,5                                      | 7,6  | 7,7  | 7,9  |
|          | - контроль / control                                                               | 2,8                                      | 2,8  | 2,9  | 3,0  |
| 9        | Соломы / Straw                                                                     |                                          |      |      |      |
|          | - по новой технологии / using a new technology                                     | 7,1                                      | 7,3  | 7,3  | 7,4  |
|          | - контроль / control                                                               | 2,6                                      | 2,6  | 2,6  | 2,6  |
| 9        | Отношение соломы: зерно / Ratio Straw: Grain                                       |                                          |      |      |      |
|          | - по новой технологии / using a new technology                                     | 0,92                                     | 0,93 | 0,88 | 0,85 |
|          | - контроль / control                                                               | 0,95                                     | 0,96 | 0,95 | 0,94 |
| 10       | Урожайность (1 поле по способу), т/га / Yield (1 field by method), t/ha            | 88,2                                     | 88,2 | 88,3 | 88,5 |
| 11       | Урожайность (1 поле контроль), т/га / Yield (1 field control), t/ha                | 67,9                                     | 67,0 | 68,9 | 68,1 |
| 12       | Урожайность (2 поле по способу), т/га / Yield (2 field by method), t/ha            | 88,2                                     | 88,3 | 88,3 | 88,4 |
| 13       | Урожайность (2 поле контроль), т/га / Yield (2 field control), t/ha                | 66,2                                     | 69,8 | 68,0 | 67,9 |



Таблица 5 – Урожайность сопутствующей культур

Table 5 – Yield of co-crops

| Урожайность промежуточных культур рисового севооборота, т/га /<br>Yield of catch crops of rice crop rotation, t/ha |                                                                              |                                 |                                        |                                         |                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Озимая пшеница на зерно (контроль) /<br>Winter wheat for grain (control)                                           | Озимая пшеница на зерно (по способу) /<br>Winter wheat for grain (by method) | Рожь (контроль) / Rye (control) | Рожь (по способу) /<br>Rye (by method) | Рапс (контроль) /<br>Rapeseed (control) | Рапс (по способу) / Rape-<br>seed (by method) |
| 3,1                                                                                                                | 4,8                                                                          | 26,6                            | 34,1                                   | 24,0                                    | 28,2                                          |

Апробация наших исследований подтверждает эффективность новой поливной карты, которая заключается в снижении оросительной нормы, улучшении гранулометрического состава пахотного горизонта.

Использование математической выбора наиболее оптимального состояния системы по различным вариантам намечаемых работ на рисовой оросительной системе позволяет снизить время принимаемых управленческих решений и повысить их результативность.

**Заключение.** В результате внедрения новых технологий возделывания риса в агрофирме «Ачуевская» Славянского района Краснодарского края были получены положительные результаты [21-23], которые выражаются в сокращении оросительной нормы в среднем за годы исследований в 5 раз (3,5 тыс. м<sup>3</sup>/га). Что, в свою очередь, привело к экономии электроэнергии на сбросных насосных станциях на 20%. Также было получено снижение дозы внесения пестицидов и гербицидов на 40-45%, что позволило снизить на 5% себестоимость производства риса и снизить загрязнение дренажных вод на 10%.

Улучшение гранулометрического состава почвы выразилось в увеличении на 10% в слое 0-20 см агрегатов почвы диаметром 0,25-10 мм.

Улучшение NPK характеризовалось в увеличении содержания в пахотном горизонте гидролизующего азота на 1,1%, подвижного фосфора – 0,16%, подвижного калия – 1,32%, при этом содержание гумуса в пахотном горизонте повысилось на 0,08%.

Использование новой конструкции рисовой поливной карты позволило снизить риски возникновения вторичного засоления на рисовых чеках путем понижения уровня грунтовых вод на 30-40 см, а также обеспечить оптимальное протекание окислительно-восстановительных процессов в корнеобитаемом слое в течение года.

Использование математической модели позволило оптимизировать выполняемый комплекс технологических операций на рисовой оросительной системе, что выразилось в снижении его трудоемкости на 15%.

Прибавка урожая риса, от применения рекомендуемой методики, выразилась в увеличении урожайности риса на 13%, а сопутствующих и зимующих культур рисового севооборота в среднем по всем культурам – 65-85%.

Данная технология возделывания риса позволит разработать комплексную многоуровневую методологию возделывания риса с соблюдением всех технико-технологических требований предъявляемых к выращиванию культуры риса, а также по охране окружающей среды, что позволит не только сбалансировать почвенный баланс микро и макроэлементов почвы, окислительно-восстановительный потенциал, но и агресурсный потенциал рисовых агроландшафтов.

**Conclusions.** As a result of the introduction of new technologies for cultivating rice in the agricultural firm "Achuevskaya" of the Slavyansky district of the Krasnodar Territory [21-23], positive results were obtained, which are expressed in: a reduction in the irrigation rate on average over the years of research by 5 times and which was about 3.5 thousand m<sup>3</sup>/ha, which in turn, allowed to save electricity at waste pumping stations by 20%. A 40-45% reduction in the application rate of pesticides and herbicides was also obtained, which made it possible to reduce the cost of rice production by 5% and reduce drainage water pollution by 10%.

The improvement in the granulometric composition of the soil was expressed in a 10% increase in soil aggregates with a diameter of 0.25 – 10 mm in the 0-20 cm layer.

The improvement in NPK was characterized by an increase in the content of hydrolyzable nitrogen in the arable horizon by 1.1%, mobile phosphorus – 0.16%, mobile potassium – 1.32%, while the humus content in the arable horizon increased by 0.08%.

The use of a new design of a rice irrigation map made it possible to reduce the risks of secondary salinization in rice paddies by lowering the groundwater level by 30-40 cm, as well as to ensure the optimal occurrence of redox processes in the root layer throughout the year.

The use of a mathematical model made it possible to optimize the complex of technological operations performed on the rice irrigation system, which resulted in a reduction in its labor intensity by 15%.

The increase in rice yield from the application of the recommended methodology was expressed in an increase in rice yield by 13%, and the accompanying and wintering crops of rice crop rotation on average for all crops – 65-85%.

This technology for cultivating rice will allow us to develop a comprehensive multi-level methodology for cultivating rice in compliance with all technical and technological requirements for growing rice crops, as well as for environmental protection, which will not only balance the soil balance of micro and macroelements of the soil, redox potential, but also agroresource potential of rice agricultural landscapes.

#### Библиографический список

1. Щедрин В. Н., Васильев С. М., Акопян А. В., Слабунов В. В. Управление водораспределением на открытых оросительных системах на основе гидрологической информации и агрометеопараметров. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 2(34). С. 152-158.
2. Дубенок Н. Н., Болотин Д. А., Новиков А. А., Болотин А. Г. Эффективность использования водных ресурсов в орошаемом земледелии. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3(51). С. 83-90.
3. Волосухин В. А., Бандурин М. А., Приходько И. А. Изменение климата: причины, риски для водохозяйственного комплекса Краснодарского края. Природообустройство. 2022. № 4. С. 50-56.
4. Бородычев В. В., Лытов М. Н., Цыбулин В. В. Инновационные приёмы возделывания горчицы сарептской в системе рисового севооборота. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 8-12.
5. Дубенок Н. Н. Состояние и перспективы развития мелиорации земель в Российской Федерации. Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 2. С. 27-32.
6. Хецуриани Е. Д., Васильев С. М. Научные концепции создания природоподобных технических систем в мелиоративной отрасли. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 526-536.
7. Раткович Е. Л., Добрачев Ю. П., Бубер А. А. Теоретические подходы к оптимизации водопользования на рисовых оросительных системах Нижней Кубани. Орошаемое земледелие. 2022. № 2. С. 18-22.
8. Малышева Н. Н., Якуба С. Н., Хаджиди А. Е. К вопросу развития мелиорации в степной зоне Краснодарского края. Рисоводство. 2021. № 4 (53). С. 66-73.
9. Малюга Н. Г., Гаркуша С. В., Василько В. П. и др. Сбалансированная биологизированная система земледелия - основа сохранения плодородия и высокой продуктивности черноземов Кубани. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 52. С. 125-129.
10. Кирейчева Л. В., Супрун В. А. Очистка дренажных вод - важное направление водосбережения в орошаемом земледелии. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 65-71.
11. Овчинников А. С., Бородычев В. В., Дедова Э. Б., Сазанов М. А. Мониторинг водных ресурсов республики Калмыкия и проблемы экосистемного водопользования в агропромышленном комплексе. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 3 (39). С. 9-19.
12. Бандурин М. А., Приходько И. А., Комсюкова Я. А. Совершенствование технологии возделывания риса без применения гербицидов в связи с климатическими изменениями на юге России. Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 3 (393). С. 306-310.
13. Гераськина Т. В., Бандурин М. А., Приходько И. А. Совершенствование технологии водопользования на рисовых системах для устойчивого рисоводства. Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 4. С. 114-130.
14. Degtyareva O. G., Safronova T. I., Rudchenko I. I., Prikhodko I. A. Nonlinearity account in the foundation soils when calculating the piled rafts of buildings and constructions. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Kislovodsk, 2019. V. 698 (2). P. 022015.
15. Малышева Н. Н., Якуба С. Н. Развитие мелиорации на Кубани и рациональное водопользование при орошении риса. Рисоводство. 2017. № 4 (37). С. 47-56.
16. Дедова Э. Б., Шабанов Р. М., Дедов А. А. Пути повышения эффективности функционирования рисовой оросительной системы на территории Сарпинской низменности. Colloquium-Journal. 2019. № 5-2 (29). С. 37-38.
17. Ольгаренко В. И., Ольгаренко Г. В., Ольгаренко И. В. и др. Программный комплекс планирования водопользования для оросительных систем на основе информационных технологий. Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 5. С. 39-43.
18. Ольгаренко В. И., Ольгаренко И. В., Селюков В. И. Компьютерная технология планирования водопользования в оросительных системах. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 4. С. 12-15.
19. Волосухин В. А., Бандурин М. А. Проблемные вопросы реализации мониторинга водопользования на юге России в условиях роста техногенных нагрузок и климатических изменений. Вестник Донского государственного аграрного университета. 2017. № 2-1 (24). С. 113-123.
20. Ольгаренко И. В. Оценка качества планирования и реализации водопользования на оросительных системах. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009. № 4. С. 35-37.

21. Prikhodko I., Vladimirov S., Alexandrov D. Development of modern technology of rice cultivation on rice engineering irrigation systems in the Krasnodar Territory. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Tashkent, 2021. P. 012033.

22. Prikhodko I., Vladimirov S., Alexandrov D. Transition to new technologies of rice cultivation in the Krasnodar Territory. E3S Web of Conferences : 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2021. Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2021. Vol. 273.

23. Prikhodko I., Vladimirov S., Alexandrov D. Application of ecologically balanced technologies of rice cultivation in the Krasnodar Territory. E3S Web of Conferences: 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness. Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2021. V. 273.

#### References

1. Shchedrin V. N., Vasilyev S. M., Akopyan A. V., Slabunov V. V. Water Distribution Management on Open Irrigation Systems Based on Hydrological Information and Agrometeorological Parameters. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2014. № 2 (34). Pp. 152-158.

2. Dubenok N. N., Bolotin D. A., Novikov A. A., Bolotin A. G. Efficiency of Water Resources Use in Irrigated Agriculture. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2018. № 3 (51). Pp. 83-90.

3. Volosukhin V. A., Bandurin M. A., Prikhodko I. A. Climate Change: Causes, Risks for the Water Management Complex of the Krasnodar Region. Environmental Management. 2022. № 4. Pp. 50-56.

4. Borodichev V. V., Lytov M. N., Tsybulin V. V. Innovative Methods of Cultivating Sarepta Mustard in the System of Rice Crop Rotation. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2023. № 4 (32). Pp. 8-12.

5. Dubenok N. N. State and Prospects for the Development of Land Reclamation in the Russian Federation. Land reclamation and water management. 2017. № 2. Pp. 27-32.

6. Khetsuriani E. D., Vasil'ev S. M. Scientific Concepts for the Creation of Nature-Like Technical Systems in the Land Reclamation Industry. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2022. № 2 (66). Pp. 526-536.

7. Ratkovich E. L., Dobrachev Y. P., Buber A. A. Theoretical Approaches to Optimization of Water Use in Rice Irrigation Systems of the Lower Kuban. Irrigated agriculture. 2022. № 2. Pp. 18-22.

8. Malysheva N. N., Yakuba S. N., Khadzhibi A. E. On the Issue of Development of Land Reclamation in the Steppe Zone of the Krasnodar Territory. Rice farming. 2021. № 4 (53). Pp. 66-73.

9. Malyuga N. G., Garkusha S. V., Vasil'ko V. P., et al. Balanced biologized farming system is the basis for preserving fertility and high productivity of Kuban chernozems. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2015. № 52. Pp. 125-129.

10. Kireycheva L. V., Suprun V. A. Drainage Water Purification as an Important Direction of Water Saving in Irrigated Agriculture. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2023. № 2 (70). Pp. 65-71.

11. Ovchinnikov A. S., Borodichev V. V., Dedova E. B., Sazanov M. A. Monitoring of Water Resources of the Republic of Kalmykia and Problems of Ecosystem Water Use in the Agroindustrial Complex. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2015. № 3 (39). Pp. 9-19.

12. Bandurin M. A., Prikhodko I. A., Komsyukova Y. A. Improvement of rice cultivation technology without the use of herbicides in connection with climatic changes in the south of Russia. International Journal of Agriculture. 2023. № 3 (393). Pp. 306-310.

13. Geraskina T. V., Bandurin M. A., Prikhodko I. A. Improvement of Water Use Technology in Rice Systems for Sustainable Rice Farming. Land reclamation and hydraulic engineering. 2023. V. 13. № 4. Pp. 114-130.

14. Degtyareva O. G., Safronova T. I., Rudchenko I. I., Prikhodko I. A. Nonlinearity account in the foundation soils when calculating the piled rafts of buildings and constructions. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Kislovodsk, 2019. V. 698 (2). P. 022015.

15. Malysheva N. N., Yakuba S. N. Development of Land Reclamation in the Kuban and Rational Water Use in Rice Irrigation. Rice farming. 2017. № 4 (37). Pp. 47-56.

16. Dedova E. B., Shabanov R. M., Dedov A. A. Ways to Improve the Efficiency of the Functioning of the Rice Irrigation System in the Territory of the Sarpinskaya Lowland. Colloquium-Journal. 2019. № 5-2 (29). Pp. 37-38.

17. Olgarenko V. I., Olgarenko G. V., Olgarenko I. V., et al. Software Complex for Water Use Planning for Irrigation Systems Based on Information Technologies. Land reclamation and water management. 2017. № 5. Pp. 39-43.

18. Olgarenko V. I., Olgarenko I. V., Selyukov V. I. Computer Technology of Water Use Planning in Irrigation Systems. Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2012. № 4. Pp. 12-15.

19. Volosukhin V. A., Bandurin M. A. Problematic Issues of Water Use Monitoring Implementation in the South of Russia in the Context of Growth of Technogenic Loads and Climatic Changes. Bulletin of the Don State Agrarian University 2017. № 2-1 (24). Pp. 113-123.

20. Olgarenko I. V. Assessment of the Quality of Planning and Implementation of Water Use in Irrigation Systems. Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2009. № 4. Pp. 35-37.

21. Prikhodko I., Vladimirov S., Alexandrov D. Development of modern technology of rice cultivation on rice engineering irrigation systems in the Krasnodar Territory. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Tashkent, 2021. P. 012033.

22. Prikhodko I., Vladimirov S., Alexandrov D. Transition to new technologies of rice cultivation in the Krasnodar Territory. E3S Web of Conferences : 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2021. Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2021. Vol. 273.

23. Prikhodko I., Vladimirov S., Alexandrov D. Application of ecologically balanced technologies of rice cultivation in the Krasnodar Territory. E3S Web of Conferences: 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness. Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2021. V. 273.

#### Информация об авторах

**Бандурин Михаил Александрович**, доктор технических наук, доцент, Заслуженный изобретатель РФ, декан факультета гидромелиорации, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, e-mail: [chepura@mail.ru](mailto:chepura@mail.ru)

**Приходько Игорь Александрович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, e-mail: [prihodkoigor2012@yandex.ru](mailto:prihodkoigor2012@yandex.ru)

**Гераскина Татьяна Вадимовна**, аспирант, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2471-8774>, e-mail: [georg-geraskin@mail.ru](mailto:georg-geraskin@mail.ru)

#### Author's Information

**Bandurin Mikhail Aleksandrovich**, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor of the Higher Attestation Commission, Honored Inventor of the Russian Federation, Dean of the Faculty of Hydromelioration of the Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin st., 13), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0986-8848>, e-mail: [chepura@mail.ru](mailto:chepura@mail.ru)

**Prihodko Igor Aleksandrovich**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Higher Attestation Commission, Head of the Department of Construction and Operation of Water Management Facilities of the Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin st., 13), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, e-mail: [prihodkoigor2012@yandex.ru](mailto:prihodkoigor2012@yandex.ru)

**Geraskina Tatyana Vadimovna**, PhD student, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin st., 13), ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2471-8774>, e-mail: [georg-geraskin@mail.ru](mailto:georg-geraskin@mail.ru)

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-37

### DEGREE OF EXTRACTION OF CHEMICAL IMPURITIES WHEN OPTIMIZING THE DESIGN PARAMETERS OF SORPTION LOADING

**Bocharnikov V. S., Denisova M. A., Tronev S. V., Ovchinnikov A. S., Bocharnikova O. V., Kozinskaya O. V.**

*Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: [bocharnikov\\_vs@mail.ru](mailto:bocharnikov_vs@mail.ru)

Received 24.02.2024

Submitted 26.03.2024

#### Summary

The optimization of the design parameters of the sorption loading of the filter is considered based on a mathematical regression model and laboratory experimental data.

#### Abstract

**Introduction.** The problem of pollution of rivers and lakes by wastewater is a complex and multifaceted object of scientific analysis. Wastewater is the source of a variety of anthropogenic impacts on aquatic ecosystems that lead to deterioration of water quality, loss of biodiversity, threats to human health and loss of economic value of water resources. To minimize the negative consequences of wastewater pollution, it is necessary to develop and implement effective technologies for the treatment and reuse of wastewater, as well as to improve management and control systems for their volume and quality. **Object.** The object of the study is wastewater contaminated with heavy metals. **Materials and methods.** Factors were identified to optimize the design parameters of the sorption load. Based on algorithmic, theoretical and laboratory studies, data were obtained for the regression equation using the Reichschaffner method. Also, a chemical analysis of the test water was carried out in laboratory conditions, where a concentration was determined that exceeded sanitary standards for total iron and copper. An experiment was carried out using the settling method at various time intervals to determine the dynamics of a decrease or increase in the concentration of the studied chemical elements. **Results and conclusions.** Based on the results of solving the regression equation, data were obtained in laboratory conditions with the help of which the coefficients  $B_0$ ,  $B_i$ ,  $B_{ij}$  and  $B_{ii}$  were calculated. To check the accuracy of the obtained coefficients using the Student method, we re-calculated the regression model in which these equations were obtained in encrypted form, the accuracy of the resulting models was checked using the Fisher criterion, which is not a random factor. When conducting an experiment in laboratory conditions by settling zeolite in fractions from 0.4 cm to 0.75 cm in time intervals from 1 hour to 4 hours, the best result was a time interval of 4 hours, which showed a decrease in the concentration of total iron and copper by 71%, which corresponds to mathematical calculations and proves the purity of the experiment.

**Keywords:** wastewater, chemical impurity absorption, sewage treatment, zeolite, wastewater treatment technology.



**Citation.** Bocharnikov V. S., Denisova M. D., Tronev S. V., Ovchinnikov A. S., Bocharnikova O. V., Kozinskaya O. V. Degree of extraction of chemical impurities when optimizing the design parameters of sorption loading. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 309-315 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-37.

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

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

УДК 631.811.91

## СТЕПЕНЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОРБЦИОННОЙ ЗАГРУЗКИ

Бочарников В. С., доктор технических наук, профессор

Денисова М. А., кандидат технических наук, доцент

Тронеv С. В., доктор технических наук, профессор

Овчинников А. С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

Бочарникова О. В., доктор технических наук, профессор

Козинская О. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Актуальность.** Проблема загрязнения рек и озер сточными водами представляет собой сложный и многогранный объект научного анализа. Сточные воды являются источником разнообразных антропогенных воздействий на водные экосистемы, которые приводят к ухудшению качества воды, снижению биологического разнообразия, угрозе здоровью человека и потере экономической ценности водных ресурсов. Для минимизации негативных последствий загрязнения сточными водами необходимо разрабатывать и внедрять эффективные технологии очистки и повторного использования сточных вод, а также совершенствовать системы управления и контроля за их объемом и качеством. **Объект.** Объектом исследования являются сточные воды, загрязненные тяжелыми металлами. **Материалы и методы.** Были определены факторы для оптимизации конструктивных параметров сорбционной загрузки. На основании алгоритмических, теоретических и лабораторных исследований были получены данные для уравнения регрессии по методу Рейхшафнера. Также в лабораторных условиях выполнен химический анализ исследуемой воды, где была определена концентрация, превышающая санитарные нормы общего железа и меди. Выполнен эксперимент по методу отстаивания, в различные промежутки, времена для определения динамики уменьшения или увеличения концентрации исследуемых химических элементов. **Результаты и выводы.** По результатам решения уравнения регрессии были получены данные в лабораторных условиях при помощи которых выполнены расчеты коэффициентов  $B_0$ ,  $B_1$ ,  $B_{ij}$  и  $B_{ii}$ . Для проверки верности полученных коэффициентов по методу Стюдента, проводили повторный расчет регрессионной модели при котором были получены данные уравнения в зашифрованном виде, точность полученных моделей проверялось по критерию Фишера, что является неслучайным факторам. При проведении эксперимента в лабораторных условиях методом отстаивания цеолита фракциями от 0,4 см до 0,75 см в промежутках времени от 1 часа до 4 часов наилучшим результатом является интервал времени 4 часа, который показал снижения концентрации общего железа и меди на 71%, что соответствует математическим расчетам и доказывает чистоту эксперимента.

**Ключевые слова:** сточные воды, поглощение химических примесей, очистка сточных вод, цеолит, технологии очистки сточных вод.

**Цитирование.** Бочарников В. С., Денисова М. А., Тронеv С. В., Овчинников А. С., Бочарникова О. В., Козинская О. В. Степень извлечения химических примесей при оптимизации конструктивных параметров сорбционной загрузки. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 309-315. DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-37.

**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 современном мире существует проблема качества воды поверхностных и подземных водоисточников. Как известно самым главными загрязнителями являются сточные воды различного типа, так как сброс производится непосредственно в водные объекты [1, 2, 3]. У многих производств существующее фильтровальное оборудование не всегда производит качественную очистку сточной воды, которая предназначена для сброса в реки, из-за чего с годами поверхностные водоисточники имеют не удовлетворительную оценку по их качеству

[4]. Концентрация антропогенных веществ превышает санитарные нормы, от чего происходят заболевания обитающей водной фауны и нарушения здоровья человека. При этом в сточных водах содержатся как неорганические, так и токсичные органические загрязнители, удаление которых является важной научной и производственной задачей [5, 6, 7].

Сегодня сельскохозяйственное производство является интенсивной отраслью экономики, основанной на широком круге технологических процессов, реализация которых невозможна без технологий и технических средств эффективного использования воды соответствующего качества, включающих, в том числе, орошение и обработку растений средствами защиты [8, 9, 10]. Особую важность приобретает повышенное качество оросительной воды при использовании капельного способа полива [11].

Также актуальной является проблема очистки природных и сточных вод от ионов и соединений тяжелых металлов, таких как медь, никель [12, 13], железо, марганец, хром, кадмий и др. [14, 15].

Ряд проведенных исследований доказывает, что одной из наиболее эффективных технологий, применяемых при очистке природных и сточных вод, является использование природных и синтетических сорбентов [16, 17, 18].

Для улучшения существующего фильтровального оборудования на производствах необходимо производить оптимизацию конструктивных параметров фильтрующих загрузок. Данный процесс позволит повысить эффективность и экономичность работы фильтров. Оптимизация во многом зависит от многих факторов, таких как качество исходной воды, высота и размер фракций фильтрующего материала, режима и времени фильтрации, а также в способе промывки фильтров. Процесс оптимизации загрузок фильтра позволит уменьшить количество шлама, образующегося при фильтрации, также этот процесс позволит продлить срок эксплуатации фильтровального оборудования.

Оптимизацию конструктивных параметров фильтрующей загрузки можно произвести при помощи лабораторных исследований, промышленных испытаний или при помощи математического моделирования. Поэтому мы предлагаем выполнить лабораторные исследования и получить математические модели методом регрессионного анализа для решения компромиссной задачи по оптимизации конструктивных параметров фильтрующих загрузок.

**Материалы и методы.** Для того чтобы провести оптимизацию фильтрующих загрузок любого сорбционного вертикального фильтра, необходимо определить параметры, то есть факторы, по которым будут решены математические задачи. В качестве основных факторов были выбраны загрузки различной высоты (таблица 1).

Table 1 – Sorption loading factors  
Таблица 1 – Факторы сорбционной загрузки

| Параметры / Options                                                                                                    | Стадии фактора / Stages of the Factor |     |      | Расстояние улучшения, $\epsilon$ / Upgrade distance, $\epsilon$ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----|------|-----------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                        | 0                                     | -1  | +1   |                                                                 |
| Первый слой цеолита фракцией 0,4 см ( $x_1$ ), м / The first layer of zeolite with a fraction of 0.4 cm ( $x_1$ ), m   | 700                                   | 300 | 1100 | 400                                                             |
| Второй слой цеолита фракцией 0,1 см ( $x_2$ ), м / The second layer of zeolite with a fraction of 0.1 cm ( $x_2$ ), m  | 700                                   | 300 | 1100 | 400                                                             |
| Первый слой цеолита фракцией 0,75 см ( $x_3$ ), м / The first layer of zeolite with a fraction of 0.75 cm ( $x_3$ ), m | 400                                   | 200 | 600  | 200                                                             |

Также для определения качественной очистки через данные слои сорбента необходимо задать параметры химических элементов извлекаемых из сточных вод, которыми являются общее железо с наиболее повышенной концентрацией в исследуемой воде и медь с наименьшей концентрацией. Каждый элемент был выражен в процентном содержании.

Выполнив объединение алгоритмических и теоретических исследований по заданным параметрам извлекаемых химических элементов и высоты фильтрующих загрузок, можно получить уравнение регрессии по методу Рейхшафнера для получения наилучших условий достижения поставленной цели.

Все данные для решения уравнения были получены в лабораторных условиях при помощи которых выполнены расчеты коэффициентов  $B_0$ ,  $B_i$ ,  $B_{ij}$  и  $B_{ii}$ .

$$y = B_0 + \sum B_i x_i + \sum B_{ij} x_i x_j + \sum B_{ii} x_i^2 . \quad (1)$$

Для проверки верности полученных коэффициентов по методу Стьюдента проводили повторный расчет регрессионной модели, при котором были получены данные уравнения в зашифрованном виде, точность полученных моделей проверялось по критерию Фишера, что является случайным фактором.

$$F = \frac{S_{\bar{a}\bar{a}}^2}{S^2(y)} , \quad (2)$$

**Результаты и обсуждение.** Чтобы установить необходимую последовательность при расположении в определенном порядке факторов заданных параметров общего железа и меди, математические модели были приведены в каноническую форму (таблица 2).

Table 2 – Criteria for optimization of removed chemical impurities  
Таблица 2 – Критерии оптимизации удаляемых химических примесей

| Критерий / Criterion                                                                                                               |                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Зашифрованный (x <sub>1</sub> , x <sub>2</sub> , x <sub>3</sub> ) / Encrypted (x <sub>1</sub> , x <sub>2</sub> , x <sub>3</sub> )  |                                                                                         |
| Показатель общего железа, удаляемого из сточных вод / Indicator of total iron removed from wastewater                              | Показатель меди, удаляемой из сточных вод / Indicator of copper removed from wastewater |
| 0,79                                                                                                                               | 0,69                                                                                    |
| 0,83                                                                                                                               | 0,71                                                                                    |
| 0,81                                                                                                                               | 0,74                                                                                    |
| Расшифрованный (x <sub>1</sub> , x <sub>2</sub> , x <sub>3</sub> ) / Decrypted (x <sub>1</sub> , x <sub>2</sub> , x <sub>3</sub> ) |                                                                                         |
| 1016                                                                                                                               | 976                                                                                     |
| 1032                                                                                                                               | 984                                                                                     |
| 562                                                                                                                                | 548                                                                                     |

После проведения математических расчетов был выполнен химический анализ исследуемой воды и определена концентрация общего железа и меди, данные приведены на рисунке 1.

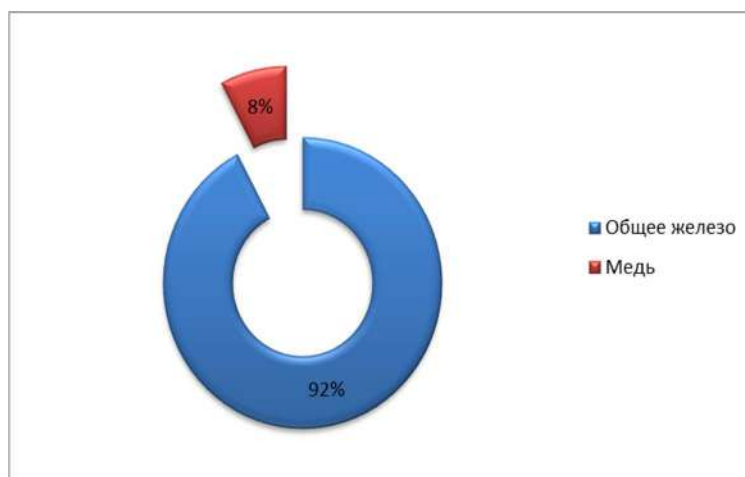


Рисунок 1 – Диаграмма процентного содержания химических элементов в сточной воде  
Figure 1 – Diagram of the percentage of chemical elements in wastewater

Результат химического анализа показал, что содержание общего железа составляет 92%, а меди 8%. Далее в лабораторных условиях проводился эксперимент по отстаиванию сточной воды. В лабораторном цилиндре был помещен различной высоты цеолит слоями, фракциями от 0,4 см до 0,75 см. В различные промежутки времени проводилось отстаивание, после которого проводился замер концентрации веществ.

Table 3 – Results by settling method  
Таблица 3 – Результаты по методу отстаивания

| №<br>п/п | Химическое<br>вещество /<br>Chemical | Исходная концентрация, мг/л<br>/ Initial concentration, mg/l | Время контакта исходной воды с сорбентом, ч / Contact time of the source water with the sorbent, h |      |      |      |
|----------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|
|          |                                      |                                                              | 1                                                                                                  | 2    | 3    | 4    |
| 1        | Общее железо/<br>Total Iron          | 27,5                                                         | 20,1                                                                                               | 16,3 | 13,2 | 7,56 |
| 2        | Медь / Copper                        | 2,3                                                          | 2,0                                                                                                | 1,5  | 1,03 | 0,23 |

Результат эксперимента показал, что наилучшее время отстаивания и извлечения примесей из сточной воды составляет 4 часа, за этот момент времени общее железо снизило концентрацию на 71%, также, как и медь. В другие интервалы времени медь и общее железо давали наилучшую химическую реакцию при контакте с сорбентом.

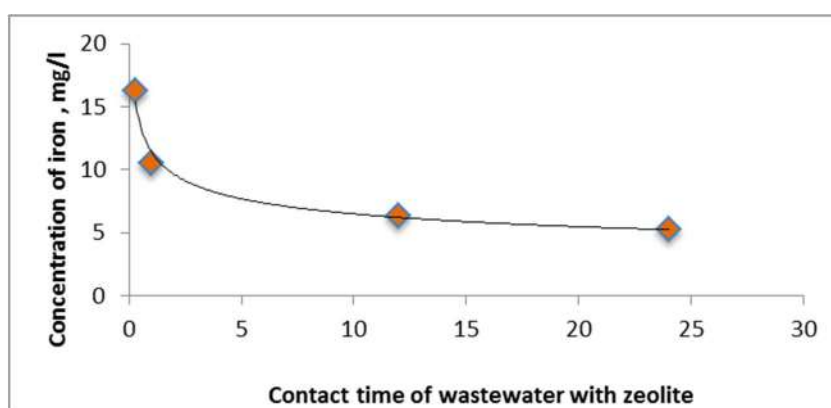


Рисунок 2 – Эффективность извлечения общего железа из сточных вод по методу отстаивания  
Figure 2 – Efficiency of total iron extraction from wastewater using the sedimentation method

На основании лабораторных данных были получены регрессионные математические модели при контакте сорбента методом отстаивания в различные промежутки времени для определения динамики по снижению концентрации химического вещества в сточных водах.

**Заключение.** Для оптимизации конструктивных параметров сорбционной фильтрующей загрузки на основании лабораторных и аналитических исследований получены математические модели и решена компромиссная задача по выявлению факторов для обеспечения наилучшего результата извлечения общего железа и меди из сточной воды, что доказывает правильность расчета. Также лабораторные эксперименты показали наилучшее время отстаивания, которое составляет 4 часа, за это время общее железо и медь снизили концентрацию на 71%. Поэтому можно утверждать, что все математические расчеты были верны и подтверждены лабораторными исследованиями.

**Conclusions.** To optimize the design parameters of sorption filter loading on the basis of laboratory and analytical studies obtained mathematical models and solved the compromise problem to identify factors to ensure the best result of extraction of total iron and copper from wastewater, which proves the correctness of the calculation. Also laboratory experiments showed the best sedimentation time which is 4 hours during this time total iron and copper concentration decreased by 71%. Therefore, it can be stated that all mathematical calculations were correct and confirmed by laboratory tests.

#### Библиографический список

1. Raouf M. E. A., Maysour N. E., Farag R. K., et al. Wastewater Treatment Methodologies, Review Arcle. Int J Environ & Agri Sci. 2019. No 3. P. 018.
2. Matsak A., Tsytlshvili K. Using different filter media of stormwater treatment performance. Norwegian Journal of development of the International Science. 2018. V. 1 (20). Pp. 19-22.
3. Rybalova O., Artemiev S., Sarapina M., Tsybmal B., Bakhareva A., Shestopalov O., Filenko O. Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. V. 2 (10-92). Pp. 4-17.
4. Федотова Ю. В., Спицын А. А. Очистка сточных вод лесохимических производств. Евразийский союз ученых. 2019. № 12-5 (69). С. 46-51.



5. Бочарников В. С., Козинская О. В., Денисова М. А., Бочарникова О. В. Изучение режимов осадения загрузки с помощью гидравлической установки. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 260-267.
6. Hajiyeva S. R., Shamilov N. T., Bayramov G. I., Rakida N. M. Ecological effective treatment of industrial wastewater formed in the oil-producing industry by coagulation method. Azerbaijan Chemical Journal. 2021. № 3. Pp. 63-66.
7. Kazeminejadfard F., Hojjati M. R. Preparation of superabsorbent composite based on acrylic acid-hydroxypropyldistarch phosphate and clinoptilolite for agricultural applications. Applied Polymer Science 2019. No 136 (16). 4736.
8. Gebeyhu Birara, Hatiye Samuel, Finsa Mekuanent. Assessment of Irrigation Water Management Performance Indicators and Mitigation Measure in Arba Minch Irrigation Scheme, Ethiopia. Advances in Agriculture. 2024. 10.1155/2024/5596514.
9. Овчинников А. С., Бочарников В. С. Новые технические решения повышения эффективности ресурсосберегающих способов полива. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1 (25). С. 119-124.
10. Borisenko I. B., Ovchinnikov A. S., Meznikova M. V., Fomin S. D., Bocharnikov V. S., Rogachev A. F., Ulybina E. I. Resource-saving method of chemical treatment of tilled crops. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. P. 012092.
11. Овчинников А. С., Бочарникова О. В., Бочарников В. С., Пантюшина Т. В. Особенности технологии возделывания сладкого перца при капельном орошении в условиях Нижнего Поволжья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2010. № 3 (19). С. 18-22.
12. Фадеев А. Б., Кручинина Н. Е., Зайцева А. Д. Очистка сточных вод от комплексных соединений меди. Успехи в химии и химической технологии. 2019. Т. 33. № 5 (215). С. 93-95.
13. Kochetov G., Prikhna T., Kovalchuk O., Samchenko D. Research of the treatment of depleted nickel-plating electrolytes by the ferritization method Eastern-European J. of Enterprise Technologies. 2018. No 3. Pp. 52–60.
14. Malyuba A. D., Zeitoun A., Edrees, Wafa M. Competitive Adsorption of Quaternary Metal Ions, Ni<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Cr<sup>6+</sup>, and Cd<sup>2+</sup>, on Acid-Treated Activated Carbon. Water. 2023. No 15. 1070.
15. Mahendra Sh., Tibor H. Electrochemical Detection of Heavy Metal Ions Based on Nanocomposite Materials. Journal of Composites Science. 2023. No 7. P. 473.
16. Roshni K., Sivaiah B., Mohanta, Jhilirani, Qaiyum Md. Dey, Banashree, Samal, Priyanka, Dutta, Soumen D. Dye sequestration from aqueous phase using natural and synthetic adsorbents in batch mode: Present Status and Future Perspectives. International journal of Environmental Science and Technology. 2023.
17. Khan Shahnoor, Imteaz Monzur. Column Experiments on Arsenic Removal Through Adsorption From Water Using Different Natural and Synthetic Adsorbents. 2021.
18. Huiping Z., Zhai, Longxue, Zhang Jn, Li D. As(V) adsorption by a novel core-shell magnetic nanoparticles prepared with Iron-containing water treatment residuals. Science of The Total Environment. 2020. V. 753. 142002.

#### References

1. Raouf M. E. A., Maysour N. E., Farag R. K., et al. Wastewater Treatment Methodologies, Review Arcle. Int J Environ & Agri Sci. 2019. No 3. P. 018.
2. Matsak A., Tsytlshvili K. Using different filter media of stormwater treatment performance. Norwegian Journal of development of the International Science. 2018. V. 1 (20). Pp. 19-22.
3. Rybalova O., Artemiev S., Sarapina M., Tsybmal B., Bakhareva A., Shestopalov O., Filenko O. Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. V. 2 (10-92). Pp. 4-17.
4. Fedotova Y. V., Spitsyn A. A. Wastewater treatment of forest chemical production Eurasian Union of Scientists. 2019. № 12-5 (69). Pp. 46-51.
5. Bocharnikov V. S., Kozinskaya O. V., Denisova M. A., Bocharnikova O. V. Study of loading deposition modes with the help of hydraulic installation. Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2020. № 1 (57). Pp. 260-267.
6. Hajiyeva S. R., Shamilov N. T., Bayramov G. I., Rakida N. M. Ecological effective treatment of industrial wastewater formed in the oil-producing industry by coagulation method. Azerbaijan Chemical Journal. 2021. № 3. Pp. 63-66.
7. Kazeminejadfard F., Hojjati M. R. Preparation of superabsorbent composite based on acrylic acid-hydroxypropyldistarch phosphate and clinoptilolite for agricultural applications. Applied Polymer Science 2019. No 136 (16). 4736.
8. Gebeyhu Birara, Hatiye Samuel, Finsa Mekuanent. Assessment of Irrigation Water Management Performance Indicators and Mitigation Measure in Arba Minch Irrigation Scheme, Ethiopia. Advances in Agriculture. 2024. 10.1155/2024/5596514.
9. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S. New technical solutions to increase the efficiency of resource-saving methods of irrigation. Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2012. № 1 (25). Pp. 119-124.
10. Borisenko I. B., Ovchinnikov A. S., Meznikova M. V., Fomin S. D., Bocharnikov V. S., Rogachev A. F., Ulybina E. I. Resource-saving method of chemical treatment of tilled crops. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. P. 012092.
11. Ovchinnikov A. S., Bocharnikova O. V., Bocharnikov V. S., Pantyushina T. V. Features of sweet pepper cultivation technology under drip irrigation in the conditions of the Lower Volga region. Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2010. № 3 (19). Pp. 18-22.
12. Fadeev A. B., Kruchina N. E., Zaitseva A. D. Wastewater treatment from complex copper compounds. Advances in Chemistry and Chemical Technology. 2019. V. 33. № 5 (215). Pp. 93-95.
13. Kochetov G., Prikhna T., Kovalchuk O., Samchenko D. Research of the treatment of depleted nickel-plating electrolytes by the ferritization method Eastern-European J. of Enterprise Technologies. 2018. No 3. Pp. 52–60.

14. Malyuba A. D., Zeitoun A., Edrees, Wafa M. Competitive Adsorption of Quaternary Metal Ions, Ni<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Cr<sup>6+</sup>, and Cd<sup>2+</sup>, on Acid-Treated Activated Carbon. Water. 2023. No 15. 1070.
15. Mahendra Sh., Tibor H. Electrochemical Detection of Heavy Metal Ions Based on Nanocomposite Materials. Journal of Composites Science. 2023. No 7. P. 473.
16. Roshni K., Sivaiah B., Mohanta, Jhilirani, Qaiyum Md. Dey, Banashree, Samal, Priyanka, Dutta, Soumen D. Dye sequestration from aqueous phase using natural and synthetic adsorbents in batch mode: Present Status and Future Perspectives. International Journal of Environmental Science and Technology. 2023.
17. Khan Shahnoor, Imteaz Monzur. Column Experiments on Arsenic Removal Through Adsorption From Water Using Different Natural and Synthetic Adsorbents. 2021.
18. Huiping Z., Zhai, Longxue, Zhang Jn, Li D. As(V) adsorption by a novel core-shell magnetic nanoparticles prepared with Iron-containing water treatment residuals. Science of The Total Environment. 2020. V. 753. 142002.

#### Информация об авторах

**Бочарников Виктор Сергеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: bocharnikov\_vs@mail.ru

**Денисова Мария Алексеевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: masha2008-1988@mail.ru

**Тронеv Сергей Викторович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: stronev@mail.ru

**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

**Бочарникова Олеся Владимировна**, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

**Козинская Ольга Владимировна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: kozinska1977@mail.ru.

#### Author's Information

**Bocharnikov Viktor Sergeevich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), e-mail: bocharnikov\_vs@mail.ru

**Denisova Maria Alekseevna**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), e-mail: masha2008-1988@mail.ru

**Tronev Sergey Viktorovich**, Doctor of Engineering Sciences, professor of the department "Operation and technical service of machines in the AP Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), e-mail: stronev@mail.ru

**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, Universitetskiy Avenue, 26), e-mail: oas\_volgau@mail.ru

**Bocharnikova Olesya Vladimirovna**, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

**Kozinskaya Olga Vladimirovna**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Environmental Management and Water Use, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), e-mail: kozinska1977@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-38

## THE INVERTER FOR AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEMS

Grigorash O. V., Daus Yu. V., Denisenko E. V., Kolomeitsev A. E.

Kuban State Agrarian University  
Krasnodar, Russian Federation

Corresponding author E-mail: zirochka2505@gmail.com

Received 25.01.2024

Submitted 25.03.2024

*The research was carried out with the financial support of the Kuban Scientific Foundation within the framework of the scientific project No. IFI-20.1/27*

#### Summary

A functional diagram of an autonomous inverter and an algorithm for the operation of its automatic control system have been developed, using an intermediate high-frequency voltage conversion and a reversible rectifier converting its industrial frequency level. The proposed circuit design of the inverter increases the reliability of its operation and improves its weight and size indicators.

# Abstract

**Introduction.** Autonomous power supply systems operating on renewable energy sources use autonomous inverters (AI), which convert DC voltage into alternating current. An analysis of known structural solutions of AI showed that they have disadvantages: low reliability of operation due to the large number of power electronic devices, and accordingly increased weight and size indicators. A functional diagram of AI is proposed, where an intermediate high-frequency conversion of electricity is used, which has a reduced number of power electronic devices due to the transformer, the primary and secondary windings of which have mid-point terminals, the high-frequency voltage is converted to the industrial frequency level by a reversing rectifier. An algorithm for the operation of an automatic AI control system for voltage conversion and stabilization has been developed. The proposed AI circuit solutions made it possible to increase the reliability of the inverter and improve its weight and size characteristics. **The purpose of the study** is to develop a functional diagram of an autonomous inverter with improved reliability indicators and weight and size indicators, as well as an algorithm for the operation of its automatic control system. **The object of research:** structural and functional circuits of autonomous inverters. **Materials and methods.** During the research, methods of theoretical foundations of electrical engineering, power electronic converter technology and methods of statistical information processing were used. **Results and conclusions.** The developed structural and circuit solution for converting a DC voltage into a sinusoidal AC voltage, made using an intermediate high-frequency conversion, has improved reliability and weight and size indicators in comparison with known AI technical solutions, by reducing the number of electronic devices in the power part of the converter and simplifying the control circuit.

**Keywords:** renewable energy sources, autonomous power supply systems, inverters.

**Citation.** Grigorash O. V., Daus Yu. V., Denisenko E. A., Kolomeitsev A. E. The Inverter for autonomous power supply systems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74).315-323 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-38.

**The author's contribution.** All the authors of the study were directly involved in the analysis of technical solutions of inverters, work planning and the development of a new functional circuit of the inverter. All the authors have read and approved the proposed final version of this article.

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

УДК 621.314

## ИНВЕРТОР ДЛЯ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Григораш О. В., доктор технических наук, профессор

Даус Ю. В., кандидат технических наук, доцент

Денисенко Е. А., кандидат технических наук, доцент

Коломейцев А. Э., соискатель

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»  
г. Краснодар, Российская Федерация

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках  
научного проекта № МФИ-20.1/27*

**Актуальность.** В автономных системах электроснабжения, работающих на возобновляемых источниках энергии, применяются автономные инверторы (АИ), преобразующие напряжение постоянного тока в переменный ток. Анализ известных структурных решений АИ показал, что они имеют недостатки: низкие показатели надёжности работы из-за большого числа силовых электронных приборов и, соответственно, повышенные массогабаритные показатели. Предложена функциональная схема АИ, где применяется промежуточное высокочастотное преобразование электроэнергии, имеющего уменьшенное количество силовых электронных приборов за счёт трансформатора первичная и вторичная обмотки которого имеет выводы средних точек, высокочастотное напряжение реверсивным выпрямителем преобразуется до уровня промышленной частоты. Разработан алгоритм работы автоматической системы управления АИ по преобразованию и стабилизации напряжения. Предложенные схемотехнические решения АИ позволили повысить надёжность работы инвертора и улучшить его массогабаритные показатели. **Цель исследования** – разработать функциональную схему автономного инвертора с улучшенными показателями надёжности и массогабаритными показателями, а также алгоритм работы его автоматической системы управления. **Объект исследования:** структурные и функциональные схемы автономных инверторов. **Материалы и методы.** При проведении исследований применялись методы теоретических основ электротехники, силовой электронной преобразовательной техники и методы статистической обработки информации. **Результаты и выводы.** Разработанное структурно-схемное решение преобразователя напряжения постоянного

тока в синусоидальное напряжение переменного тока, выполненное с использованием промежуточного высокочастотного преобразования, имеет улучшенные показатели надёжности и массогабаритные показатели в сравнении с известными техническими решениями АИ, за счёт уменьшения количества электронных приборов в силовой части преобразователя и упрощения схемы управления.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, автономные системы электропитания, инверторы.

**Цитирование.** Григораш О. В., Даус Ю. В., Денисенко Е. А., Коломейцев А. Э. Инвертор для автономных систем электроснабжения. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 315-323. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-38.

**Авторский вклад.** Все авторы исследования принимали непосредственное участие в анализе технических решений инверторов, планировании работы и разработке новой функциональной схемы инвертора. Все авторы ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант настоящей статьи.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Сегодня динамично развиваются возобновляемые источники энергии (ВИЭ) [1, 2]. Это приведёт к развитию электроэнергетики, включающей автономные энергосистемы, предназначенные для обеспечения электроэнергией потребителей, удаленных от внешней энергосети. К этим потребителям относятся потребители автономных систем электроснабжения (АСЭ), предназначенных для проведения аварийно-спасательных и аварийно-восстановительных работ в районах стихийных бедствий и разрушений, обеспечения энергией малых фермерских хозяйств, потребителей геологоразведочных работ и т.п. [3, 4].

Как известно, в составе АСЭ в качестве источников электроэнергии применяются не только солнечные и аккумуляторные батареи, но в последнее время активно начали применяться роторные ветроэнергетические установки, генерирующие напряжение постоянного тока [5, 6]. Поскольку, как правило, большинство потребителей работают на переменном токе, то неотъемлемой частью АСЭ являются автономные инверторы (АИ), преобразующие напряжение постоянного тока в переменный ток, а также согласуют уровни напряжения источника с потребителями электроэнергии. АИ в большинстве случаев также выполняют функцию стабилизатора напряжения. Источниками электроэнергии АИ, как правило, являются солнечные и аккумуляторные батареи, могут быть также ветроэнергетические установки, генерирующие напряжение постоянного тока [7, 8].

Проводился анализ известных структурно-схемных решений АИ, применяемых в АСЭ [4, 7-10]. Определены особенности их конструкции и проведён анализ работы в основных режимах функционирования АСЭ. Эксплуатируемые преобразователи напряжения постоянного тока в переменный, имеют следующие недостатки: относительно низкие показатели надёжности работы из-за большого числа электронных приборов в силовой схеме и, соответственно, сложной системы управления, а также имеют повышенные массогабаритные показатели.

**Цель исследования** – разработать функциональную схему автономного инвертора с улучшенными показателями надёжности и массогабаритными показателями, а также алгоритм работы его автоматической системы управления.

**Объект исследования:** структурные и функциональные схемы автономных инверторов.

**Методика исследования.** При проведении исследований применялись методы теоретических основ электротехники, силовой электронной преобразовательной техники и методы статистической обработки информации.

**Результаты и их обсуждение.** Эффективным способом уменьшения числа силовых электронных приборов в составе схемы АИ является применение трансформатора, который содержит среднюю точку в первичной и вторичной обмотках. Кроме того, значительно можно уменьшить массогабаритные показатели трансформатора и реактивных элементов схемы инвертора, применяемых в составе выходного фильтра, если повысить частоту промежуточного преобразования энергии (1,5-2 кГц и более) [4]. Предлагается для преобразования частоты до промышленного уровня в составе инвертора применить реверсивный выпрямитель (РВ).

На рисунке 1 приведена разработанная функциональная схема АИ с промежуточным высокочастотным преобразованием, выполненная с использованием РВ, а на рисунке 2 приведены диаграммы напряжений, поясняющие принцип её работы.



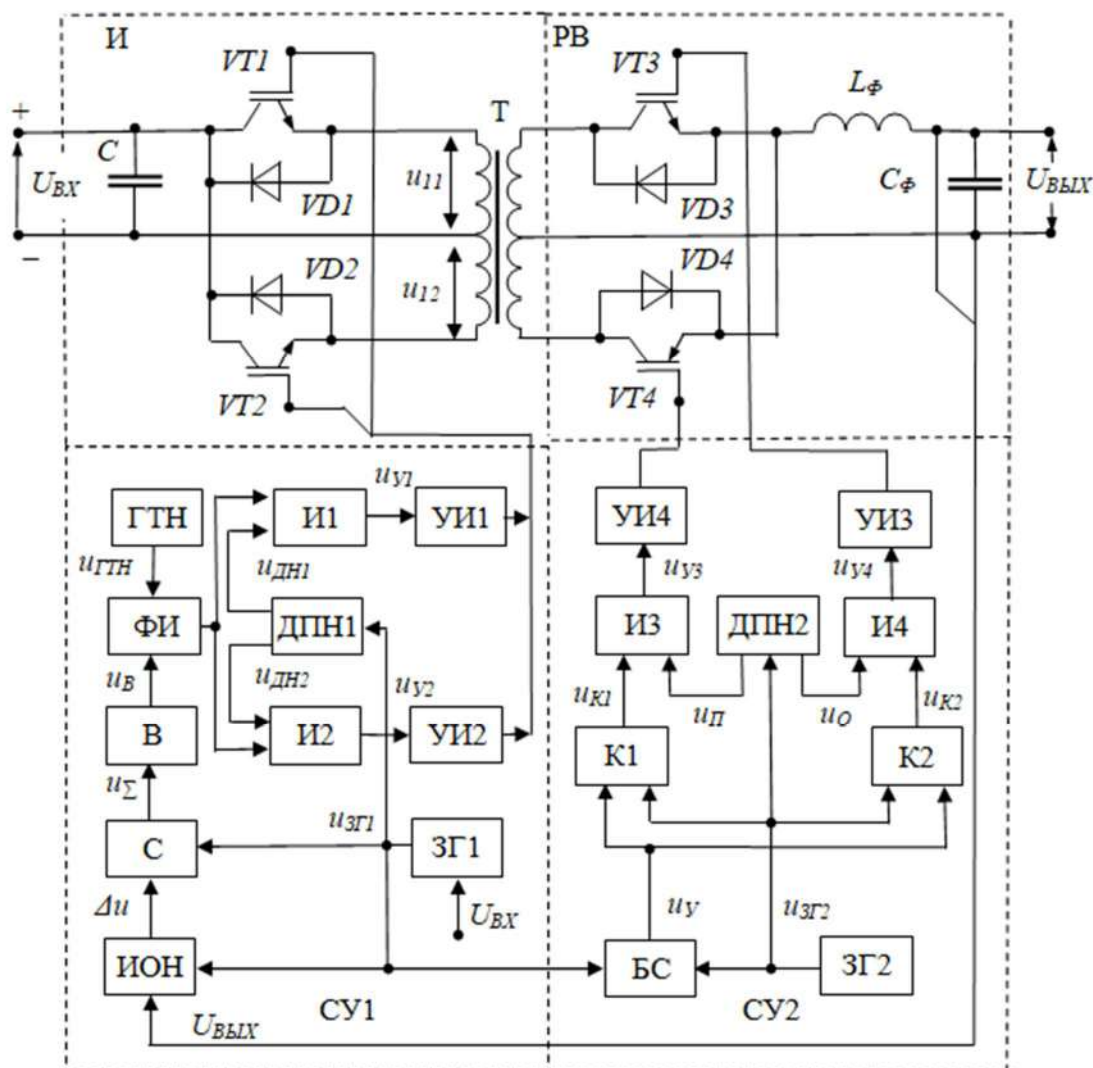


Рисунок 1 – Функциональная схема преобразователя с высокочастотным промежуточным преобразованием на реверсивном выпрямителе

Figure 1 – Functional diagram of a converter with a high-frequency intermediate conversion on a reversible rectifier

Силовая часть функциональной схемы АИ (рисунок 1) содержит: С – конденсатор, выполняющий функции входного фильтра; И – высокочастотный инвертор, преобразующий постоянное напряжение в высокочастотное напряжение переменного тока, выполненный на транзисторах VT1 и VT2; Т – трансформатор; РВ – реверсивный выпрямитель, формирующий напряжение с частотой тока 50 Гц из участков высокочастотного напряжения, выполненный на транзисторах VT3 и VT4, содержащий выходной пассивный Г-образный фильтр, выполненный на реактивных элементах  $C_\phi$  и  $L_\phi$ ; VD1–VD4 – обратные диоды, предназначенные для защиты от обратных токов, которые могут возникнуть при работе транзисторов преобразователя и при включении или отключении потребителей электроэнергии.

На рисунке 1 показаны также СУ1 – блок автоматической системы управления, формирующий управляющие сигналы для транзисторов VT1 и VT2, высокочастотной схемы преобразования, и СУ2 – блок автоматической системы управления СУ2, формирующий управляющие сигналы для транзисторов VT3 и VT4 реверсивного выпрямителя РВ. На рисунке 1 источник питания постоянного тока функциональных элементов блоков управления СУ1 и СУ2 не показан.

Принцип работы блока автоматической системы управления СУ1 по преобразованию напряжения постоянного тока в переменный и блока системы управления СУ2 по преобразованию высокочастотного напряжения в напряжение пониженной частоты описан алгоритмом, который приведён на рисунке 2.

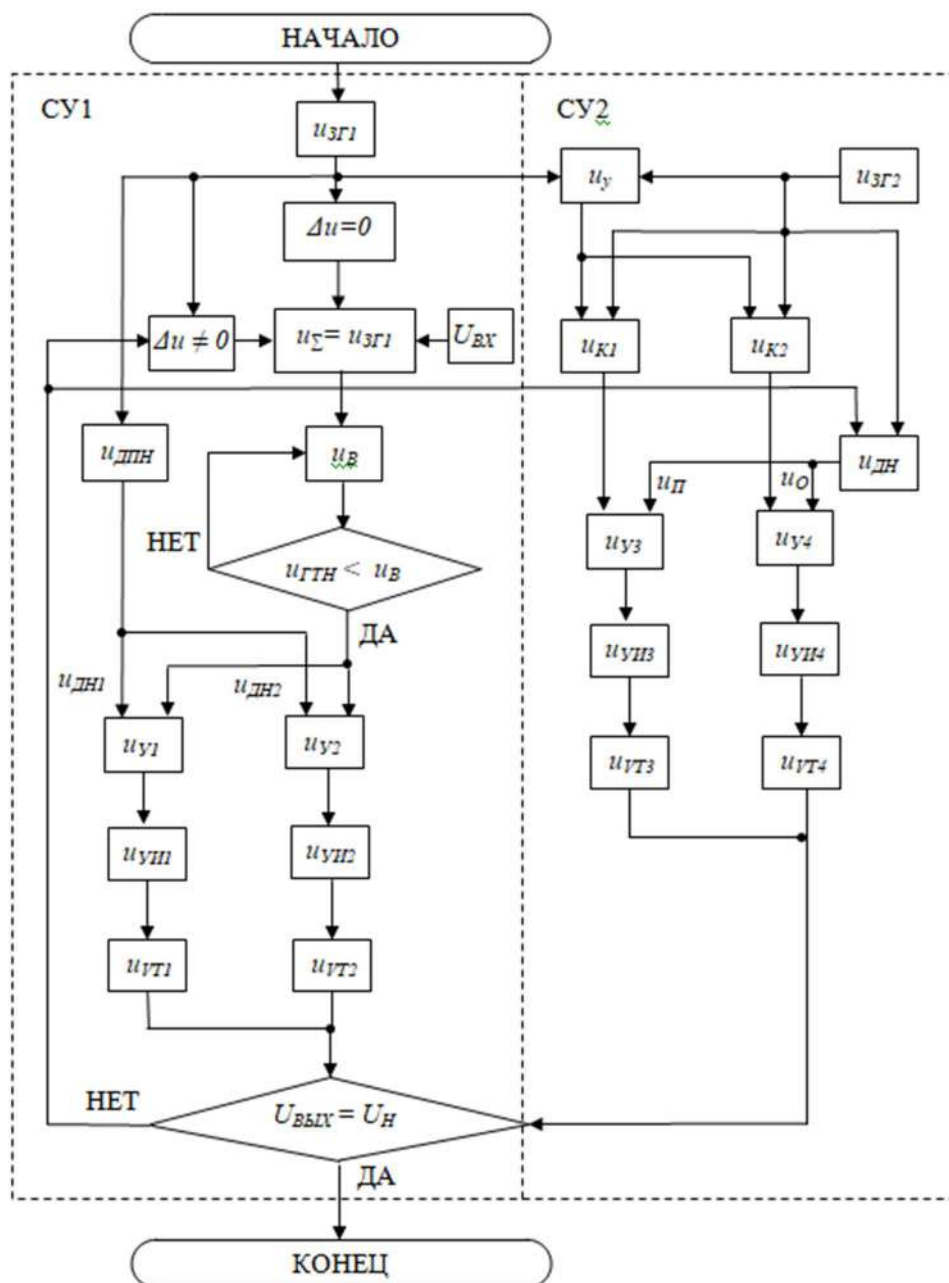


Рисунок 2 – Алгоритм работы блоков систем управления СУ1 и СУ2 по преобразованию и стабилизации напряжения

Figure 2 – Algorithm of operation of control system units SU1 and SU2 on voltage conversion and stabilization

Исходными данными являются: входное и выходное напряжение преобразователя  $U_{ВХ}$  и  $U_{ВЫХ}$ ; частота высокочастотного преобразования  $u_{3Г1}$ , амплитуда которого ограничивается значением напряжения  $U_{ВХ}$ ; частота на выходе преобразователя  $u_{3Г2}$ ; частота генератора треугольного напряжения  $u_{ГТН}$ . Номинальный режим работы соответствует равенству выходного напряжения преобразователя номинальному значению, т.е. когда  $U_{ВЫХ} = U_N$ .

Преобразование напряжения постоянного тока в переменный ток происходит следующим образом (работа блока СУ1). Задающий генератор ЗГ1 (рисунок 1) формирует сигнал  $u_{3Г1}$  синусоидальной формы повышенной частоты, который синхронизирует работу датчика полярности напряжения ДПН1, сумматора С, измерителя отклонения напряжения ИОН и блока синхронизации БС блока автоматической системы управления СУ2. Вход измерителя отклонения напряжения ИОН, соединён с выходом преобразователя. В измерителе происходит измерение отклонения напряжения  $\Delta u$  от номинального значения. В номинально режиме работы  $\Delta u = 0$ , в этом случае сигнал с выхода сумматора  $u_{\Sigma} = u_{3Г1}$  (рисунок 2). На выходе выпрямителя В формируется сигнал напряжения постоянного тока  $u_{B1}$  (рисунок 3, б). В формирователе импульсов ФИ происходит сравнение двух сигналов  $u_{B1}$  и сигнала  $u_{ГТН}$ , который формируется генератором треугольного напряжения ГТН (рисунок 1). Когда  $u_{ГТН} < u_{B1}$  (рисунок 2) на выходе формирователя импульсов ФИ формируются управляющие импульсы (рисунок 3, б). Эти импульсы поступают на первые входы логических элементов И1 и И2 (рисунок 1). Логический элемент И1 срабатывает, когда на второй его вход поступает сигнал  $u_{ДН1}$  о положительной полярности  $u_{3Г1}$ , а на логический элемент И2, когда на второй его вход поступает сигнал  $u_{ДН2}$  об отрицательной полярности сигнала  $u_{3Г1}$ . Сигналы о полярности напряжения  $u_{3Г1}$  формирует датчик полярности напряжения ДПН1 (рисунок 1).

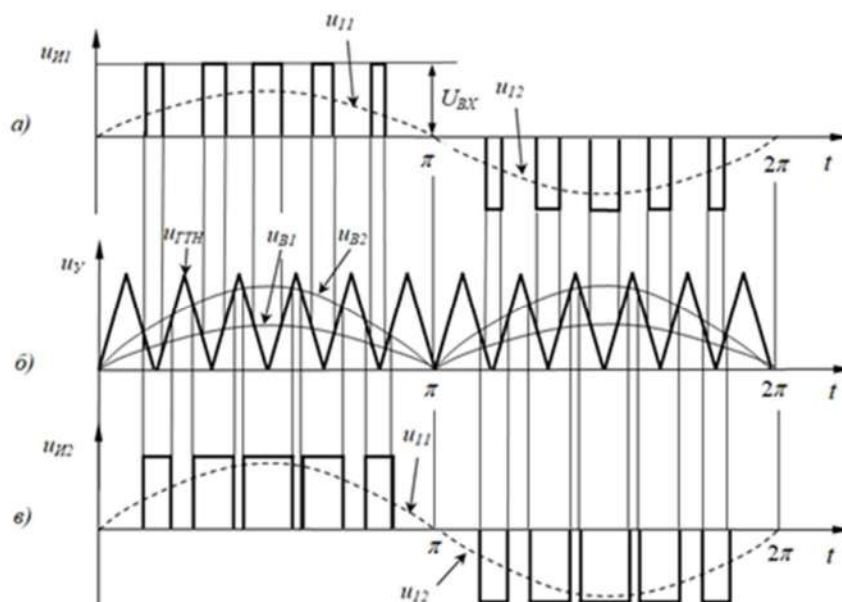


Рисунок 3 – Диаграммы напряжений, поясняющие принцип преобразования и стабилизации напряжения

Figure 3 – Voltage diagrams explaining the principle of voltage conversion and stabilization

Управляющие импульсы  $u_{y1}$  и  $u_{y2}$  выхода логических элементов И1 и И2 через усилитель импульсов УИ1 и УИ2, соответственно, открывают поочередно транзисторы VT1 и VT2. В результате из постоянного напряжения посредством широтно-импульсной модуляции (ШИМ), формируется положительная и отрицательная полуволна синусоидального высокочастотного напряжения  $u_{11}$  и  $u_{12}$  соответственно (рисунок 3, а). Это напряжение прикладывается к первичным обмоткам трансформатора Т (рисунок 1).

При изменении величины или характера нагрузки блок автоматической системы управления СУ1 стабилизирует напряжение на выходе преобразователя  $u_{B1X}$ . К примеру, если напряжение  $u_{B1X}$  уменьшится, то это приведёт к увеличению напряжения на выходе сумматора С, т.е.  $u_{\Sigma} = u_{3Г1} + \Delta u$ . В результате увеличится выходное напряжение выпрямителя  $u_{B2} > u_{B1}$  (рисунок 3, б). С учётом условия, что управляющие импульсы формируются когда  $u_{ГТН} < u_{B2}$ , то увеличится ширина модулирующих импульсов (рисунок 3, в) и амплитуда напряжений  $u_{11}$  и  $u_{12}$  на первичных обмотках трансформатора Т (рисунок 1). В результате увеличится значение выходного напряжения  $u_{B1X}$  преобразователя.

Принцип работы блока автоматической системы управления реверсивным выпрямителем СУ2 по преобразованию высокочастотного напряжения переменного тока в напряжение пониженной частоты. Задающий генератор ЗГ2 формирует синусоидальный сигнал  $u_{ЗГ2}$  пониженной частоты, требуемый для нагрузки (рисунок 4, а). Этот сигнал поступает на второй вход блока синхронизации БС (рисунок 1). При выполнении условия когда  $u_{ЗГ2} < u_{ЗГ1}$  на выходе блока синхронизации БС формируются управления импульсы  $u_y$  (рисунок 4, б), которые поступают на первые входы компараторов К1 и К2 (рисунок 1). Длительность импульсов на выходе компараторов  $u_{K1}$  и  $u_{K2}$  зависит от отношения амплитуды напряжений задающих генераторов ЗГ1 и ЗГ2, т.е. от  $u_{ЗГ1} / u_{ЗГ2}$  (рисунок 4, в). Управляющие импульсы  $u_{K1}$  и  $u_{K2}$  с компараторов К1 и К2 поступают на первые входы логических элементов И3 и И4. Логический элемент И3 срабатывает, когда на второй его вход поступает сигнал о положительной полярности  $u_n$  напряжения  $u_{ЗГ2}$ , а логический элемент И4 срабатывает когда на второй его вход поступает сигнал  $u_o$  об отрицательной полярности напряжения  $u_{ЗГ2}$ . Сигналы о полярности напряжения  $u_{ЗГ2}$  поступают от датчика полярности напряжения ДПН2 (рисунок 1). Управляющие импульсы  $u_{y3}$  и  $u_{y4}$  от логических элементов И1 и И2 через усилители импульсов УИ3 и УИ4 соответственно поступают на управляющие электроды транзисторов VT3 и VT4. В результате срабатывания этих транзисторов из участков высокочастотного напряжения на выходе преобразователя формируется синусоидальное напряжение низкой частоты  $U_{ВЫХ}$  (рисунок 4, г).

Выходной фильтр, выполненный на дросселе  $L_\phi$  и конденсаторе  $C_\phi$ , подавляет амплитуды напряжений высших гармоник, т.е. обеспечивает требуемое качество выходного напряжения  $U_{ВЫХ}$ , которое формируется из участков высокочастотного напряжения (рисунок 4, г).

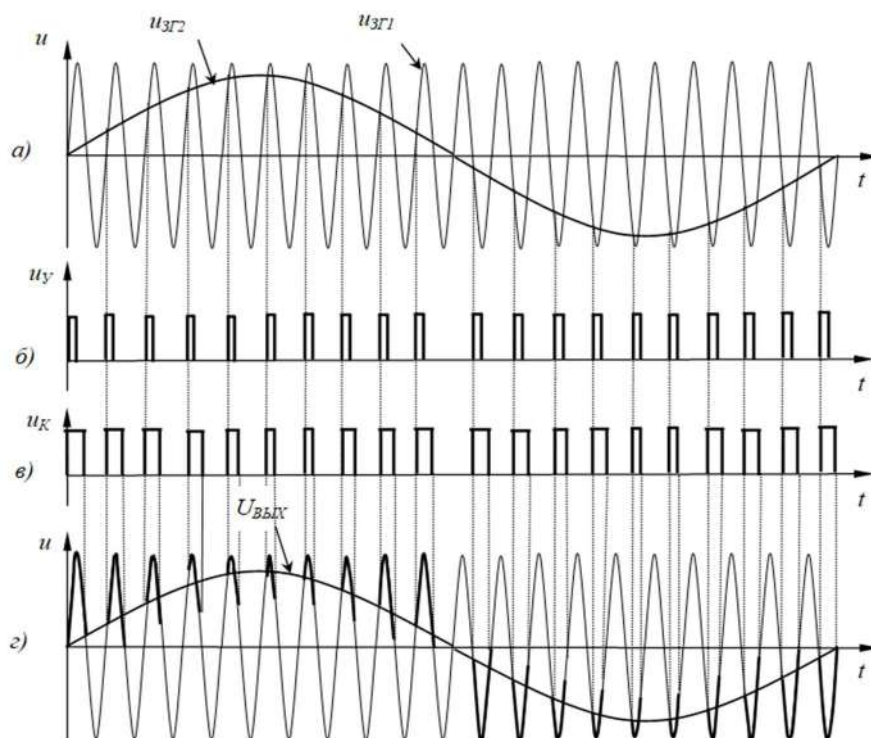


Рисунок 4 – Диаграммы напряжений, поясняющие принцип работы реверсивного выпрямителя  
Figure 4 – Voltage diagrams explaining how a reversible rectifier works

Таким образом, поочередная работа транзисторов VT1 и VT2 обеспечивает преобразование постоянного напряжения в высокочастотное синусоидальное напряжение по средством СУ1. Кроме того блок автоматической системы управления СУ1 осуществляет стабилизацию напряжения при его изменениях. Реверсивный выпрямитель, выполненный транзисторах VT3 и VT4, преобразует высокочастотное напряжение в напряжение с промышленной частотой тока по средством блока автоматической системы управления СУ2.



Анализ прайс-листов ведущих производителей оборудования ВИЭ показал, что стоимость только комплектующих для разработки, предложенного технического решения АИ мощностью 1 кВт не превысит 5-7 тыс. руб в зависимости от производителя. Цена АИ мощностью 1 кВт Китайских производителей превышает 22 тыс. руб, отечественных производителей в среднем в 1,5 раза больше, а европейских почти в 2 раза больше. При использовании математического аппарата приведенного в [1, 2] расчёты показателей надёжности показали, что наработка до первого отказа и, соответственно, ресурс непрерывной работы предложенной схемы АИ примерно 1,2-1,3 раза превышает ресурс работы известных технических решений аналогов, где применяется ШИМ выходного напряжения и промежуточное высокочастотное преобразование напряжения. КПД преобразователя повысится на 2–3%, а масса уменьшится примерно на 10%.

**Заключение.** Разработанное структурно-схемное решение преобразователя напряжения постоянного тока в синусоидальное напряжение переменного тока, выполненное с использованием промежуточного высокочастотного преобразования, трансформатора, содержащего в первичной и вторичной обмотках выводы средних точек, и реверсивного выпрямителя, имеет улучшенные показатели надёжности и массогабаритные показатели в сравнении с известными техническими решениями АИ, за счёт уменьшения количества электронных приборов в силовой части преобразователя и упрощения схемы управления.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на исследование электромагнитной совместимости АИ с источниками электроэнергии и оптимизацию структурно-схемных решений АСЭ с их применением для улучшения основных показателей оценки эффективности автономной системы [6, 11-13].

**Conclusions.** The developed structural and circuit solution of a DC voltage converter to a sinusoidal AC voltage, made using an intermediate high-frequency conversion, has improved reliability and weight and size indicators in comparison with known AI technical solutions, by reducing the number of electronic devices in the power part of the converter and simplifying the control circuit.

#### Библиографический список

1. Григораш О. В., Денисенко Е. А., Квитко А. В., Грищенко Д. Н., Барышев П. Г. Энергоэффективные и энергосберегающие автономные системы электроснабжения на ветро-солнечных электростанциях для малых фермерских хозяйств: монография. Краснодар: КубГАУ, 2023. 180 с.
2. Денисенко Е. А., Барышев П. М. Особенности проектирования солнечных фотоэнергетических станций: монография. Краснодар: КубГАУ, 2022. 120 с.
3. Saymbetov A., Nurgaliyev M., Kutybay N., Abdullozoda M., Dosymbetova G., Tukymbekov D. Design of autonomous mobile PV system for remote regions. 16th International Conference on Engineering of Modern Electric Systems (EMES). Oradea, Romania, 2021. Pp. 1-4.
4. Григораш О. В., Даус Ю. В., Денисенко Е. А., Коломейцев А. Э. Структурно-схемные решения солнечных автономных инверторов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 439-450.
5. Кашин Я. М., Копелевич Л. Е., Самородов И. Б., Ким В. А., Артенян К. З. Ветро-солнечный генератор и его характеристики. Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2019. № 6. С. 201-214.
6. Лаврик А. Ю., Жуковский Ю. Л., Лаврик А. Ю., Булдыско А. Д. Особенности выбора оптимального состава ветро-солнечной электростанции с дизельными генераторами. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 1. С. 10-17.
7. Капустин И. В., Лукашенко А. А. Анализ и исследование систем управления автономным инвертором напряжения. Известия ТулГУ. Технические науки. 2019. Вып. 1. С. 118-125.
8. Kou G., Le Chen, VanSant Ph., Velez-Cedeno F., Liu Y. Fault Characteristics of Distributed Solar Generation. IEEE Transactions on Power Delivery. 2020. V. 35. I. 2.
9. Grab R., Hans F., Mariano Ivan Rojas Flores, Schmidt H., Soenke Rogalla, Engel B. Modeling of Photovoltaic Inverter Losses for Reactive Power Provision. IEEE Access. 2022. V. 10.
10. Serban E., Pondiche C., Ordonez M. Modulation Effects on Power-Loss and Leakage Current in Three-Phase Solar Inverter. IEEE Transactions on Energy Conversion. 2019. V. 34. I. 1.
11. Усков А. Е. Выбор оптимального резервного источника электроснабжения. Сельский механизатор. 2022. № 1. С. 36-38.
12. Измайлов А. Ю., Дидмандзе О. Н., Асадов Д. Г. и др. Техническая эксплуатация мобильных электроагрегатов. Москва: ООО "Триада", 2016. 320 с.
13. Дидмандзе О. Н., Солнцев А. А., Парлюк Е. П., Пуляев Н. Н. Основы эффективного использования накопителей энергии в тягово-транспортных средствах. Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К. А. Тимирязева, 2020. 200 с.

#### References

1. Grigorash O. V., Denisenko E. A., Kvitko A. V., Grishchenko D. N., Baryshev P. G. Energy Efficient and Energy Saving Autonomous Power Supply Systems at Wind and Solar Power Plants for Small Farms: Monograph. Krasnodar: KubSAU, 2023. 180 p.
2. Denisenko E. A., Baryshev P. M. Features of Designing Solar Photoenergetic Stations: Monograph. Krasnodar: KubGAU, 2022. 120 p.

3. Saymbetov A., Nurgaliyev M., Kutybay N., Abdullozoda M., Dosymbetova G., Tukymbekov D. Design of autonomous mobile PV system for remote regions. 16th International Conference on Engineering of Modern Electric Systems (EMES). Oradea, Romania, 2021. Pp. 1-4.
4. Grigorash O. V., Daus Y. V., Denisenko E. A., Kolomeitsev A. E. Structural and Schematic Solutions of Solar Autonomous Inverters. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2023. № 2 (70). Pp. 439-450.
5. Kashin Y. M., Kopelevich L. E., Samorodov I. B., Kim V. A., Artenyan K. Z. Wind-Solar Generator and Its Characteristics. Electronic network polythematic journal "Scientific Works of KubSTU". 2019. № 6. Pp. 201-214.
6. Lavrik A. Yu., Zhukovsky Y. L., Lavrik A. Yu., Buldysko A. D. Features of Choosing the Optimal Composition of a Wind-Solar Power Plant with Diesel Generators. News of Higher Educational Institutions. Energy problems. 2020. V. 22. № 1. Pp. 10-17.
7. Kapustin I. V., Lukashenko A. A. Analysis and Research of Control Systems for Autonomous Voltage Inverter. Proceedings of Tula State University. Technical Sciences. 2019. I. 1. Pp. 118-125.
8. Kou G., Le Chen, VanSant Ph., Velez-Cedeno F., Liu Y. Fault Characteristics of Distributed Solar Generation. IEEE Transactions on Power Delivery. 2020. V. 35. I. 2.
9. Grab R., Hans F., Mariano Ivan Rojas Flores, Schmidt H., Soenke Rogalla, Engel B. Modeling of Photovoltaic Inverter Losses for Reactive Power Provision. IEEE Access. 2022. V. 10.
10. Serban E., Pondiche C., Ordonez M. Modulation Effects on Power-Loss and Leakage Current in Three-Phase Solar Inverter. IEEE Transactions on Energy Conversion. 2019. V. 34. I. 1.
11. Uskov A. E. Selection of the optimal reserve source of power supply. Rural machine operator. 2022. № 1. Pp. 36-38.
12. Izmailov A. Yu., Didmanidze O. N., Asadov D. G., et al. Technical Operation of Mobile Electric Units. Moscow: OOO "Triada", 2016. 320 p.
13. Didmanidze O. N., Solntsev A. A., Parlyuk E. P., Pulyaev N. N. Fundamentals of Effective Use of Energy Storage Devices in Traction Vehicles. Moscow: Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2020. 200 p.

#### Информация об авторах

**Григораш Олег Владимирович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), e-mail: grigorash61@mail.ru

**Даус Юлия Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), zirochka2505@gmail.com

**Денисенко Евгений Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), e-mail: denisenko\_88@mail.ru

**Колмейцев Александр Эдуардович**, соискатель кафедры «Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии», Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13), e-mail: kpn2601@yandex.ru

#### Author's Information

**Grigorash Oleg Vladimirovich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Electrical Engineering, Heat Engineering and Renewable Energy Sources, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin str., 13), e-mail: grigorash61@mail.ru

**Daus Yulia Vladimirovna**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering, Thermal Engineering and Renewable Energy Sources, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin str., 13), e-mail: zirochka2505@gmail.com

**Denisenko Evgeny Aleksandrovich**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering, Heat Engineering and Renewable Energy Sources, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin str., 13), e-mail: denisenko\_88@mail.ru

**Kolomeitsev Aleksander Eduardovich**, PhD Candidate of the Department of Electrical Engineering, Heat Engineering and Renewable Energy Sources, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin str., 13), e-mail: kpn2601@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-39

## SIMULATION OF THE CONTROL SYSTEM OF THE FRUIT AND VEGETABLE CHOPPER

<sup>1</sup>Lebed N. I., <sup>2</sup>Tseplyaev A. N., <sup>1</sup>Tokarev K. E., <sup>1</sup>Khanin Yu. I., <sup>1</sup>Fomin S. D.

<sup>1</sup>Volgograd State Agrarian University

<sup>2</sup>All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture –  
branch of the Federal State Budgetary Institution "FNC's VNIIGiM named after A. N. Kostyakov"  
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: nik8872@yandex.ru

Received 01.06.2023

Submitted 27.02.2024

#### Abstract

**Introduction.** The article is devoted to the digital adaptation of equipment for the processing industry by developing and justifying a simulation model of an automated process control system. **Materials and research methods.** The development and modeling of the automated control system for the shredder was carried out in the CAD environment "Proteus 8.15 ISIS", where the selection of the main elements of the

control system and their connection to the microcontroller was carried out. The project code was built in the integrated development environment "Arduino IDE" in the programming language «C++». **Research results and conclusions.** A functional diagram of the proposed automated control system for chopping fruit and vegetable products has been developed. The inputs and outputs of the microcontroller board are represented by fourteen signals and are divided according to the controls of the fruit and vegetable raw material chopper into three groups: rotor controls; dispenser; ensuring automatic operating mode. Information about the state of all input and output signals of the automated control system is visualized on the LCD display. A control system for an automated fruit and vegetable chopper was modeled on the basis of AVR / ARM Cortex M microcontrollers using the C++ programming language, and its performance was tested in the Proteus 8.15 ISIS CAD system, which proved its performance and efficiency. To implement numerical modeling of the cutting process, specialized software has been developed, the source code of which is compiled in the "Object Pascal" programming language in the «Lazarus» IDE.

**Keywords:** fruit choppers, microcontrollers, knife machine, simulation modeling, numerical modeling.

**Citation.** Lebed N. I., Tseplyaev A. N., Tokarev K. E., Khanin Yu. I., Fomin S. D. Simulation of the control system of the fruit and vegetable chopper. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 323-331 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-39.

**Author's contribution.** The authors of this study were directly involved in the formulation of the problem, planning the study, analysis, presentation of conclusions and preparation of proposals for production. The authors of this article reviewed and approved the final version of the article.

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

УДК 631.171

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ПЛОДОВООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

<sup>1</sup>Лебедь Н. И., доктор технических наук, профессор

<sup>2</sup>Цепляев А. Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>1</sup>Токарев К. Е., кандидат экономических наук, доцент

<sup>1</sup>Ханин Ю. И., кандидат технических наук, доцент

<sup>1</sup>Фомин С. Д., доктор технических наук, профессор

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал

ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им А. Н. Костякова»

г. Волгоград, Российская Федерация

**Актуальность.** Статья посвящена цифровой адаптации техники для перерабатывающей промышленности путем разработки и обоснования имитационной модели автоматизированной системы управления технологическим процессом. **Материалы и методы исследований.** Разработка и моделирования системы автоматизированного управления измельчителем производились в среде САПР «Proteus 8.15 ISIS», где осуществлялся подбор основных элементов системы управления и их подключение к микроконтроллеру. Построение программного кода проекта производилась в интегрированной среде разработки «Arduino IDE» на языке программирования «C++». **Результаты исследований и выводы.** Разработана функциональная схема предлагаемой СУ измельчителя плодовоовощной продукции. Входы и выходы платы микроконтроллера представлены четырнадцатью сигналами и делятся по органам управления измельчителя плодовоовощного сырья на три группы: органы управления ротором; дозатором; обеспечения автоматического режима работы. Информация о состоянии всех входных и выходных сигналов СУ визуализируется на ЖК-дисплей. Смоделирована на основе микроконтроллеров AVR / ARM Cortex M-архитектуры, с применением языка программирования «C++» система управления автоматизированным измельчителем плодовоовощной продукции, произведена ее проверка на работоспособность в САПР «Proteus 8.15 ISIS», доказавшей ее работоспособность и эффективность. Для реализации численного моделирования процесса резания разработано специализированное программного обеспечения, исходный код которого составлен на языке программирования «Object Pascal» в IDE «Lazarus».

**Ключевые слова:** измельчители плодов, микроконтроллеры, ножевой аппарат, имитационное моделирование, численное моделирование.

**Цитирование.** Лебедь Н. И., Цепляев А. Н., Токарев К. Е., Ханин Ю. И., Фомин С. Д. Моделирование системы управления измельчителя плодовоовощной продукции. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 323-331. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-39.

**Авторский вклад.** Авторы настоящего исследования непосредственно участвовали в постановке проблемы, планировании исследования, анализе, в 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.** В нынешней острой ситуации с западными партнерами необходимо максимально быть от них независимыми, что диктует развитие собственных отечественных конкурентоспособных разработок и импортозамещение. В отраслях АПК работает только 4% техники, удовлетворяющей современным международным требованиям и стандартам. Необходимым условием обновления техники должно быть внедрение автоматизированной и роботизированной техники [1, 2, 3, 4].

Наиболее значимыми факторами, оказывающими важнейшее влияние на отрасль перерабатывающей промышленности, в частности производства продуктов из плодов и овощей, является эффективность применяемых технологий в совокупности с техническими средствами для их реализации.

При хранении плодов и овощей потери урожая составляют от 20 до 30%. Транспортировке свежих плодов и овощей с минимальными потерями в отдаленные регионы страны препятствуют значительные расстояния и плохое качество дорожной сети. При этом комплексная переработка 1 миллиона тонн плодовоовощного сырья на пищевые продукты с минимальным количеством отходов позволяет уменьшить потери его при хранении на 83 тысячи тонн [5, 6].

Также важной является проблема дополнительных затрат при разработке и оптимизации комплексных технических систем с использованием в них элементов точной механики, а также электронных, электротехнических и компьютерных компонентов для целей роботизации и автоматизации АПК. Проблема решается методами и средствами имитационного моделирования, реализуемого с помощью набора математических средств, специальных компьютерных программ-симуляторов, позволяющих создавать процессы-аналоги, с помощью которых можно провести целенаправленное исследование структуры и функций реальной системы в режиме ее «имитации», осуществить оптимизацию некоторых ее параметров [7, 8, 9]. Необходим комплексный подход при оптимизации задач физической механики и автоматизированного управления, что побуждает разрабатывать специализированное программное обеспечение.

**Материалы и методы исследований.** В качестве объекта исследований для разработки схемы автоматизации был выбран разработанный ранее измельчитель плодовоовощной продукции (рисунок 1) [10].

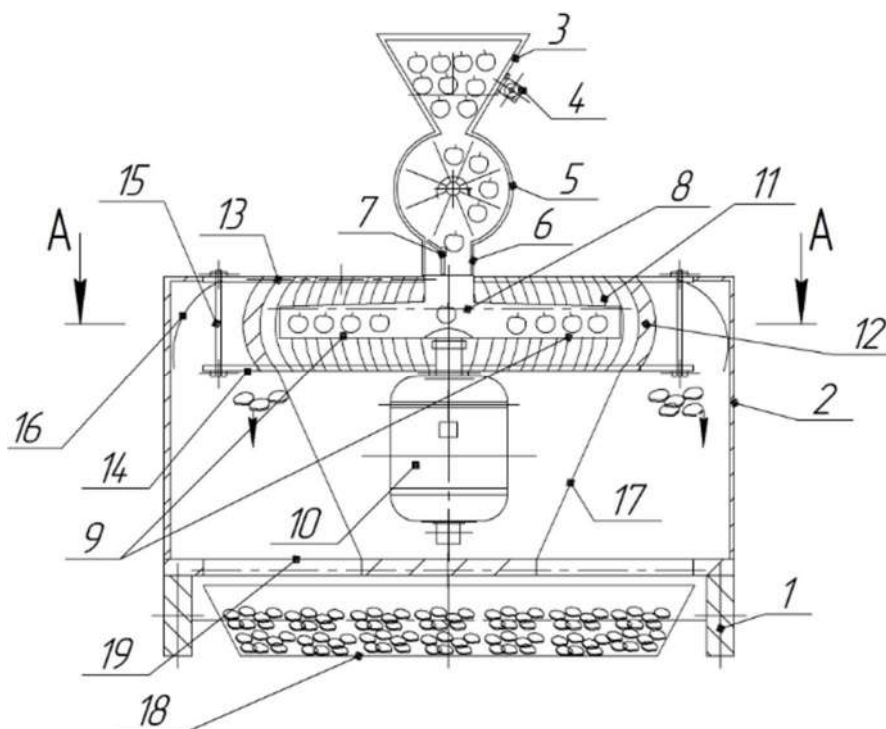


Рисунок 1 – Измельчитель плодовоовощной продукции (общий вид)  
Figure 1 – Chopper of fruits and vegetables (general view)



Измельчитель работает следующим образом. Перед загрузкой материала запускали электродвигатель 10 устройства, чтобы задать центробежному ротору 8 необходимую частоту вращения. Обрабатываемый материал через загрузочный бункер 3 и дозатор барабанного типа 5 поступал в центробежный ротор 8. Посредством передачи крутящего момента валом электродвигателя 10 центробежный ротор 8 равномерно распределял плодовоовощной материал по трем направляющим трубам 9. В результате центробежной силы материал удалялся в направлении дугообразных ножей 12 ножевого корпуса 11 с линейной скоростью, необходимой для полного разрезания. При этом плодовоовощной материал проходил сквозь дугообразные ножи 12, измельчался на ломтики необходимой толщины и далее через отражатели 16 и выгрузное отверстие 19 поступал в емкость для сбора измельченного материала 18.

Предлагаемый измельчитель позволяет осуществить процесс измельчения плодов и корнеплодов без обильного соковыделения [11,12, 15] и заземления измельчаемых материалов между ножами при минимальных разрушениях их структуры [13, 14] с пониженными энергозатратами.

Недостатком измельчителя являлось отсутствие системы управления, что существенно снижало удобство при его работе, способствовало увеличению трудозатрат при эксплуатации и снижению качества производимой продукции за счет влияния человеческого фактора.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Нами предлагается автоматизированная система управления измельчителем, построенная на базе микроконтроллеров AVR / ARM Cortex M – архитектуры. На рисунке 2 представлена функциональная схема предлагаемой АСУ.

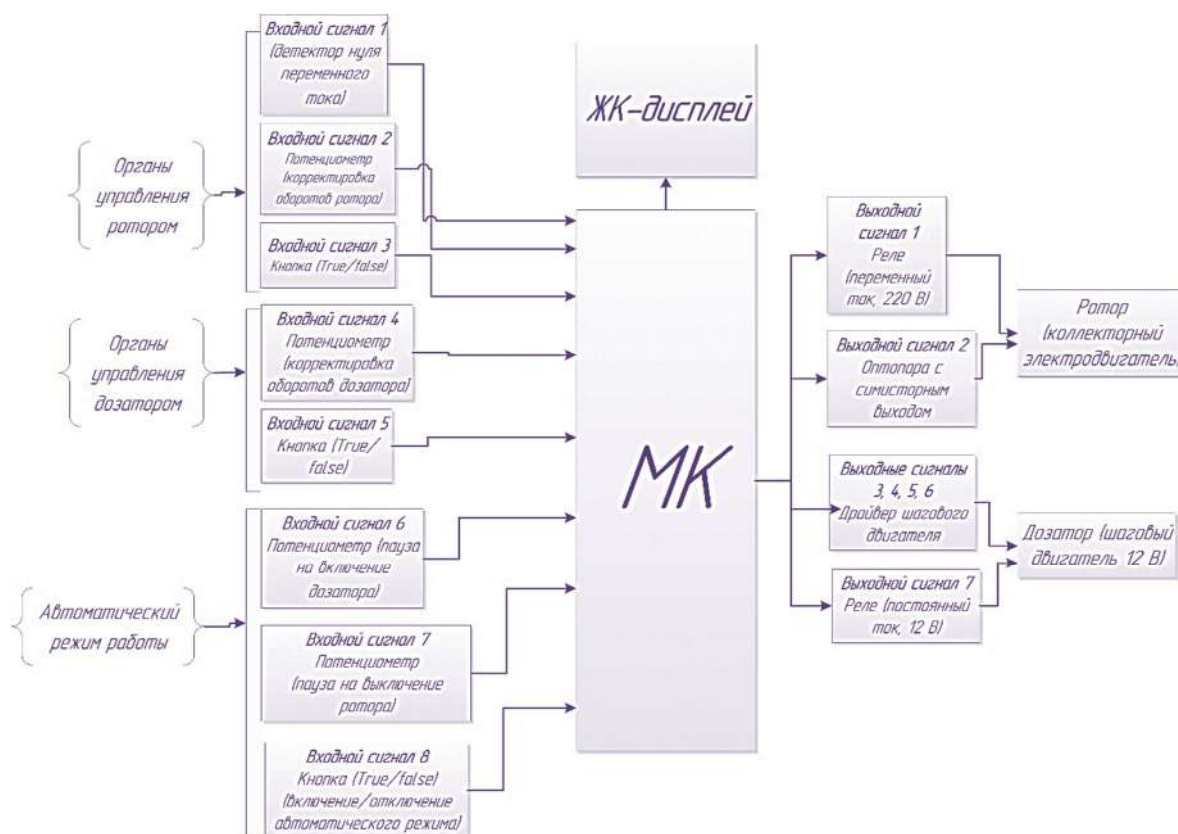


Рисунок 2 – Функциональная схема СУ предлагаемого измельчителя плодовоовощной продукции  
Figure 2 – Functional diagram of the control system of the proposed fruit and vegetable chopper

Входы платы микроконтроллера представлены сигналами аналогового и цифрового типа и делятся по органам управления измельчителя плодовоовощного сырья на три группы: органы управления ротором; дозатором; обеспечения автоматического режима работы.

Органы управления ротором включают входные сигналы 1 и 2 – аналогового типа и цифровой входной сигнал 3. Входной сигнал 1 обеспечивает контроль нуля однофазной электрической сети переменного тока для расчёта фазы открывания симистора при управлении нагрузкой. Сигнал 2 выполнен потенциометром и предназначен для корректировки частоты вращения привода ротора. Сигнал 3 обеспечивает отключение / включение привода ротора с помощью тактовой кнопки.

Органы управления дозатором представлены аналоговым входом 4 – потенциометром, необходимым для корректировки частоты вращения привода дозатора. Сигнал 5 обеспечивает отключение / включение привода дозатора.

Автоматический режим работы обеспечивается аналоговыми входными сигналами 6, 7 – для управления паузой включения привода дозатора и отключение привода ротора и цифровым сигналом 8 – на включение/отключение автоматического режима работы посредством тактовой кнопки. Алгоритм работы автоматического режима работы служит для последовательного включения и отключения приводов ротора и дозатора: при запуске измельчителя – запуск привода ротора и с некоторой паузой привода дозатора; при остановке измельчителя – остановка привода дозатора и с некоторой паузой привода ротора. Данная последовательность необходима для исключения перегрузов и сбоев при реализации технологического процесса резания.

Функциональная схема АСУ измельчителем плодоовощной продукции представлена семью выходными сигналами. Выходной сигнал 1 выполнен в виде твердотельного реле для включения / отключения привода ротора. Сигнал 2 представлен оптопарой с симисторным выходом для управления вышеуказанной нагрузкой. Сигналы 3, 4, 5, 6 представлены четырьмя пинами микроконтроллера и предназначены управления шаговым двигателем (привод дозатора) посредством аппаратного драйвера. Выходной сигнал 7 представлен твердотельным реле для включения / отключения привода дозатора. Информация о состоянии всех входных и выходных сигналов АСУ визуализируется на ЖК-дисплей.

Для разработки алгоритма работы, специализированного программного обеспечения и последующей отладки системы управления автоматизированным измельчителем нами предлагается имитационная модель, построенная на базе микроконтроллера AVR / ARM Cortex M – архитектуры с применением языка программирования «C++» в среде САПР «Proteus 8.15 ISIS» (рисунок 3).

В качестве привода центробежного ротора выступает однофазный коллекторный электродвигатель, на рисунке 3 для иллюстрирования режимов работы привода его заменяет элемент «AC Volts» и лампа «L1». Реализация режимов работы путем изменения частоты вращения двигателя выполнена корректировкой рабочего напряжения детектором нуля, собранном на базе оптрона общего назначения 4N25 и диодного моста, работающие на аппаратных прерываниях посредством пина D2 микроконтроллера и программной библиотеки «TimerOne.h». Одним из рабочих вариантов создания детектора нуля является схема с оптопарой PC814 – для использования в цепях переменного тока, отсутствующая среди компонентов среды «Proteus 8.15 ISIS».

Для реализации гибкого управления приводом барабанного дозатора предлагается шаговый электродвигатель постоянного тока в схеме с драйвером L293D. Такая схема позволяет создавать вариативность режимов: направление, скорость вращения, углы поворота, паузы при поддержании угла поворота и др., необходимых для оптимизации подачи обрабатываемого материала. В первом приближении программно реализована система на базе программной библиотеки «Stepper», позволяющая регулировать частоту вращения.

Система управления позволяет осуществлять следующие режимы работы экспериментальной установки: автоматический поочередный запуск и отключение приводов (на схеме «Auto») с управляемой задержкой на их включение и отключение (на схеме: «Пауза на отключение для ротора, с; «Пауза на включение дозатора, с); независимое включение/отключение привода ротора или дозатора (на схеме: «On/off ротор», «On/off дозатор»); управление частотой вращения (на схеме «Скорость вращения ротора, %», «Скорость вращения дозатора, %») приводных механизмов. Для визуализации выбранных режимов предусмотрена индикация на LCD-дисплее. В качестве органов управления выступают тактовые кнопки и потенциометры. Принудительного отключения приводов реализовано электромеханическими реле, подключенными как «выход» к микроконтроллеру.

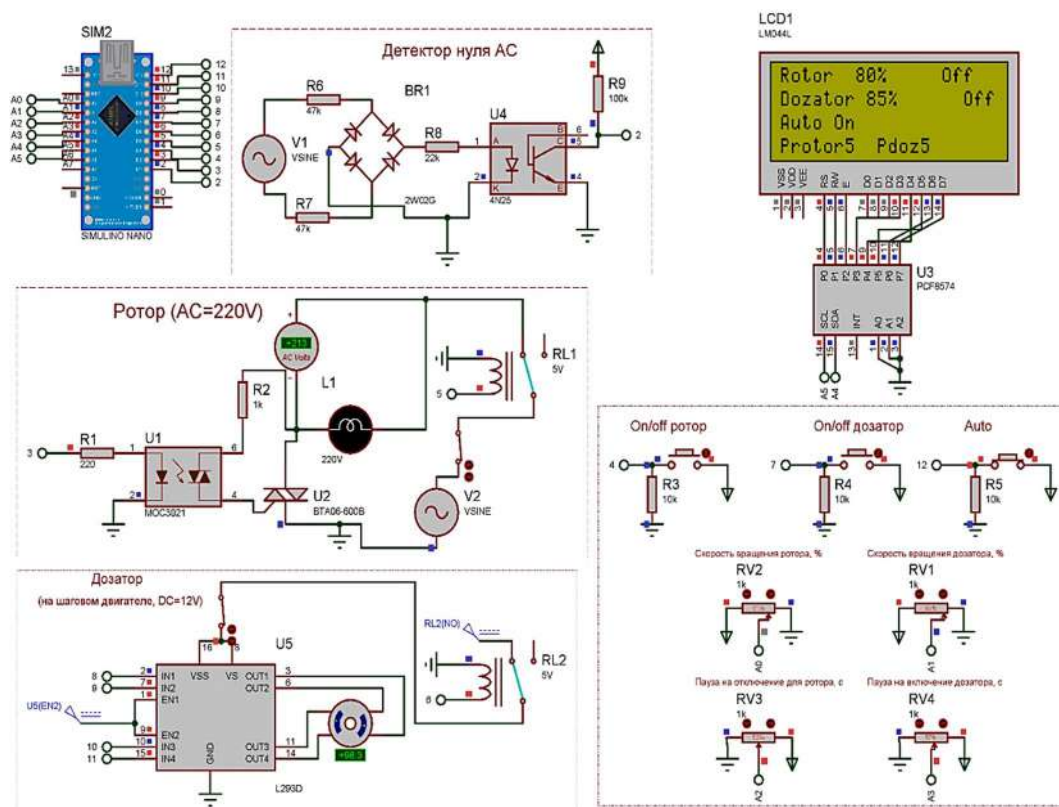


Рисунок 3 – Имитационная модель системы управления измельчителя плодовоовощной продукции  
в момент симуляции  
Figure 3 – Simulation model of an automated control system fruit and vegetable chopper  
at the time of simulation

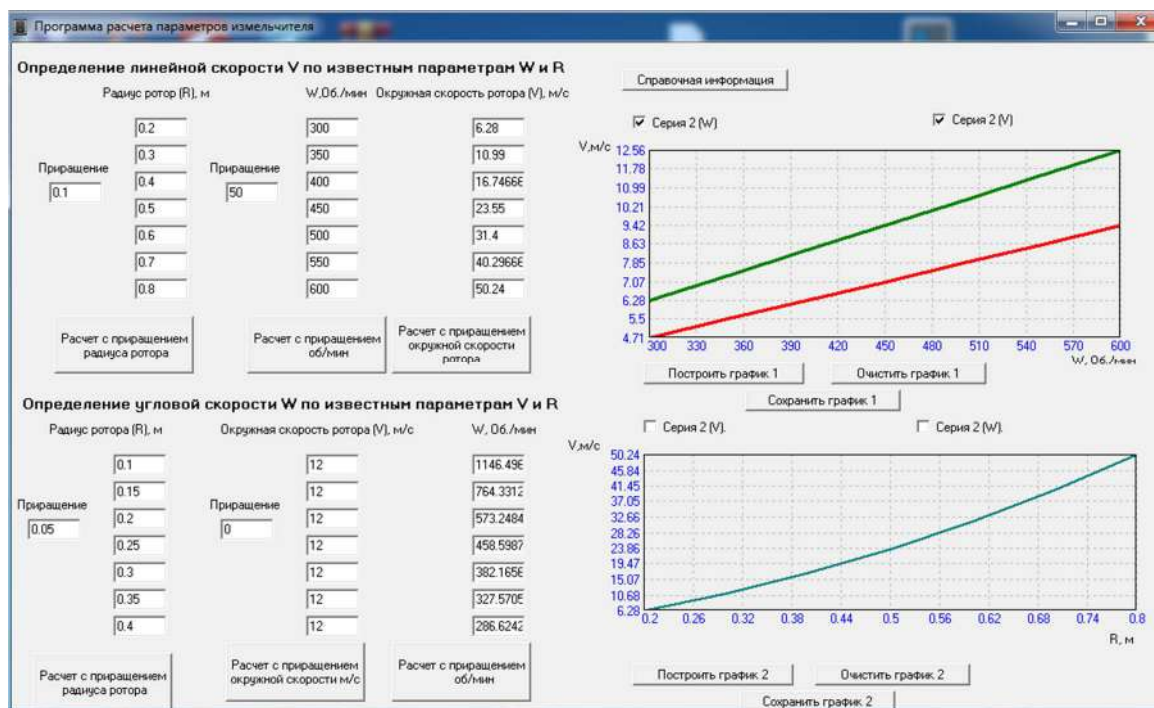


Рисунок 4 – Интерфейс программного обеспечения  
Figure 4 – Software interface

Для удобства при расчетах и дальнейшего численного моделировании процесса ударного резания использовано разработанное ранее специализированное программное обеспечение, построенное на языке программирования «Object Pascal» в IDE «Lazarus». Алгоритм ПО обеспечивает: ввод начальных условий, параметров и характеристик центробежного ротора измельчителя плодовоовощного сырья; расчёт геометрических и динамических параметров центробежного ротора измельчителя; реализацию численных экспериментов по определению параметров и режимов работы устройства; а также графическую визуализацию и экспорт ее результатов. На рисунке 4 представлен интерфейс предлагаемой программы (Лебедь Н. И., Токарев К. Е. Автоматизированная система расчета геометрических и динамических параметров центробежного ротора измельчителя плодовоовощного сырья // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2022684675, 16.12.2022. Заявка № 2022684675 от 06.12.2022).

**Выводы.** Предлагаемая система управления автоматизированного электропривода измельчителя плодовоовощной продукции обеспечивает автоматический поочередный запуск и отключение приводов с управляемой задержкой на их включение и отключение; независимое включение/отключение привода ротора или дозатора; управление частотой вращения приводных механизмов. Для визуализации выбранных режимов предусмотрена индикация на LCD-дисплее.

Разработано специализированное программное обеспечение для моделирования процесса резания предлагаемым измельчителем плодовоовощной продукции. Алгоритм ПО обеспечивает: ввод начальных условий, параметров и характеристик центробежного ротора измельчителя плодовоовощного сырья; расчёт геометрических и динамических параметров ротора измельчителя; реализацию численных экспериментов по определению параметров и режимов работы устройства; а также графическую визуализацию и экспорт ее результатов.

Разработанные методы, алгоритмы расчета, реализованные в программном обеспечении, позволяют качественно оценивать динамическое состояние обрабатываемого материала, что дает возможность анализировать состояние предлагаемого оборудования и достичь рациональных конструктивных параметров и режимов работы.

**Conclusions.** The proposed control system of the automated electric drive of the fruit and vegetable chopper provides automatic alternate start and shutdown of the drives with a controlled delay for their switching on and off; independent on/off of the rotor or dispenser drive; control of the speed of rotation of the drive mechanisms. To visualize the selected modes, there is an indication on the LCD display.

Specialized software has been developed to simulate the cutting process of the proposed fruit and vegetable chopper. The software algorithm provides: input of initial conditions, parameters and characteristics of the centrifugal rotor of the fruit and vegetable chopper; calculation of geometrical and dynamic parameters of the shredder rotor; implementation of numerical experiments to determine the parameters and modes of operation of the device; as well as graphical visualization and export of its results.

The developed methods and calculation algorithms implemented in the software make it possible to qualitatively assess the dynamic state of the processed material, which makes it possible to analyze the condition of the proposed equipment and achieve rational design parameters and operating modes.

#### 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. Рунов Б. А. Применение робототехнических средств в АПК. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 2. С. 44-47.
4. 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.
5. Lebed N. I., Antonov N. M., Rusakova G. G. Investigation of pro-cess of cutting fruit and vegetable raw materials into slices using rotary chopper. Lecture Notes in Mechanical Engineering: 5th International Conference on Industrial Engineering. 2019. Pp. 451-459.
6. Antonov N. M., Lebed N. I., Makarov A. M. Energetic calculation of an apple chopper with zigzagging knife in the cutting unit. Journal of Food Process Engineering. 2017. № 40 (2).



7. Хвостенко Т. М., Алексанов И. А. Внедрение и проблематика роботехнических средств в АПК. Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Информационные технологии. 2022. № 2 (20). С. 4-9.
8. Лепешко Л. С. Обзор программных продуктов для автоматизации в АПК. Новости науки в АПК. 2019. № 3(12). С. 318-324.
9. Будников Д. А. Разработка SCADA-системы контроля лабораторного оборудования и параметров процесса сушки зерна. Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 2 (31). С. 230-237.
10. 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 нижеволжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. ВолГАУ. 2022. № 2 (66). С. 364-372.
11. 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.
12. Лебедь Н. И., Антонов Н.М., Искуснов Ю.В. Результаты экспериментальных исследований по определению усилий резания плодов и корнеплодов. Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. ВолГАУ. 2012. № 2 (26). С. 137-141.
13. Заплетников И. Н., Шеина А. В., Гордиенко А. В. Экспериментальные исследования процесса резания растительных материалов. Актуальные вопросы современной науки. 2014. № 33. С. 52-61.
14. Чечуга А. О. Влияние скорости резания на составляющие усилия резания. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 3. С. 289-292.
15. Антонов Н. М., Лебедь Н. И. Определение некоторых энергетических параметров статического резания плодов яблок. Известия Нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 2 (34). С. 143-148.

#### 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 machines and technologies. 2016. No 2. P. 4.
2. Zykov A. V., Yunin V. A., Zakharov A. M. Zykov A. V., Yunin V. A., Zakharov A. M. The use of robotic tools in the agro-industrial complex. International research journal. 2019. No 3(81). Pp. 8-11.
3. Runov B. A. The use of robotic tools in the agro-industrial complex. Agricultural machines and technologies. 2016. No 2. Pp. 44-47.
4. Tokarev K. E., Rudenko A. Yu. Theory and digital technologies for intelligent decision support to increase the bioproductivity of agroecosystems based on neural network models. Proceedings of the Nizhnevolzhsky AgroUniversity Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. No 4 (64). Pp. 421-440.
5. Lebed N. I., Antonov N. M., Rusakova G. G. Investigation of process of cutting fruit and vegetable raw materials into slices using rotary chopper. Lecture Notes in Mechanical Engineering: 5th International Conference on Industrial Engineering. 2019. Pp. 451-459.
6. Antonov N. M., Lebed N. I., Makarov A. M. Energetic calculation of an apple chopper with zigzagging knife in the cutting unit. Journal of Food Process Engineering. 2017. № 40 (2).
7. Khvostenko T. M., Aleksanov I. A. Implementation and problems of robotic means in the agro-industrial complex. Bulletin of the educational consortium Central Russian University. Information Technology. 2022. No 2 (20). Pp. 4-9.
8. Lepeshko L. S. Review of software products for automation in the agro-industrial complex. Science news in the agro-industrial complex. 2019. No 3 (12). Pp. 318-324.
9. Budnikov D. A. Development of a SCADA-system for monitoring laboratory equipment and parameters of the grain drying process. Innovations in agriculture. 2019. No 2 (31). Pp. 230-237.
10. Lebed N. I., Gapich D. S., Khanin Yu. I., Veselova N. M., Fomin S. D. Development and justification of an automated control system and software for a SCADA-system for the process of cutting fruit and vegetable materials with a slicer grinder. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. 2022. No 2 (66). Pp. 364-372.
11. Tyurin S. F., Kovylyayev D. A., Danilova E. Yu., Gorodilov A. Yu. Studying the programming of microcontrollers in CAD Proteus. Bulletin of the Perm University. Mathematics. Mechanics. Computer science. 2021. No. 2(53). Pp. 69-74.
12. Lebed N. I., Antonov N. M. The results of experimental studies to determine the efforts of cutting fruits and roots. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. 2012. No 2 (26). Pp. 137-141.
13. Zapletnikov I. N., Sheina A. V., Gordienko A. V. Experimental studies of the process of cutting plant materials. Topical issues of modern science. 2014. No 33. Pp. 52-61.
14. Chechuga A. O. Influence of cutting speed on the components of cutting force. Proceedings of the Tula State University. Technical science. 2022. No 3. Pp. 289-292.
15. Antonov N. M., Lebed N. I. Determination of some energy parameters of static cutting of apple fruits. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. 2014. No 2 (34). Pp. 143-148.

#### Информация об авторах

**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

**Цепляев Алексей 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 ВНИИГМ им А. Н. Костякова», (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, д. 9), e-mail: can\_volgau@mail.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

**Ханин Юрий Иванович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение и энергетические системы», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 26), e-mail: haninyu5@gmail.com

**Фомин Сергей Денисович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd\_58@mail.ru

#### Author's information

**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, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: nik8872@yandex.ru

**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 State Budgetary Institution "FSC VNIIGIM named after A. N. Kostyakov", (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), e-mail: can\_volgau@mail.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, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: tokarevke@yandex.ru

**Khanin Yuri Ivanovich**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: haninyu5@gmail.com

**Fomin Sergey Denisovich**, Professor of the Department of Mechanics, Doctor of Engineering I Sciences, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd\_58@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-40

## FORMATION AND DEVELOPMENT OF ENERGY AND ECOLOGY CONVERGENCE IN GREENHOUSE HORTICULTURE AS A NEW SCIENTIFIC FIELD AT THE INSTITUTE OF AGRICULTURAL ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS

Rakutko S. A.

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of FSBSI FSAC VIM  
Saint Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: sergej1964@yandex.ru

Received 08.01.2024

Submitted 22.02.2024

### Summary

The fruitfulness of the joint energy and ecological approach to greenhouse horticulture in obtaining scientific knowledge is revealed.

### Abstract

**Introduction.** The issues of energy saving, ecology and light culture are priorities in the practice and scientific and technological development of the agro-industrial complex. The concept has been put forward that at the present stage it is advisable to talk about the energy ecology of horticulture (EEH) as a new complex scientific direction based on taking into account the flows of substances that form the energy and environmental indicators of an artificial bioenergy system. **Object** of the study is scientific activity and factors of scientific productivity of the specialized laboratory of the EEH of Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP). The study **aimed** to reveal the fruitfulness of the joint energy and ecological approach to greenhouse horticulture in obtaining scientific knowledge at the intersection of the mentioned subject areas. **The history of laboratory.** It is noted that the scientific tradition of the IEEP has always been characterized by increased attention to problems in these areas. The relevance of the study of the experience of the formation and development of the EEH laboratory was substantiated. **Materials and methods.** The study identified the main research areas with the biggest publication activity of the laboratory experts. The study included a comparative scientometric analysis of publications in the laboratory and the institute. **Results and conclusions.** The study formulated the paradigm of energy and ecology convergence in greenhouse horticulture as a new scientific field. The paper cites the most important scientific results of the laboratory: energy saving and efficiency; the designing of phytoirradiators, greenhouse irradiation installations, instrumentation and metrological practices; developing a teaching technology of energy saving for professionals; setting up special experiments in greenhouse horticulture; identifying the properties of plants as elements of an ecosystem, their developmental stability, bioindication issues; applied theory of energy saving, artificial bioenergy system; energy and eco-friendliness of greenhouse horticulture, energy and ecological auditing. The study revealed the important role of the institute in establishing and developing the energy and ecology convergence in greenhouse horticulture as a scientific field. An important organizational

factor was to open a specialized scientific laboratory. Its research activity contributed greatly to the scientific image of the institute. In the publication activity, the laboratory ranks high among other scientific departments of IEEP. Over the decade of scientific activity, its researchers published above 200 scientific papers, received 29 patents for inventions. The practical developments received 11 gold medals at Exhibition of National Economy Achievements in Moscow and AGRORUS exhibition in Saint Petersburg.

**Keywords:** greenhouse horticulture, energy and ecology of horticulture, closed plant production system.

**Citation.** Rakutko S. A. Formation and development of energy and ecology convergence in greenhouse horticulture as a new scientific field at the institute of agricultural engineering and environmental problems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 332-346 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-40.

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

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

УДК 001.89:631.95:631.544.4

## СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЭНЕРГОЭКОЛОГИИ СВЕТОКУЛЬТУРЫ КАК НОВОГО НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ В ИНСТИТУТЕ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Ракутько С. А., доктор технических наук, главный научный сотрудник

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) –  
филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Аннотация.** Вопросы энергосбережения, экологии и светокультуры являются приоритетными в практике и научно-технологическом развитии агропромышленного комплекса. Выдвинута концепция, что на современном этапе целесообразно говорить об энергоэкологии светокультуры (ЭЭС) как о новом комплексном научном направлении, основанном на учете потоков субстанций, формирующих энергетические и экологические показатели искусственной биоэнергетической системы. **Объект исследования** – научная деятельность и факторы научной продуктивности специализированной лаборатории ЭЭС института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП). **Цель работы** – раскрыть плодотворность парадигмы энергоэкологического подхода к светокультуре в получении научного знания на стыке соответствующих предметных областей в научной деятельности лаборатории ЭЭС. **История лаборатории.** Отмечено, что для научной традиции ИАЭП было всегда характерным повышенное внимание к проблемам в этих областях. Обосновали актуальность исследования опыта становления и развития лаборатории ЭЭС. **Материалы и методы.** Выделили основные направления исследований, в которых наблюдается максимальная публикационная активность лаборатории. Провели сравнительный наукометрический анализ по публикациям лаборатории и института в целом. **Результаты и выводы.** Сформулировали парадигму ЭЭС как нового научного направления. Представили важнейшие научные результаты деятельности лаборатории по направлениям энергосбережение и энергоэффективность; фитооблучатели и тепличные облучательные установки; приборное обеспечение и метрология; профессионально-ориентированная технология обучения энергосбережению; экспериментальная светокультура; свойства растений как элементов экосистемы, стабильность развития, биоиндикация; прикладная теория энергосбережения, искусственная биоэнергетическая система; энергоэкология светокультуры, энергоэкологичность, энергоэкоаудит. Показано, что ИАЭП сыграл важную роль в формировании и развитии ЭЭС как научного направления. Важным организационным фактором этого явилась организация специализированной научной лаборатории. Анализ показал, что роль лаборатории ЭЭС в формировании научного имиджа института весьма значительна. По публикационной активности лаборатория занимает заметное положение среди других научных подразделений института. За десятилетие научной деятельности ее сотрудниками опубликовано более 200 научных работ, получено 29 патентов на изобретения, результаты практических разработок удостоены 11 золотых медалей на выставках ВДНХ и АгроРусь.

**Ключевые слова:** светокультура, энергоэкология светокультуры, закрытые производственные системы.

**Цитирование.** Ракутько С. А. Становление и развитие энергоэкологии светокультуры как нового научного направления в институте агроинженерных и экологических проблем. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 332-346. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-40.

**Авторский вклад.** Автор настоящего исследования непосредственно участвовал в постановке проблемы, планировании исследования, анализе, в изложении выводов и подготовке предложений производству. Автор настоящей статьи изучил и одобрил представленный в окончательном виде вариант статьи.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Человек выращивает растения в искусственно создаваемых климатических условиях с весьма древних времен [1]. Однако применение электрических источников оптического излучения (ОИ) для этих целей, то есть собственно технология светокультуры, впервые упомянута в работах Бейли (Bailey L. H., 1858-1954), который в 1891 году выпустил свою *The standard cyclopedia of horticulture* [2]. Начальному этапу развития светокультуры соответствовала своя система понятий, совокупность методов и подходов, которые определяли рамки и направления исследований внутри предметной области, то есть то, что сейчас мы называем научной парадигмой [3]. Эту парадигму можно назвать «традиционной». В ее основу положена максимизация продуктивности растений, чему подчинен выбор приемов выращивания, технических и технологических средств культивационного сооружения. Широко распространенная периодизация развития светокультуры, опирающаяся на появление и совершенствование новых типов источников света, так же целиком укладывается в рамки традиционной парадигмы [4, 5].

К настоящему времени среди исследователей все большее применение находит системный подход, согласно которому светокультура рассматривается как искусственная биоэнергетическая система (ИБЭС). В зарубежной литературе применяется понятие закрытая производственная система (*closed plant production system, CPPS*), относимое преимущественно к сити-фармингу. В рамках этого подхода рассматривают потоки основных ресурсов: воды, электрической и тепловой энергии, ОИ, питательных веществ. Для каждого компонента определяют эффективность использования ресурса (*resource use efficiency, RUE*). Разработан математический аппарат, который позволил выявить большую ресурсную эффективность сити-ферм по сравнению с традиционными теплицами [6].

Таким образом, на наших глазах зарождается новая парадигма светокультуры. Так, исследователи Вагенингенского университета (Нидерланды), работая в рамках программы «Het Nieuwe Telen» («Новое культивирование») заявляют о ее преобразующем влиянии на традиционную светокультуру. Цель программы заключается в том, что бы доказать возможность экономической эффективности тепличного производства при его климатической нейтральности (т.е. экологичности). Новая парадигма светокультуры означает управление урожайностью выращиваемых растений соответственно складывающимся рыночным условиям, оптимизацию эффективности использования ресурсов, снижение воздействия на окружающую среду в целях получения экологически чистой и ответственно произведенной продукции [7]. Основные принципы Het Nieuwe Telen включают прецизионное культивирование, климат-контроль и принятие решений на основе данных. Использование современных систем мониторинга позволяет отслеживать и регулировать параметры среды выращивания, внося целенаправленные вмешательства и корректировки. Интеграция научных знаний отдельных дисциплин (физиологии и защиты растений, генетики) позволяет повысить устойчивость сельскохозяйственных культур, минимизировать заболеваемость и максимизировать качество продукции [8].

Светокультура является одним из видов оптических электротехнологий (ОЭТ). В них энергетическое действие ОИ используется для облучения животных, птицы, растений. Энергоемкость этих процессов весьма высока [9]. Анализ технологической схемы облучения позволяет добиться повышения энергетической эффективности ОЭТ [10]. Растущий в последние годы интерес к энергоэффективности технологических процессов, в том числе ОЭТ, диктует необходимость учета вопросов экологичности [11]. Интенсивная хозяйственная деятельность человека и экономический рост приводит к серьезному увеличению загрязнения окружающей среды. Воздействие человека на экосистему проявляется в том числе в активном потреблении энергии, что является причиной дополнительного загрязнения окружающей среды [12].

Вопросам энергосбережения и экологии в различных областях научной и практической деятельности, а так же их взаимосвязи, всегда уделялось большое внимание в работах отечественных и зарубежных исследователей. К настоящему времени созданы инструментариум для оценки влияния проектов энергосбережения на окружающую среду, что позволяет провести сравнительный анализ экологической нагрузки производств на окружающую среду и определить мультипликативный эффект от реализации энергосберегаю-



щих проектов [13]. Большое внимание уделяется разработке технических решений сооружений для производства растениеводческой продукции, обеспечивающих как энергетическую эффективность их функционирования, так и качество получаемой продукции [14].

**Объект исследования** – научная деятельность и факторы научной продуктивности специализированной лаборатории ЭЭС института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП). **Цель работы** – раскрыть плодотворность парадигмы энергоэкологического подхода к светокультуре в получении научного знания на стыке соответствующих предметных областей в научной деятельности лаборатории ЭЭС.

**История лаборатории.** Научная школа ИАЭП имеет богатую традицию работы в этих областях [15]. Еще в 1948 году в Ленинградском филиале ВИЭСХ, вошедшем затем в Северо-Западный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, была создана лаборатория применения электроэнергии в сельском хозяйстве (ПЭЭСХ). С 1958 по 1963 год лаборатория входила в состав отдела электрификации сельского хозяйства Северо-Западного отделения Всероссийского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства (СЗО ВНИИМЭСХ). При преобразовании последнего в Научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Северо-Запада (НИИМЭСХ СЗ) лаборатория была выделена в самостоятельную структурную единицу.

После 1962 года, наряду с бюджетной тематикой, лаборатория ПЭЭСХ выполняла большой объем хозяйственных работ с Агропроминформ Госагропрома СССР, ЦЭКТБ "Промтеплица" Госкомсельхозтехники СССР, Минприбором, Минэлектронпромом, Мингазпромом по созданию микропроцессорных систем управления, комплексов и технологического оборудования для автоматизации теплиц и оптимизации технологических процессов в овощеводстве защищенного грунта. При лаборатории была построена зимняя теплица, которая служила универсальным экспериментальным полигоном для проведения поисковых исследований по вопросам автоматизации технологических процессов в овощеводстве защищенного грунта. В составе лаборатории была создана группа моделирования технологических процессов сельскохозяйственного производства.

К концу 90-х годов лаборатория продолжала исследования по энергоресурсосбережению в овощеводстве защищенного грунта на основе автоматизации технологических процессов, рационального использования возобновляемых источников в сочетании с традиционными видами энергии.

Созданная за многие годы материально-техническая база и накопленный научный потенциал позволили научным сотрудникам лаборатории на достаточно высоком уровне решать сложные научно-технические задачи и способствовать успешной работе тепличной отрасли [16]. Так, исследования профессора В.Н. Карпова заложили методическую основу анализа искусственной энергетической системы (ИЭС), каковой является культивационное сооружение. Пожалуй, впервые в сельскохозяйственной энергетике изучению подверглось не устройство оборудования и принципы его действия (традиционный подход в средне-специальном и высшем техническом образовании), а достигнутая степень и возможные перспективы энергоэффективности энерготехнологических процессов (ЭТП) [17]. А. Ф. Эрк предложил для выбора источника энергоснабжения путем минимизации полученных вариантов использовать единый критерий, учитывающий как экономическую, так и экологическую составляющие при определении общего эффекта. Введенный им в практику коэффициент энергоэкологичности определяется как произведение стоимости полученной энергии на объем удельных выбросов загрязняющих веществ [18]. В работах В. И. Бровцина с соавторами предложены методы анализа энергоэффективности сельскохозяйственных предприятий и прогноза их энергопотребления [19]. Труды В. Н. Судаченко посвящены как общим вопросам развития светокультуры, так и частным приемам совершенствования технологии выращивания овощей защищенного грунта [20].

В последнее время в ИАЭП большое внимание уделяется вопросам управления экологической безопасностью агроэкосистем, разрабатываются экологически безопасные, ресурсосберегающие технологии и технические средства, методы экологической оценки агроэкосистем, основанные на эффективном использовании энергетических, водных и других ресурсов [21, 22].

В 2016 г. функционирующая в течение многих лет лаборатория ПЭЭСХ была трансформирована в лабораторию энергоэкологии светокультуры (ЛЭЭС), работы которой стали естественным продолжением и важной частью исследований, проводимых в ИАЭП [23]. Цель организации лаборатории – проведение научных исследований, теоретическая разработка и практическое внедрение инновационных ОЭТ. Первоочередными задачами деятельности лаборатории стали оптимизация параметров технологического процесса облучения (ТПО) растений в искусственных условиях, повышение продуктивности выращиваемых культур, снижение энергоемкости, обеспечение экологических решений.

**Материалы и методы.** Работа выполнена на основе анализа публикаций ЛЭЭС в открытой печати, внутренних материалов с использованием исторических и аналитических методов, а так же методов наукометрии. Хронологическими рамками данного исследования являются 2012 – 2022 гг. Начало этого десятилетнего периода совпадает с приходом в институт на должность заведующего лабораторией автора данной статьи, окончание – с реформированием структуры института. При анализе научной активности лаборатории в рамках общей парадигмы энергоэкологического подхода выделено восемь основных направлений исследований.

Наукометрические исследования проводили с использованием баз данных информационно-аналитического портала eLibrary по состоянию на октябрь 2023 г. По каждому анализируемому году сформировали общий список сотрудников, внесенных в базы данных eLibrary и аффилированных с институтом. Для каждого сотрудника из полученного списка вычисляли его авторские доли в публикациях, в которых он участвовал. По сумме всех долей определяли публикационную активность лаборатории и ИАЭП в целом в текущем году. При анализе учитывали привязанные патенты, статьи в журналах и сборниках, включенные в РИНЦ, в которых сотрудник выступал в роли автора.

**Результаты и обсуждение.** Анализ литературных источников, результатов диссертационных исследований по затрагиваемому кругу проблем показал, что в светокультуре как разновидности ИБЭС комплексный подход к описанию протекающих на ее различных уровнях иерархии биологических, химических, физических процессов, физиологических и генетических механизмов регуляции роста и развития растений реализован недостаточно.

Для перехода на новую парадигму светокультуры необходимо рассмотрение фундаментальных закономерностей процессов переноса субстанции (вещества и энергии) в ИБЭС. Повышение энергоэкологичности светокультуры подразумевает снижения энергоемкости и степени воздействия на окружающую среду технологических процессов в культивационных сооружениях в ИБЭС. Такой новый парадигмальный подход позволит создать частные методики анализа и синтеза технологии светокультуры.

В светокультуре даже малое воздействие излучением в физиологически активных спектральных диапазонах, позволяющее добиться *энергоэффективности* в применении этой ОЭТ, влияет на рост и развитие растений. Такое фотонное управление дает возможность использовать тонкие квантовые эффекты взаимодействия ОИ с биообъектами. Системный подход с учетом современных методов биофотоники позволяет управлять светокulturой на ее отдельных иерархических уровнях с целью повышения *экологичности* выращиваемой продукции. Комплексный подход к оптимизации светокультуры с точки зрения повышения как энергоэффективности, так и экологичности является сутью *энергоэкологии* светокультуры как научного направления. Использование такого подхода является современной междисциплинарной тенденцией [24].

Существует и достаточно широко распространена точка зрения, что термин «*экология*» и другие связанные с ним понятия относятся исключительно к исследованию качества окружающей среды. Такой подход, называемый так же «природоохранный» или «загрязняюще-ресурсный», основан прежде всего на учете ПДК загрязняющих веществ и актуален при оценке экологической устойчивости и безопасности [25]. В международной практике наука об изучении окружающей среды и ее состояния называется «*environmental sciences*». Вторым подходом к термину «*экология*» является учет структуры, направленности и интенсивности потоков субстанции в экосистеме, при котором становится возможность выявить лимитирующие факторы получения органического вещества как первичной продукции фотосинтеза. Международным термином для этой области знания является «*ecology*», обозначающий экологию как классическую биологическую науку [26].

ЭЭС предложено считать междисциплинарную область научного знания, находящуюся на стыке естественных, технических и биологических наук, так и как инженерная экология, экофизиология растений, традиционная светокультура. В рамках парадигмы энергоэкологического подхода объектом исследований ЭЭС как отдельного научного направления является ИБЭС культивационного сооружения и включающая, наряду с техническими, биологические объекты (растения). Предмет исследований – закономерности формирования, преобразования и использования потоков вещества и энергии в ИБЭС, рассматриваемые в рамках иерархической информационной модели, учитывающей параметры технических и биологических объектов, а критерием оптимизации процессов является энергоэкологичность.

Таблица – Научные работы, выполненные в ЛЭЭС по госзаданию  
Table – Scientific studies carried out at EEN laboratory under government orders

| Год /<br>Year | Название темы госзадания / Title of the topic of the state assignment                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2012          | Теоретические основы энергетического анализа технологического процесса облучения растений и методика оперативной оценки энергоэффективности потока оптического излучения в условиях интенсивной светокультуры / Theoretical foundations of Energy Analysis of the technological Process of Plant Irradiation and the method of operational assessment of the energy efficiency of the optical radiation flux under conditions of intensive light culture |
| 2013          | Математическая модель параметров поля светодиодных излучателей в интенсивной светокультуре сооружений защищенного грунта / Mathematical model of led emitters' field parameters in intensive light culture of protected ground structures                                                                                                                                                                                                                |
| 2014          | Закономерности распределения потоков энергии при использовании оптического излучения в светокультуре / Regularities of energy flux distribution in the use of optical radiation in light culture                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 2015          | Математическая модель баланса потоков вещества и энергии при использовании оптического излучения в искусственной биоэнергетической системе культивационного сооружения / Mathematical model of the balance of matter and energy flows in the use of optical radiation in an artificial bioenergetic system of a cultivation facility                                                                                                                     |
| 2016          | Математическая модель энергоэффективности светокультуры овощной продукции в искусственной биоэнергетической системе культивационного сооружения / Mathematical model of energy efficiency of light culture of vegetable products in an artificial bioenergetic system of a cultivation facility                                                                                                                                                          |
| 2017          | Методика интегральной оценки энергоэкологичности светокультуры по флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков для овощных культур / Methodology for integral assessment of energy ecology of light culture by fluctuating asymmetry of bilateral traits for vegetable crops                                                                                                                                                                         |
| 2018          | Математическая модель зависимости показателей энергоэкологичности светокультуры для различных условий световой среды / Mathematical model of the dependence of indicators of energy ecology of light culture for different conditions of the light environment                                                                                                                                                                                           |
| 2019          | Научные основы и метод оценки спектрального состава источников излучения для повышения энергоэффективности и экологичности светокультуры / scientific basis and method for estimating the spectral composition of radiation sources to improve energy efficiency and environmental friendliness of light culture                                                                                                                                         |
| 2020          | Метод оценки качества облучения по содержанию пигментов в листе растения и устройство для его реализации / A method for assessing the quality of irradiation by the content of pigments in a plant leaf and a device for its implementation                                                                                                                                                                                                              |
| 2021          | Цифровая модель растения и средства контроля энергоэкологичности в светокультуре / Digital plant model and means of controlling energy ecology in light culture                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 2022          | Методы и средства биоиндикационной оценки состояния агроэкосистем в растениеводстве / Methods and means of bioindication assessment of the state of agroecosystems in crop production                                                                                                                                                                                                                                                                    |

В процессе функционирования ЛЭЭС на различных этапах перед ней ставился широкий круг задач. В течение анализируемого периода времени перечень выполненных в лаборатории по госзаданию тем приведен в таблице.

При наукометрическом анализе выделено восемь направлений, по которым наблюдалась наибольшая публикационная активность лаборатории: I. Энергосбережение и энергоэффективность тепличных облучательных установок и АПК в целом; II. Фитооблучатели

и тепличные облучательные установки; III. Приборное обеспечение. Метрология; IV. Профессионально-ориентированная технология обучения энергосбережению; V. Экспериментальная светокультура; VI. Свойства растений как элементов экосистемы. Стабильность развития. Биоиндикация; VII. Прикладная теория энергосбережения в энерготехнологических процессах. Искусственная биоэнергетическая система; VIII. Энергоэкология светокультуры. Энергоэкологичность. Энергоэкоаудит.

Широкий диапазон поставленных задач predetermined выбор методов исследований. Теоретические исследования велись путем моделирования характеристик растений, технических и технологических средств как структурных элементов ИБЭС. Экспериментальные исследования проводили в лабораторных условиях с проверкой результатов на производстве.

Энергосбережение считается одной из важнейших отраслевых проблем в АПК [27]. Ее решению, особенно в сельскохозяйственных ИБЭС, в тематике научных исследований ЛЭЭС всегда уделялось большое внимание. Процесс преобразования энергии предложено моделировать с помощью типовых виртуальных энергетических блоков (ВЭБ), совокупность которых образует ТПО. Оценка эффективности преобразования энергии на каждом этапе производится по единому критерию – энергоёмкости.

Известно, что особенности протекания процессов в живых организмах под воздействием ОИ predetermined невысокую эффективность использования энергии [28]. Разработаны методики энергетического анализа для типовых ВЭБ и ТПО в целом, что позволяет численно определить эффективность различных энергосберегающих мероприятий (ЭСМ) (Ракутько С. А., Ракутько Е. Н. Моделирование и численный анализ энергоэкологичности светокультуры // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. № 3. С. 11-17).

В лаборатории создан ряд облучателей, обеспечивающих растения потоком ОИ необходимого качества. Так, разработан светодиодный корректор спектра, дополняющий излучения натриевых ламп в дефицитных диапазонах спектра (Пат. РФ №2725003, опубл. 29.06.2020). Созданный корректор апробирован в промышленной теплице при выращивании томата (рисунок 1).



Рисунок 1 – Испытания гибридной облучательной установки в теплице Межвиди (Латвия)  
Figure 1 – Tests of a hybrid irradiation installation in the Mezhhvidi greenhouse (Latvia)

Экспериментально подтверждено, что применение такой гибридной облучательной установки улучшает биометрические параметры растений, что приводит к большей урожайности и повышенным вкусовым качествам (Ракутько С. А., Ракутько Е. Н., Аюпов М. Р. Применение комбинированного облучения в светокультуре // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. № 2. С. 46-52).

Внедрение новейших информационных автоматизированных систем управления на основе оперативно получаемой информации о состоянии выращиваемых растений является важной составной частью ЭСМ [29]. Разработка метрологической базы всегда являлась акту-



альным направлением работ ЛЭЭС. Создан ряд портативных приборов для определения оптических свойств листа, частности, измеритель цвета (Пат. РФ №207344, опубл. 11.05.2021) и листовой фотоколориметр (Пат. РФ №199305, опубл. 26.08.2020) (рисунок 2). Оптическая схема измерителя цвета позволяет по отдельности измерять отражающие свойства листа растения при его освещении белым светом в синем, зеленом и красном диапазонах.



Рисунок 2 – Измеритель цвета (слева) и листовой фотоколориметр (справа)  
Figure 2 – Color meter (left) and leaf photocolorimeter (right)

Известно, что пигментный состав растений не только влияет на количество поглощенного листом излучения, но и определяет оптические свойства листа, свидетельствующие о функциональном состоянии растения [30]. В листовом фотоколориметре с помощью светодиодов, излучающих в различных диапазонах длин волн, формируют поток излучения, падающий на лист растения. Величину пропущенного потока измеряют неселективным приемником. Найденные значения коэффициентов отражения и пропускания выводят на индикатор, записывают на SD карту, а так же могут быть переданы по Bluetooth на внешние устройства. Приборы работают под управлением Arduino (Ракутько С. А., Ракутько Е. Н., Васькин А. Н. Листовой фотоколориметр – устройство для измерения оптических свойств листьев растений // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2020. № 1 (34). С. 15-24).

Из других разработок лаборатории в области приборного обеспечения и метрологии следует отметить комплекс технических и программных средств для измерения параметров источников света, методику их аттестации, установку для фотометрирования кроны растений (Пат. РФ 219511, опубл. 21.07.2023), метод оценки полезности и анализатор качества спектра (Пат. РФ №160900, опубл. 10.04.2016) потока ОИ в светокультуре, рабочее место для проведения экспериментов по фотобиологии растений и ряд других технических решений.

Апробация разработанных приборов показала широкие возможности их применения как в практике светокультуры, так и в экологическом мониторинге агроэкосистем.

В 2012 г при лаборатории был организован филиал кафедры Систем инженерного проектирования и энергообеспечения, входящей в состав института технических систем, сервиса и энергетики СПбГАУ. На занятиях со студентами и аспирантами свое широкое развитие получили идеи проф. В. Н. Карпова о необходимости особого внимания к анализу энергетики сельскохозяйственных электротехнологий. Важнейшим научным результатом, полученным в этой области, явилось обоснование необходимости выделения компетентности принятия энергосберегающих проектных решений (ПЭПР-к). Становление каждого компонента ПЭПР – компетентности (мотивационно-ценностного, когнитивного, деятельностного, рефлексивно-оценочного) связано с формированием его характеристик и свойств как части целостной системы. Методы категориального анализа и синтеза позволили обосновать феноменологию ПЭПР-к агроинженера (рисунок 3).

Предложен подход к формированию ПЭПР-компетентности средствами группового проектного творческого обучения. Предложен и апробирован способ обучения энергосбережению (заявка 2013146344/12, опубл. 2015.04.27) и способ оценки эффективности процесса обучения (заявка 2011152094/12, опубл. 2013.06.27).

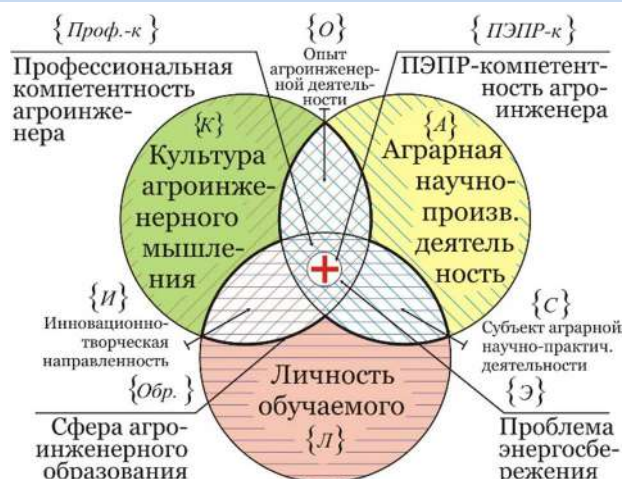


Рисунок 3 – Терминологическое пространство понятия ПЭПР – компетентности  
Figure 3 – Terminological space of the concept of PEPR – competence

Способ обучения осуществляется с помощью предложенной информационной системы обучения энергосбережению (ИСОЭ). Его методической основой является разработанная профессионально ориентированная технология обучения энергосбережению (ПОТОЭ) (Rakutko S.A. Some experience in energy saving training within agricultural engineering education. В сборнике: *Engineering for Rural Development. Ser. "13th International Scientific Conference on Engineering for Rural Development – Proceedings"* 2014. С. 577-582).

Результаты апробированы в ряде вузах страны (Дальневосточный ГАУ, Мордовский ГУ, Мурманский ГУ), на курсах повышения квалификации "Обучение в области энергосбережения и энергетической эффективности", г. Уфа, 2013 г.

Важной составляющей экспериментальных исследований, проводимых в лаборатории, является определение сравнительной эффективности применения источников излучения различных типов (люминесцентные, натриевые, индукционные лампы, светодиоды различного спектрального состава) при выращивании рассады томата (*Solanum Lycopersicum*), огурца (*Cucumis Sativus*) и ряда других культур. Изучено влияние спектрального состава на выгонку листьев петрушки (*Petroselinum Tuberosum*). Изучено влияние параметров световой среды на пигментный состав листа растения. Исследовали зависимость биометрических показателей салата (*Lactuca Sativa L.*) от уровня облученности и фотопериода. Изучено влияние спектрального состава излучения на энергоэффективность продукционного процесса растений в светокультуре. Уточнены пределы действия проявления закона взаимозаместимости (Бунзена-Роско) в светокультуре.

Математическое моделирование растений является неременным элементом экспериментов по светокультуре, проводимых в лаборатории. Изучена пространственная структура кроны растений, создана натурная модель растения (Пат. РФ №215539, опубл. 16.12.2022). От изучения отдельных показателей растения при действии на них ограниченного количества факторов, лаборатория вплотную подошла к созданию цифрового двойника (*digital twin*) растения как виртуального объекта, отображающего реальное растение в физическом пространстве (Ракутько Е. Н., Ракутько С. А., Мишанов А. П., Маркова А. Е. Цифровой двойник растения в светокультуре на примере перца (*Capsicum Annuum L.*) в рассадный период // *АгроЭкоИнженерия*. 2021. № 3 (108). С. 13-33).

Интересные результаты были получены при исследовании филлотаксиса (расположения листьев на стебле), являющегося важной морфологической характеристикой растения. Для растений перца показано, что отклонение параметров филлотаксиса может являться важным показателем при оценке влияния факторов внешней (в том числе световой) среды на растения.

Наряду со стандартными параметрами растений, традиционно измеряемых исследователями в светокультуре, в лаборатории впервые был использован подход, хорошо рекомендовавший себя при биоиндикации агроэкосистем на листьях древесных растений –

определение стабильности развития растений по флуктуирующей асимметрии (ФА) билатеральных признаков (БП). Это подход широко развит для геометрических БП морфологических структур растений [31]. Исследования, проведенные в лаборатории, показали возможность включения в состав БП оптических признаков (оптическая плотность, цвет участка поверхности, его спектральные коэффициенты отражения и т.д.), что позволяет проводить биоиндикацию окружающей среды неразрушающим способом.

Выявлена взаимосвязь ФА и продуктивности ряда растений в зависимости от параметров световой среды, что позволяет принять этот показатель как критерий оценки качества облучения в светокультуре, ее эффективности и экологичности. На ряде частных случаев экспериментально показано, что меньшим значениям ФА (большей стабильности развития растений) соответствует большая эффективность светокультуры. Предложено использовать данные о стабильности развития растений в условиях светокультуры для комплексной оценки качества световой среды, создаваемой источниками излучения, что позволяет оптимизировать выбор последних (Пат. РФ №2724546, опубл. 23.06.2020).

Разработан способ определения стабильности развития (Пат. РФ № 2752953, опубл. 11.08.2023), основанный на оценке ФА вегетационных индексов, вычисляемых для точек поверхности листа, характеризующихся одинаковыми условиями расположения относительно границы его левой и правой половин на основе данных, получаемых гиперспектральной камерой.

Использование приемов морфо-цветометрии, дополненных математическим методом анализа главных компонент позволило разработать методику биоиндикационной оценки состояния агроэкосистемы в органическом производстве растениеводческой продукции.

На основе разработанных частных методик в ЛЭЭС создана феноменологическая прикладная теория энергосбережения в энерготехнологических процессах (ПТЭЭТП). Предложена концепция ИБЭС и ее иерархическая информационная модель (Пат. РФ № 2562421, опубл. 10.09.2015), учитывающую потоки субстанции в системе.

В ранних работах лаборатории вопросы экологии рассматривались сопутствующими энергосбережению как фактору экологической безопасности. Они основывались на констатации положения, что экологичность технологического процесса прямо связана с его энергоэффективностью. В дальнейшем был предложен ряд частных моделей энергоэкологичности (упрощенная, мультипликативная, совокупная, дифференциальная, многомерная), в рамках каждой из них дана своя интерпретация данному понятию, которой соответствует свой способ ее контроля (Ракутько Е. Н., Васькин А. Н., Мишанов А. П., Маркова А. Е. Модели, методы и средства контроля энергоэкологичности в светокультуре: аналитический обзор // *АгроЭкоИнженерия*. 2021. №1 (106). С. 25-50.).

Достигнутый уровень теоретических воззрений позволил по новому подойти к практическим приемам осуществления ЭСМ в светокультуре.

На основе одной из частных моделей предложен способ энергоэкоаудита (комплексного энергоэкологического обследования) светокультуры (рисунок 4). При его проведении фиксируют параметры светокультуры, динамику изменения фотонной облученности, дозы фотонного потока ОИ и содержания сухого вещества. Об уровне энергоэкологичности светокультуры судят по форме кривой годографа, построенного в координатах приращений массы сухого вещества, накопленного в листьях растения и дозы фотонного потока ОИ, потребленной растением в течение периода выращивания (Пат. РФ № 2645975, опубл. 28.02.2018). Результатом исследований ЛЭЭС в этом направлении стала концепция наилучших доступных технологий светокультуры (НДТС).

Разработки лаборатории демонстрировались на ВДНХ «Золотая Осень» (г. Москва): «Анализатор качества спектра потока оптического излучения в светокультуре», 2016 г; «Система управления энергоэкологичностью светокультуры», 2017 г; «Способ энергоэкоаудита светокультуры», 2018 г, а так же на выставках «АгроРусь» (г. Санкт-Петербург): «Научные основы и технические решения энергоэкологии светокультуры», 2016 г; «Экономичный фитосветильник для выращивания экологически чистой зелени и рассады», 2017 г; «Светодиодный корректор спектра для энергоэкологичной системы комбинированного облучения растений», 2018 г; «Тест-система энергоэкологичности светокультуры», 2019 г; «Листовой фотокolorиметр», 2021 г; «Измеритель цвета», 2022; «Энергоэкологичная адаптивная система тепличного облучения», 2023 г.





Рисунок 4 – Проведение энергоэкоаудита светокультуры в тепличном комбинате  
Figure 4 – Conducting an energy and environmental audit of light culture in a greenhouse plant

Наиболее интересные результаты докладывались и обсуждались на научных конференциях Lux Pacifica; CIOSTA; Инновационные технологии в науке и образовании (ИТ-НО); Агроинфо; Engineering for Rural Development, Латвия; Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики, Саранск; на вузовских конференциях Брянского ГАУ, Мурманского ГТУ, Санкт-Петербургского ГАУ и многих других.

Совместно с Ботаническим институтом РАН лаборатория участвовала в онлайн экспозиции России – страны Почетного гостя CIEP2020 с научно-техническим проектом «Создание платформы фенотипирования растений на основе искусственного интеллекта и цифровых технологий». По итогам мероприятий получено Благодарственное письмо от Международного союза приборостроителей и специалистов по информационным и телекоммуникационным технологиям. Подписано соглашение о совместной научной деятельности в области тепличного растениеводства с Синцзянской академией наук (г. Урумчи, КНР).

На базе Рижского технического университета, г. Рига, в кооперации с Латвийским сельскохозяйственным университетом, г. Елгава, сотрудники лаборатории вели работу по европейскому гранту «New control methods for energy and ecological efficiency increase of greenhouse plant lighting systems (uMOL)», Grant Agreement Nr. 1.1.1.1/16/A/261.

Производственные эксперименты проводили в теплицах агрохолдинга «Выборжец», Санкт-Петербург; тепличном комплексе «Круглый год», Пикалево; в лаборатории аэропного выращивания картофеля ГАУ НПЦ «Моссепродтехкартофель», г. Москва; в тепличном комбинате «Межвиди», ООО «Latgales Darzenu Logistika», Латвия. Научные разработки лаборатории внедрены на ряде отечественных предприятий: НПО «ПсковАгроИнновации»: ООО «Тенко»; ООО «ЦентрРегионСервис».

На рисунке 5 показана динамика количества публикаций ЛЭЭС по их видам. Анализ графиков говорит о стабильной публикационной активности коллектива лаборатории. Максимальные значения показатели приобретают в 2015-2017 гг. Такое экстенсивное увеличение можно объяснить зарождением и формированием новой парадигмы энергоэкологического подхода. По видам публикации (средние значения за весь период) основную долю занимают статьи в научных журналах (55%), статьи в сборниках (33%) и, наконец, патенты (13%). Видно перераспределение направления усилий лаборатории: если в начальный период количество публикаций в сборниках стабильно превышало их количество в журналах, то в дальнейшем журнальные публикации стали превалировать (до 70% от общего количества за год). Права на РИД (патенты, полезные модели, программы на ЭВМ и базы данных) оформлялись в среднем на 2,6 единиц научной продукции в год.

Сопоставление преобладающего количества публикаций из отдельных направлений исследований с темой госзадания показывает, что не всегда имеется корреляция. Это говорит о том, что в лаборатории традиционно велика доля поисковых исследований, проводимых параллельно с утвержденной темой календарного года.



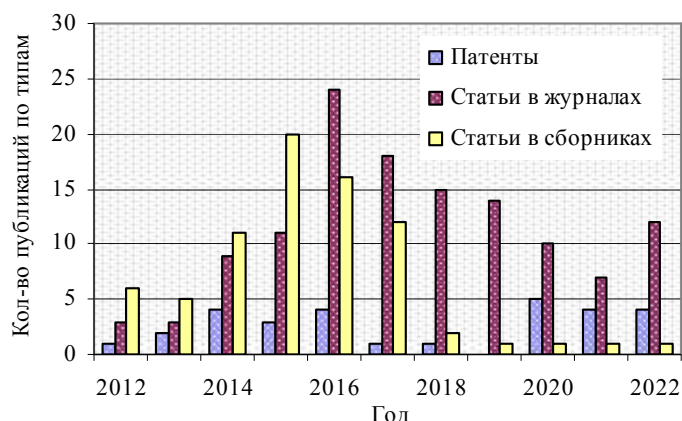


Рисунок 5 – Динамика количества публикаций ЛЭЭС по их видам  
Figure 5 – Dynamics of the number of EEN laboratory's publications by their types

На рисунке 6 представлено перераспределение доли количества публикаций ЛЭЭС между отдельными направлениями исследований по годам анализируемого периода (от общего количества публикаций в текущем году).

Анализ динамики показывает, что в различные годы фокус научной деятельности лаборатории смещался на различные научные направления. Так, в течение всего анализируемого периода вопросы, посвященные энергосбережению и энергоэффективности тепличных облучательных установок и АПК в целом, расчету и конструированию фитооблучателей и тепличных облучательных установок, приборному обеспечению и метрологии занимают относительно небольшую, но стабильную долю (в целом 25% по направлениям I – III). Вопросы обучения энергосбережению (направление IV) после 2015 г. не представлены в публикациях лаборатории. Экспериментальные исследования по светокультуре (направление V) начиная с 2015 г., с формированием материально-технической базы, стабильно занимают существенную долю в публикационной активности. Начиная с 2016 г., в трудах лаборатории начинают появляться публикации по вопросам стабильности развития растений в агроэкосистеме и биоиндикации (направление VI). Сначала в рамках поисковых работ, а с 2017 г. и по госзаданию, это направление находит все большее отражение в публикационной активности лаборатории, выходя на первое место.

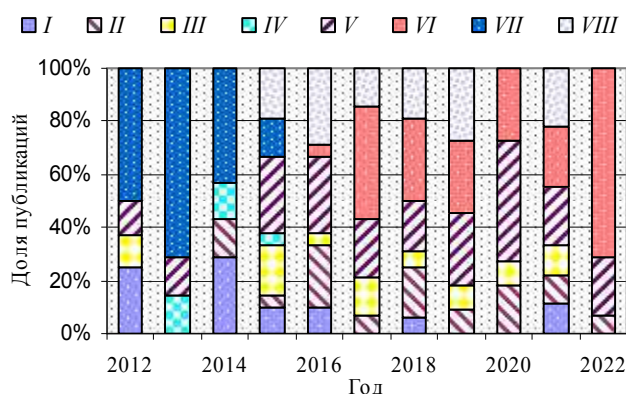


Рисунок 6 – Динамика доли количества публикаций ЛЭЭС по отдельным направлениям исследований  
Figure 6 – Dynamics of the share of the number of EEN laboratory's publications in certain areas of research

Одновременно наблюдается спад публикационной активности по направлению теоретическим вопросам энергосбережения в ЭТП (направление VII). Если в начале анализируемого периода доля таких работ составляла 40-50%, то после 2017 г. публикаций по этой тематике практически нет. Начало публикационной активности по вопросам энергоэкологичности и энергоэкоаудита (направление VIII) привязано к 2015 г., когда в основных чертах была сформулирована парадигма энергоэкологического подхода в светокультуре. В дальнейшем около 20% публикаций посвящено этим вопросам.

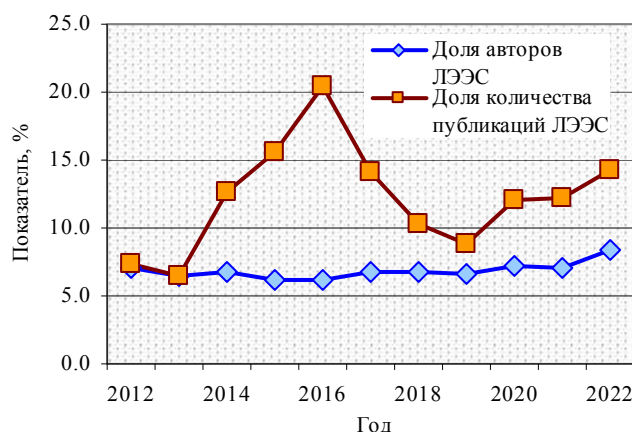


Рисунок 7 – Динамика доли авторов и количества публикаций ЛЭЭС  
Figure 7 – Dynamics of the fraction of authors and the number of publications by EEN laboratory

На рисунке 7 показана динамика доли количества авторов – сотрудников ЛЭЭС и доли произведенной ими научной продукции (публикаций) в сравнении с показателями по ИАЭП в целом.

За анализируемый период количество публикующихся сотрудников в ЛЭЭС (в среднем 4 научных сотрудника) и ИАЭП (в среднем около 58 сотрудников) было довольно постоянным, т.е. доля авторов ЛЭЭС от ИАЭП в целом составляла в среднем 6,8%. Количество же публикаций, приходящихся на лабораторию, в отдельные годы существенно превышает эту долю. Максимум составляет 20% в 2016 г., в среднем за анализируемый период этот показатель составляет 12,2%. Можно констатировать, что плодотворная концепция энергоэкологического подхода к светокультуре позволила не только сделать существенный вклад своей научной составляющей, но и обеспечить опережающие публикационные показатели научного коллектива лаборатории.

**Закключение.** Таким образом, ИАЭП сыграл важную роль в формировании и развитии ЭЭС как научного направления, предоставляя платформу для проведения исследований. Организация специализированной лаборатории ЭЭС как научного и экспертного центра явилось адекватным ответом руководства ИАЭП на современные вызовы по повышению энергоэффективности и экологичности в тепличной отрасли. Выявлено, что научная школа института имеет богатую традицию работы в этих областях. Созданная за многие годы материально-техническая база и накопленный научный потенциал позволяет лаборатории на достаточно высоком уровне решать сложные научно-производственные задачи в области светокультуры.

Научной основой тематики ЛЭЭС стала парадигма энергоэкологического подхода, при котором на первое место выходит управление энергоэкологичностью светокультуры путем оптимизации параметров ТПО растений в искусственных условиях, повышение продуктивности выращиваемых культур, снижения энергоемкости, обеспечение экологических решений. Объектом исследований ЭЭС как отдельного научного направления является ИБЭС, предмет исследований – закономерности формирования, преобразования и использования потоков вещества и энергии в ИБЭС. Конечным выходом исследований является создание НДТС.

Выявлено, что основными научными направлениями ЛЭЭС являются: I. Энергосбережение и энергоэффективность тепличных облучательных установок и АПК в целом; II. Фитооблучатели и тепличные облучательные установки; III. Приборное обеспечение, метрология; IV. Профессионально-ориентированная технология обучения энергосбережению; V. Экспериментальная светокультура; VI. Свойства растений как элементов экосистемы, стабильность развития, биоиндикация; VII. Прикладная теория энергосбережения в энерготехнологических процессах, искусственная биоэнергетическая система; VIII. Энергоэкология светокультуры, энергоэкологичность, энергоэкоаудит.

Наукометрический анализ публикационной активности показал, что лаборатория ЭЭС по публикационной активности занимает заметное положение среди других научных подразделений института. Ее роль в формировании научного имиджа института весьма значительна. В последнее время основным местом публикации результатов исследований (до 70%) являются рейтинговые научные журналы. Плодотворная концепция энергоэкологического подхода к све-

токультуре позволила не только сделать существенный вклад своей научной составляющей, но и обеспечить опережающие публикационные показатели научного коллектива лаборатории. За десятилетие работы в этом направлении сотрудниками лаборатории опубликовано более 200 научных работ, получено 29 патентов на изобретения и полезные модели, результаты практических разработок удостоины 11 золотых медалей на выставках ВДНХ и АгроРусь.

**Conclusions.** Thus, the IEEP played an important role in the formation and development of EEH as a scientific direction, providing a platform for research. The organization of a specialized EPH laboratory as a scientific and expert center was an adequate response of the IEEP management to modern challenges in increasing energy efficiency and environmental friendliness in the greenhouse industry. It was revealed that the scientific school of the institute has a rich tradition of work in these areas. The material and technical base created over many years and the accumulated scientific potential allows the laboratory to solve complex scientific and production problems in the field of horticulture at a fairly high level.

The scientific basis for the topic of EEH laboratory has become the paradigm of the energy-ecological approach, in which the first place comes to the management of the energy-ecological friendliness of light crops by optimizing the parameters of plant TPO in artificial conditions, increasing the productivity of cultivated crops, reducing energy intensity, and providing environmentally friendly solutions. The object of research on EEH as a separate scientific direction is IBES, the subject of research is the patterns of formation, transformation and use of matter and energy flows in IBES. The final outcome of the research is the creation of BATs of horticulture.

The main scientific directions of EES laboratory are: I. Energy saving and efficiency; II. The designing of phytoirradiators, greenhouse irradiation installations; III. Instrumentation and metrological practices; IV. Developing a teaching technology of energy saving for professionals; V. Setting up special experiments in greenhouse horticulture; VI. Identifying the properties of plants as elements of an ecosystem, their developmental stability, bioindication issues; VII. Applied theory of energy saving, artificial bioenergy system; VIII. Energy and eco-friendliness of greenhouse horticulture, energy and ecological auditing.

A scientometric analysis of publication activity showed that the EEH laboratory occupies a prominent position among other scientific departments of the institute in terms of publication activity. Its role in shaping the scientific image of the institute is very significant. Recently, the main place for publishing research results (up to 70%) are ranking scientific journals. The fruitful concept of the energy-ecological approach to horticulture allowed not only to make a significant contribution from its scientific component, but also to ensure leading publication indicators for the laboratory's scientific team. Over the decade of work in this direction, the laboratory staff published more than 200 scientific papers, received 29 patents for inventions and utility models, the results of practical developments were awarded 11 gold medals at the VDNKh and AgroRus exhibitions.

#### Библиографический список

1. Janick J. The origins of horticultural technology and science. *Acta Hort.* 2007. V. 759. Pp. 41-60.
2. Bailey L. H. The standard cyclopedia of horticulture. New York, Macmillan. 1914.
3. Кун Т. Структура научных революций. М.: АСТ, 2020. 341 с.
4. Wheeler R. M. A Historical Background of Plant Lighting: An Introduction to the Workshop. *Hortscience*. 2008. V. 43 (7). Pp. 1942-1943.
5. Будаговский А. В., Будаговская О. Н. Краткая история агрофотоники. *Наука и Образование*. 2021. Т. 4. № 3.
6. Kozai T., Niu G. Plant factory as a resource-efficient closed plant production system. In *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*. Amsterdam: Academic Press, 2020. Pp. 93-115.
7. Het Nieuwe Telen. <https://www.kasalsenergiebron.nl/besparen/het-nieuwe-telen>.
8. Полякова М. Новая парадигма культивирования: садоводство переходит от «зеленых пальцев» к науке. 15 июня 2023. <https://greenhouse.news/the-new-cultivation-paradigm-horticulture-shifts-from-green-fingers-to-science>.
9. Ovchukova S. A., Kondratieva N.P., Kovalenko O.Yu. Energy Saving in Lighting Technologies of Agricultural Production. *Light & Engineering*. 2021. No 29 (2). Pp. 21–25.
10. Долгих П. П. Обоснование применения технологической схемы облучения с разделением энергетических потоков в светокультуре промышленных теплиц. *Инженерные технологии и системы*. 2022. Т. 32. №4. С. 600-612.
11. Di Franco N., Jorizzo M. Efficiency, Energy Saving, and Rational Use of Energy: Different Terms for Different Policies. *Innovation in Energy Systems - New Technologies for Changing Paradigms*. 2019.
12. Giyasov B. The impact of energy-saving measures on the environment. *E3S Web of Conferences* 135(A):01024. ITESE-2019. 2019.
13. Plyaskina N. Energy-Saving Environmental Projects: approaches to evaluation and results of environmental impact. *Journal of Physics: Conference Series* 1261 012027. 2019.
14. Юдаев И. В., Попов М. Ю., Попова Р. В. Автономная теплица, функционирующая на возобновляемых энергоресурсах. *Вестник аграрной науки Дона*. 2020. № 1 (49). С. 33-42.

15. Попов В. Д. Северо-западному институту механизации и электрификации сельского хозяйства – 50 лет. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2012. № 3. С. 2-6.
16. Судаченко В. Н. Из истории лаборатории применения электроэнергии в сельском хозяйстве. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 1997. № 67. С. 92-95.
17. Карпов В. Н., Юлдашев З. Ш. Энергосбережение. Метод конечных отношений. Санкт-Петербург, 2010. 147 с.
18. Субботин И. А., Брюханов А. Ю., Тимофеев Е. В., Эрк А. Ф. Энергоэкологическая оценка использования различных генерирующих источников в сельском хозяйстве. Инженерные технологии и системы. 2019. Т. 29. № 3. С. 366-382.
19. Бровцин В. Н., Папушин Э. А. Критерий энергоэффективности производства продукции для предприятий сельскохозяйственного назначения. Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 4 (14). С. 51-55.
20. Судаченко В. Н., Маркова А. Е., Колянова Т. В., Колянов Ю. Т. Основные положения концепции развития овощеводства защищенного грунта европейского севера России. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2004. № 76. С. 54-65.
21. Брюханов А. Ю., Попов В. Д., Васильев Э. В., Папушин Э. А. Концепция управления экологической безопасностью агроэкосистем. АгроЭкоИнженерия. 2022. № 4 (113). С. 4-18.
22. Брюханов А. Ю., Попов В. Д., Васильев Э. В., Шалавина Е. В., Уваров Р. А. Анализ и решения экологических проблем в животноводстве. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 15. № 4. С. 48-55.
23. Ракутько С. А. Концептуальные основы энергоэкологии светокультуры. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 6. С. 38-44.
24. Белозеров Д. А. и др. Энергоэкология как основа устойчивого развития России: опыт, методология и перспективы: монография. Дубна: Государственный университет «Дубна», 2017. 202 с.
25. Карлин Л. Н., Музалевский А. А., Федоров М. П. Модифицированная модель природно-технической системы как элемент альтернативной стратегии охраны окружающей среды. Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2014. № 36. С. 80-93.
26. Ecology vs. Environmental Science: What's the Difference? Maryville University. December 8, 2020. <https://online.maryville.edu/blog/ecology-vs-environmental-science>.
27. Свентицкий И. И. Энергосбережение в АПК и энергетическая экстремальность самоорганизации: монография. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2007. 468 с.
28. Zhu X. G., Long S. P., Ort D. R. Improving photosynthetic efficiency for greater yield. Annual review of plant biology. 2010. No 61. Pp. 235–261.
29. Силуянов И. Автоматизация для тепличного бизнеса. Автоматизация и производство. 2020. № 2 (51). С. 22-24.
30. Leaf Optical Properties. By Stephane Jacquemoud and Susan Ustin. Cambridge and New York: Cambridge University Press. 2019. 555 p.
31. Gubasheva B. E., Idrissova G. Z., Tumenov A. N., Miftakhov R. R. Assessment of the degree of air pollution by fluctuating asymmetry of leaves of various tree species. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2022. Т. 30. № 3. С. 417-427.

#### References

1. Janick J. The origins of horticultural technology and science. Acta Hort. 2007. V. 759. Pp. 41-60.
2. Bailey L. H. The standard cyclopedia of horticulture. New York, Macmillan. 1914.
3. Kuhn T. The structure of scientific revolutions. M.: AST, 2020. 341 p.
4. Wheeler R. M. A Historical Background of Plant Lighting: An Introduction to the Workshop. Hortscience. 2008. V. 43 (7). Pp. 1942-1943.
5. Budagovsky A. V., Budagovskaya O. N. A brief history of agrophotonics. Science and education. 2021. Vol. 4. No. 3.
6. Kozai T., Niu G. Plant factory as a resource-efficient closed plant production system. In Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production. Amsterdam: Academic Press, 2020. Pp. 93-115.
7. Het Nieuwe Telen. <https://www.kasalsenergiebron.nl/besparen/het-nieuwe-telen>.
8. Polyakova M. New cultivation paradigm: gardening moves from "green fingers" to science. June 15, 2023. <https://greenhouse.news/the-new-cultivation-paradigm-horticulture-shifts-from-green-fingers-to-science>.
9. Ovchukova S. A., Kondratieva N.P., Kovalenko O.Yu. Energy Saving in Lighting Technologies of Agricultural Production. Light & Engineering. 2021. No 29 (2). Pp. 21–25.
10. Dolgikh P. P. Substantiation of the Application of the Technological Scheme of Irradiation with the Separation of Energy Flows in the Light Culture of Industrial Greenhouses. Engineering Technologies and Systems. 2022. Т. 32. № 4. Pp. 600-612.
11. Di Franco N., Jorizzo M. Efficiency, Energy Saving, and Rational Use of Energy: Different Terms for Different Policies. Innovation in Energy Systems - New Technologies for Changing Paradigms. 2019.
12. Giyasov B. The impact of energy-saving measures on the environment. E3S Web of Conferences 135(A):01024. ITESE-2019. 2019.
13. Plyaskina N. Energy-Saving Environmental Projects: approaches to evaluation and results of environmental impact. Journal of Physics: Conference Series 1261 012027. 2019.
14. Yudaev I. V., Popov M. Yu., Popova R. V. Autonomous greenhouse operating on renewable energy resources. Bulletin of Agrarian Science of the Don. 2020. No. 1 (49). Pp. 33-42.
15. Popov V. D. North-West Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture is 50 years old. Mechanization and electrification of agriculture. 2012. № 3. Pp. 2-6.



16. Sudachenko V. N. From the History of the Laboratory of Electric Power Use in Agriculture. Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products. 1997. № 67. Pp. 92-95.
17. Karpov V. N., Yuldashev Z. Sh. Energy saving. Finite ratio method. St. Petersburg, 2010. 147 p.
18. Subbotin I. A., Bryukhanov A. Yu., Timofeev E. V., Erk A. F. Energoecological Assessment of the Use of Various Generating Sources in Agriculture. Engineering Technologies and Systems. 2019. T. 29. № 3. Pp. 366-382.
19. Brovtin V. N., Papushin E. A. Criterion for energy efficiency of production for agricultural enterprises. Innovations in agriculture. 2015. No. 4 (14). Pp. 51-55.
20. Sudachenko V. N., Markova A. E., Kolyanova T. V., Kolyanov Yu. T. Basic provisions of the concept for the development of vegetable growing in protected soil in the European north of Russia. Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products. 2004. No 76. Pp. 54-65.
21. Bryukhanov A. Yu., Popov V. D., Vasiliev E. V., Papushin E. A. The concept of managing the environmental safety of agroecosystems. AgroEcoEngineering. 2022. No 4 (113). Pp. 4-18.
22. Bryukhanov A. Yu., Popov V. D., Vasiliev E. V., Shalavina E. V., Uvarov R. A. Analysis and solutions to environmental problems in livestock farming. Agricultural machines and technologies. 2021. V. 15. No. 4. Pp. 48-55.
23. Rakutko S. A. Conceptual foundations of energy ecology of light culture. Agricultural machines and technologies. 2018. V. 12. No. 6. Pp. 38-44.
24. Belozero D. A., et al. Energy ecology as the basis for sustainable development of Russia: experience, methodology and prospects: monograph. Dubna: State University "Dubna", 2017. 202 p.
25. Karlin L. N., Muzalevsky A. A., Fedorov M. P. A modified model of a natural-technical system as an element of an alternative strategy for environmental protection. Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University. 2014. No 36. Pp. 80-93.
26. Ecology vs. Environmental Science: What's the Difference? Maryville University. December 8, 2020. <https://online.maryville.edu/blog/ecology-vs-environmental-science>.
27. Sventitsky I.I. Energy saving in the agro-industrial complex and energy extremity of self-organization: monograph. M.: GNU VIESKh, 2007. 468 p.
28. Zhu X. G., Long S. P., Ort D. R. Improving photosynthetic efficiency for greater yield. Annual review of plant biology. 2010. No 61. Pp. 235-261.
29. Siluyanov I. Automation for the greenhouse business. Automation and production. 2020. No 2 (51). Pp. 22-24.
30. Leaf Optical Properties. By Stephane Jacquemoud and Susan Ustin. Cambridge and New York: Cambridge University Press. 2019. 555 p.
31. Gubasheva B. E., Idrissova G. Z., Tumenov A. N., Miftakhov R. R. Assessment of the degree of air pollution by fluctuating asymmetry of leaves of various tree species. RUDN Journal of Ecology and Life Safety. 2022. No 30 (1). Pp. 417-427.

#### Информация об авторе

**Ракутько Сергей Анатольевич**, доктор технических наук, главный научный сотрудник Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филитровское шоссе, д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2454-4534>, e-mail: [sergej1964@yandex.ru](mailto:sergej1964@yandex.ru)

#### Autor's Information

**Rakutko Sergey Anatolyevich**, Doctor of Engineering Sciences, Chief Researcher of the Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IEEP) – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Federal Center for Agricultural Production (Russian Federation, St. Petersburg, Tyarlevo village, Filitrovskoe shosse, 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2454-4534>, e-mail: [sergej1964@yandex.ru](mailto:sergej1964@yandex.ru)

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-41

## RESULTS OF THE ASSESSMENT OF THE PERFORMANCE OF TECHNICAL MEANS FOR HARVESTING AGRICULTURAL CROPS

<sup>1,2</sup>Ryadnov A. I., <sup>2</sup>Rudenko V. N., <sup>1</sup>Pavlovsky D. S., <sup>1</sup>Fedorov A. V.

<sup>1</sup>Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation  
<sup>2</sup>Astrakhan State University  
Astrakhan, Russian Federation

Corresponding author E-mail: [alex.rjadnov@mail.ru](mailto:alex.rjadnov@mail.ru)

Received 25.02.2024

Submitted 26.03.2024

### Summary

The article presents calculations of hourly productivity of serial cars GAZ-SAZ-33071, GAZ-3302 Gazelle and KAMAZ 45144 with a trailer, as well as machine and tractor units MTZ-82.1+2PTS-4.5 and MTZ-82.1+PTRS (loader-transporter of hay rolls) for the transportation of hay rolls formed by a presspickers PR-F-110, PPR-120 "Pelikan" and PRF-750. The results of the evaluation of the hourly performance of the GAZ-3302 Gazelle on-board vehicle, equipped with a specialized cargo platform that allows unloading hay rolls without the use of additional machines, and a machine-tractor unit with an improved design of a loader-transporter of hay rolls, are also given.

# Abstract

**Introduction.** Harvesting agricultural crops is a complex technological process in which a complex of harvesting, transport and lifting machines is used, means of maintenance and field repair of machines, communication systems and other equipment are used. The harvesting result depends on how effectively all the machines involved in harvesting are used, and, first of all, harvesting vehicles and vehicles. To increase the efficiency of harvesting agricultural crops, there are many solutions to improve the designs of modern harvesting and transport machines and the organization of their work during harvesting. In this case, it is necessary to use such developments that provide a significant increase in the productivity of harvesting vehicles and vehicles while reducing crop losses, fuel consumption, labor and material and monetary costs. With the increase in the productivity of machines for harvesting agricultural crops, the likelihood of meeting agrotechnical requirements for harvesting and, in particular, for its duration, increases. By meeting agrotechnical requirements for harvesting duration, not only direct crop losses are reduced, but also its quality is improved. It is possible to increase the productivity of machines for harvesting agricultural crops, as follows from many scientific works, by reducing unproductive shift time. However, issues of assessing the performance of vehicles for transporting hay rolls and selecting the most productive ones in. **The purpose of the work** is to evaluate the performance of a number of serial and some improved vehicles for transporting hay rolls. **Materials and methods.** In the process of preparing this article, scientific articles, reports on the implementation of scientific work and other publications of scientists devoted to research into technologies for harvesting agricultural crops, the productivity of grain and forage harvesters, loaders-transporters of rolls and hay bales and vehicles were used. In order to analyze the impact on the productivity of technical systems involved in harvesting hay rolls from the field, the rolls were formed by the following balers: PR-F-110, PPR-120 "Pelikan" and PRF-750. Loading of rolls and unloading of non-tipping vehicles was carried out by PF-0.5 loaders with PT-F-500 and SNU-550 attachments, mounted by MTZ-82.1 tractors. Transportation of rolls was carried out by KAMAZ 45144 with a trailer, GAZ-SAZ-33071, GAZ-3302 "Gazelle", MTZ-82.1+2PTS-4.5 and MTZ-82.1+PTRS (loader-transporter of hay rolls). MTZ-82.1+2PTS-4.5 and MTZ-82.1+PTRS were used to transport hay rolls over a distance of up to 3 km, GAZ-SAZ-33071 - up to 20 km, KAMAZ 45144 – over a distance of more than 20 km and GAZ-3302 "Gazelle" - up to and more than 20 km. During the operations of loading, transporting and unloading vehicles, they were timed under real operating conditions. **Results and discussion.** When assessing the hourly productivity of vehicles, the following were taken into account: the nominal carrying capacity of vehicles, the length of travel with a load, the average technical speed, the coefficients of utilization of carrying capacity and mileage, the time spent on loading rolls of hay onto vehicles and unloading them. As a result of calculations, it was established that with an increase in the mass of transported hay rolls, the productivity of all studied vehicles for all types of transportation increases; for on-farm and on-farm transportation, the GAZ-SAZ-33071 has maximum productivity, and for off-farm transportation, the KamAZ-45144 with a trailer; When using improved designs of the pick-up-transporter of hay rolls (PTRS-2) (RF patent No. 2747569), which ensures the transportation of hay rolls formed by PR-F-110, PPR-120 "Pelikan" and PRF-750 in 2 tiers, the utilization rate increases lifting capacity, respectively, up to 0.75; 0.98 and 0.96, while the performance of PTRS-2 in comparison with the PTRS prototype when transporting hay rolls formed by PR-F-110, PPR-120 "Pelikan" and PRF-750 in intra-farm transportation increases accordingly by 73%, 33% and 0.6%; and when using the GAZ-3302 "Gazelle" vehicle, equipped with a specialized cargo platform (RF patent No. 2554036) with unloading of rolls from the platform on both sides of the vehicle without the use of additional means, the productivity of this vehicle increases compared to a serial on-board vehicle for intra-farm transportation of rolls from balers PR-F-110, PPR-120 "Pelikan" and PRF-750, respectively, by 23%; 32% and 18%, on intra-farm transportation – by 23%; 32% and 18% and off-farm – by 23%; 32% and 18%. **Conclusions.** Based on the results of timing the operation of three brands of vehicles GAZ-SAZ-33071, GAZ-3302 "Gazelle" and KAMAZ 45144 with a trailer, as well as machine-tractor units MTZ-82.1+2PTS-4.5 and MTZ-82.1 with a pick-up-transporter of hay rolls design of the Volgograd State Agrarian University for the transportation of hay rolls formed by PR-F-110, PPR-120 "Pelikan" and PRF-750 balers, it was established that for intra-farm and on-farm transportation of all types of rolls, the GAZ-SAZ-33071 dump truck has maximum productivity, and for off-farm transportation – a KAMAZ 45144 vehicle with a trailer. With an increase in the mass of transported hay rolls, the productivity of all studied vehicles for all types of transportation increases. The use of an improved design of a pick-up - transporter of hay rolls for intra-farm and on-farm transportation; its productivity is higher than that of the GAZ-SAZ-33071 vehicle. In this case, it is not necessary to use technical means for loading rolls of hay into this vehicle and unloading them. The use of a GAZ-3302 Gazelle vehicle with a specialized cargo platform allows one to increase its hourly productivity in all types of transportation by 18%-32% compared to a production vehicle.

**Keywords:** harvesting of agricultural crops, balers, hay bales, carrying capacity of vehicles, types of cargo transportation.

**Citation.** Ryadnov A. I., Rudenko V. N., Pavlovsky D. S., Fedorov A. V. Results of the assessment of the performance of technical means for harvesting agricultural crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 346-358 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-41.

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

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

УДК 631.374

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА УБОРКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

<sup>1,2</sup>Ряднов А. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>2</sup>Руденко В. Н., кандидат технических наук, доцент

<sup>1</sup>Павловский Д. С., аспирант

<sup>1</sup>Федоров А. В., аспирант

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет

г. Астрахань, Российская Федерация

**Актуальность.** Для повышения эффективности уборки сельскохозяйственных культур имеется множество решений по усовершенствованию конструкций современных уборочных и транспортных машин и организации их работы на уборке урожая. При этом используются такие разработки, которые обеспечивают существенное повышение производительности уборочных и транспортных средств с одновременным снижением потерь урожая, расхода топлива, труда и материально-денежных затрат. С повышением производительности машин на уборке урожая сельскохозяйственных культур растет вероятность выполнения агротехнических требований на уборку урожая и, в частности, по ее продолжительности. За счет выполнения агротехнических требований по продолжительности уборки снижаются не только прямые потери урожая, но и повышается его качество. Повысить производительность машин на уборке сельскохозяйственных культур, как следует из данных многих научных работ, возможно за счет сокращения непроизводительных затрат времени смены. Однако вопросы по оценке производительности транспортных средств на перевозках рулонов сена и выбору из них максимально производительных в различных производственных условиях освещены в научной литературе недостаточно полно. **Цель работы** – дать оценку производительности ряда серийных и некоторых усовершенствованных транспортных средств на перевозках рулонов сена. **Материалы и методы.** В процессе подготовки настоящей статьи были использованы научные статьи, отчеты о выполнении научных работ и другие публикации ученых, посвященные исследованиям технологий уборки сельскохозяйственных культур, производительности зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов, погрузчиков-транспортировщиков рулонов и тюков сена и транспортных средств. С целью анализа влияния на производительность технических систем, участвующих в уборке с поля рулонов сена, рулоны были сформированы следующими пресс-подборщиками: ПР-Ф-110, ППР-120"Релиан" и ПРФ-750. Погрузка рулонов и разгрузка несамосвалных транспортных средств осуществлялись погрузчиками ПФ-0,5 с приспособлением ПТ-Ф-500 и СНУ-550, агрегатируемых тракторами МТЗ-82.1. Транспортировка рулонов выполнялась КАМАЗ 45144 с прицепом, ГАЗ-САЗ-33071, ГАЗ-3302 «Газель», МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 и МТЗ-82.1+ПТРС (погрузчик-транспортировщик рулонов сена). МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 и МТЗ-82.1+ПТРС использовались на перевозках рулонов сена на расстояние до 3 км, ГАЗ-САЗ-33071 – до 20 км, КАМАЗ 45144 – на расстояние более 20 км и ГАЗ-3302 «Газель» – до и более 20 км. При выполнении операций погрузки, транспортировки и разгрузки транспортных средств проводился их хронометраж в условиях реальной эксплуатации. **Результаты и обсуждение.** При оценке часовой производительности транспортных средств учитывались: номинальная грузоподъемность транспортных средств, длина ездки с грузом, средняя техническая скорость, коэффициенты использования грузоподъемности и пробега, затраты времени на погрузку рулонов сена на транспортные средства и их разгрузку. В результате расчетов установлено, что при увеличении массы транспортируемых рулонов сена производительность всех исследуемых транспортных средств на всех видах перевозок растет; на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках максимальную производительность имеют ГАЗ-САЗ-33071, а на внехозяйственных перевозках – КАМАЗ-45144 с прицепом; при использовании усовершенствованных

конструкций подборщика-транспортировщика рулонов сена (ПТРС-2) (патент РФ №2747569), который обеспечивает транспортировку рулонов сена сформированных ПР-Ф-110, ППР-120"Pelikan"и ПРФ-750 в 2 яруса, увеличивается коэффициент использования грузоподъемности соответственно до 0,75; 0,98 и 0,96, при этом производительность ПТРС-2 по сравнению с прототипом ПТРС при транспортировке рулонов сена, сформированных ПР-Ф-110, ППР-120"Pelikan"и ПРФ-750, на внутриусадебных перевозках повышается соответственно на 73%, 33% и 0,6%; а при применении автомобиля ГАЗ-3302 «Газель», оборудованного специализированной грузовой платформой (патент РФ №2554036) с разгрузкой рулонов с платформы на обе стороны автомобиля без применения дополнительных средств, повышается производительность данного ТС по сравнению с серийным бортовым автомобилем на внутриусадебных перевозках рулонов от пресс-подборщиков ПР-Ф-110, ППР-120"Pelikan"и ПРФ-750 соответственно на 23%; 32% и 18%, на внутрихозяйственных перевозках – на 23%; 32% и 18% и внехозяйственных – на 23%; 32% и 18%. **Выводы.** По результатам хронометража работы трех марок автомобилей ГАЗ-САЗ-33071, ГАЗ-3302 «Газель» и КАМАЗ 45144 с прицепом, а также машинно-тракторных агрегатов МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 и МТЗ-82.1 с подборщиком-транспортировщиком рулонов сена конструкции Волгоградского ГАУ на перевозках рулонов сена, сформированным пресс-подборщиками ПР-Ф-110, ППР-120"Pelikan"и ПРФ-750, установлено, что на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках всех видов рулонов максимальную производительность имеет самосвалный автомобиль ГАЗ-САЗ-33071, а на внехозяйственных перевозках – автомобиль КАМАЗ 45144 с прицепом. При увеличении массы транспортируемых рулонов сена производительность всех исследуемых транспортных средств на всех видах перевозок растет. Применение усовершенствованной конструкции подборщика – транспортировщика рулонов сена на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках его производительность выше, чем у автомобиля ГАЗ-САЗ-33071. При этом не требуется использовать технические средства для погрузки рулонов сена в данное транспортное средство и их выгрузки. Использование автомобиля ГАЗ-3302 «Газель» со специализированной грузовой платформой позволяет повысить его часовую производительность на всех видах перевозок на 18%-32% по сравнению с серийным автомобилем.

**Ключевые слова:** уборка сельскохозяйственных культур, пресс-подборщики, рулоны сена, грузоподъемность транспортных средств, виды перевозок грузов.

**Цитирование.** Ряднов А. И., Руденко В. Н., Павловский Д. С., Федоров А. В. Результаты оценки производительности технических средств на уборке сельскохозяйственных культур. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 346-358. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-41.

**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.** Уборка урожая сельскохозяйственных культур – сложный технологический процесс, в котором используется комплекс уборочных, транспортных и грузоподъемных машин, применяются средства технического обслуживания и полевого ремонта машин, системы связи и другое оборудование. Результат уборки зависит от того, как эффективно используются все машины, участвующие на уборке урожая, и, в первую очередь, – уборочные и транспортные средства.

При разработке мероприятий по повышению эффективности использования комплекса машин, используемых на уборочно-транспортных работах, следует учитывать предложения ученых и производителей по повышению производительности [1] и надежности машин [2], снижению затрат энергии [3], потерь урожая [4, 5], повреждаемости убираемой культуры при уборке, погрузке, транспортировке и разгрузке ее [6, 7, 8, 9]. При этом следует отметить, что для повышения эффективности уборки сельскохозяйственных культур имеется еще множество решений по усовершенствованию конструкций современных уборочных и транспортных машин и организации их работы на уборке урожая [10, 11, 12, 13, 14].

В связи с этим, на данном этапе необходимо использовать такие разработки, которые обеспечивают существенное повышение производительности уборочных и транспортных средств (ТС) с одновременным снижением потерь урожая, расхода топлива, труда и материально-денежных затрат.

С повышением производительности машин на уборке урожая сельскохозяйственных культур растет вероятность выполнения агротехнических требований на уборку урожая и, в частности, по ее продолжительности. За счет выполнения агротехнических требований



по продолжительности уборки снижаются не только прямые потери урожая, но и повышается его качество. Повысить производительность машин на уборке сельскохозяйственных культур, как следует из данных многих научных работ [4, 5, 6, 10, 14, 15 и др.], возможно за счет сокращения непроизводительных затрат времени смены. Научных работ по повышению производительности машин, используемых на уборке урожая зерновых и метелочных культур, овощей и корнеклубнеплодов, опубликовано достаточно много. Однако в связи с внедрением в производство робототехники, цифровых технологий с применением систем типа ГЛОНАСС или GPS, искусственных нейронных сетей и т.п. постоянно повышаются требования к конструкциям и технологиям уборки всех сельскохозяйственных культур. Кроме того, вопросы по определению путей повышения производительности машин на уборке сена в рулонах и тюках освещены в научной литературе недостаточно полно и нет однозначных рекомендаций производителям по применению максимально производительных ТС в различных эксплуатационных условиях. В связи с этим определена цель настоящей работы – дать оценку производительности ряда серийных и некоторых усовершенствованных транспортных средств на перевозках рулонов сена.

**Материалы и методы.** В процессе подготовки настоящей статьи были использованы научные статьи, отчеты о выполнении научных работ и другие публикации ученых, посвященные исследованиям технологий уборки сельскохозяйственных культур, производительности зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов, погрузчиков-транспортировщиков рулонов и тюков сена и ТС, особенностям эксплуатации и качества выполнения технологических операций, опубликованные в открытой печати.

При определении возможных резервов повышения производительности технических средств, используемых на уборке сена, сформированного в рулоны, сделано допущение, что сельскохозяйственная культура, например, суданская трава скошена в сроки, установленными агротехническими требованиями на уборку суданской травы, спрессована в рулоны, которые находятся на поле и готовы к подбору и погрузке в ТС.

С целью анализа влияния на производительность технических систем, участвующих в уборке с поля рулонов сена, рулоны были сформированы следующими пресс-подборщиками: ПР-Ф-110, ППР-120 "Pelikan" и ПРФ-750. Масса сформированных рулонов была соответственно 146-150 кг, 248-254 кг и 526-570 кг. Во всех случаях формирования рулонов плотность прессования сена при ее влажности 20-22% равнялась 130-180 кг/м<sup>3</sup>.

Погрузка рулонов на ТС и разгрузка несамосвального ТС осуществлялись погрузчиками ПФ-0,5 с приспособлением ПТ-Ф-500 и СНУ-550, агрегатируемыми тракторами МТЗ-82.1.

Транспортировка рулонов выполнялась автомобилями КАМАЗ 45144 с прицепом, ГАЗ-САЗ-33071, ГАЗ-3302 «Газель», машинно-тракторными агрегатами МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 и погрузчиком-транспортировщиком рулонов сена конструкции Волгоградского ГАУ с трактором МТЗ-82.1 (МТЗ-82.1+ПТРС). Номинальная грузоподъемность автомобиля КАМАЗ 45144 с прицепом составляет 27,64 т, ГАЗ-САЗ-33071 – 4,0 т, ГАЗ-3302 – 1,5 т, прицепа 2ПТС-4,5 – 4,5 т и ПТРС – 4,0 т. При этом, МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 и МТЗ-82.1+ПТРС использовались на перевозках рулонов сена на расстояние до 3 км, ГАЗ-САЗ-33071 – до 20 км, КАМАЗ 45144 – на расстояние более 20 км и ГАЗ-3302 «Газель» – до и более 20 км.

До начала транспортировки рулонов сена определялось количество рулонов  $N_p$ , которые можно разместить на платформу каждого исследуемого ТС:

$$N_p = \frac{L_n}{D_p} n_{\text{ряд}} n_{\text{яр}}, \quad (1)$$

где  $L_n$  – длина платформы, м;  $D_p$  – средний диаметр рулона, м;  $n_{\text{ряд}}$ ,  $n_{\text{яр}}$  – соответственно количество рядов и ярусов рулонов сена, которое возможно уложить на платформу ТС.

Затем определялся расчетный коэффициент использования грузоподъемности  $\gamma_p$  с учетом паспортной грузоподъемности ТС  $Q_{\text{тр}}$  суммарной массы  $M_p$  расчетного количества рулонов  $N_p$ . При этом  $\gamma_p$  не должен превышать паспортного значения данного коэффициента  $\gamma_n$  для исследуемого ТС:

$$\gamma_p = \frac{Q_{тр}}{M_p} \leq \gamma_{п}, \quad (2)$$

где  $M_p = N_p m_p$ , здесь  $m_p$  – средняя масса одного рулона, кг.

При выполнении операций погрузки, транспортировки и разгрузки ТС проводился их хронометраж в соответствии с ГОСТ Р 52758-2007, ГОСТ 28722-2018, ГОСТ 28287-89, ГОСТ 12.2.042-2013, ГОСТ 28286-89 и ГОСТ 20915-2011.

Экспериментальные исследования проводились в ИП Алмазова П. К. Кумылженского района и ИП Березин Ю. И. Михайловского района Волгоградской области.

**Результаты и обсуждение.** Для расчета часовой производительности ТС ( $W_q$ , т/ч) учитывались следующие показатели: номинальная грузоподъемность ТС, а в случае использования прицепа к нему, то – их суммарная номинальная грузоподъемность ( $q_n$ , т), длина ездки с грузом ( $l_{EG}$ , км), средняя техническая скорость ( $V_T$ , км/ч), коэффициент использования грузоподъемности ( $\gamma_p$ ) и пробега ( $\beta$ ), затраты времени на погрузку рулонов сена на ТС и их разгрузку ( $t_{п-р}$ , ч) [16]:

$$W_q = \frac{q_n \cdot \gamma_p \cdot V_T \beta}{l_{EG} + V_T \beta \cdot t_{п-р}}. \quad (3)$$

Длина ездки ТС с грузом  $l_{EG}$  определялась на основе результатов оценки пробега по полю  $l_{EP}$ , грунтовым дорогам  $l_{EГР}$  и по дорогам с твердым покрытием  $l_{ETП}$ :

$$l_{EG} = l_{EP} + l_{EГР} + l_{ETП}. \quad (4)$$

Результаты определения  $l_{EG}$  представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Длина ездки исследуемых транспортных средств  
Table 1 – Ride length of the studied vehicles

| Марка<br>ТС / Vehicle<br>Brand                                   | Вид перевозки / Type of transportation |                   |                   |                  |                                  |                   |                   |                  |                                |                   |                   |                  |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|
|                                                                  | Внутриусадебные / Inside<br>the manor  |                   |                   |                  | Внутрихозяйственные /<br>on-farm |                   |                   |                  | Внехозяйственные /<br>off-farm |                   |                   |                  |
|                                                                  | $l_{EP}$ ,<br>км                       | $l_{EГР}$ ,<br>км | $l_{ETП}$ ,<br>км | $l_{EG}$ ,<br>км | $l_{EP}$ ,<br>км                 | $l_{EГР}$ ,<br>км | $l_{ETП}$ ,<br>км | $l_{EG}$ ,<br>км | $l_{EP}$ ,<br>км               | $l_{EГР}$ ,<br>км | $l_{ETП}$ ,<br>км | $l_{EG}$ ,<br>км |
| МТЗ-82.1+<br>2ПТС-4,5 /<br>MTZ-82.1+<br>2PTS-4,5                 | 0,6                                    | 1,7               | 0,4               | 2,7              | -                                | -                 | -                 | -                | -                              | -                 | -                 | -                |
| МТЗ-82.1+<br>ПТРС / MTZ-<br>82.1+ PTRS                           | 0,3                                    | 1,8               | 0                 | 2,1              | -                                | -                 | -                 | -                | -                              | -                 | -                 | -                |
| ГАЗ-САЗ-<br>33071 / GAZ-<br>SAZ-33071                            | 0,6                                    | 1,2               | 1,0               | 2,8              | 0,7                              | 1,2               | 4,4               | 6,3              | -                              | -                 | -                 | -                |
| ГАЗ-3302<br>«Газель» /<br>GAZ-3302<br>Gazelle                    | 0,7                                    | 0,9               | 1,1               | 2,7              | 0,7                              | 1,1               | 7,1               | 8,9              | 0,7                            | 1,2               | 36,8              | 38,7             |
| КаМАЗ<br>45144<br>с прицепом /<br>KaMAZ<br>45144 with<br>trailer | -                                      | -                 | -                 | -                | -                                | -                 | -                 | -                | 0,2                            | 1,2               | 92,7              | 94,1             |

Среднюю техническую скорость ТС рассчитывали по зависимости:

$$V_T = l_{EG} / \left( \frac{l_{EP}}{V_{EP}} + \frac{l_{EГР}}{V_{EГР}} + \frac{l_{ETП}}{V_{ETП}} \right), \quad (5)$$

где  $V_{EP}$ ,  $V_{EГР}$  и  $V_{ETП}$  – соответственно скорости ТС по полю, грунтовым дорогам и дорогам с твердым покрытием.

Результаты расчета технической скорости ТС представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Техническая скорость исследуемых транспортных средств  
Table 2 – Technical speed of the studied vehicles

| Марка ТС /<br>Vehicle Brand                       | $V_T$ , км/ч                           |                                       |                                     |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                   | Вид перевозки / Type of transportation |                                       |                                     |
|                                                   | Внутриусадебные /<br>Inside the manor  | Внутрихозяй-<br>ственные /<br>on-farm | Внехозяй-<br>ственные /<br>off-farm |
| MT3-82.1+ 2ПТС-4,5 / MTZ-82.1+ 2PTS-4,5           | 9,15                                   | -                                     | -                                   |
| MT3-82.1+ ПТРС / MTZ-82.1+ PTRS                   | 9,22                                   | -                                     | -                                   |
| ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ-SAZ-33071                     | 20,70                                  | 29,23                                 | -                                   |
| ГАЗ-3302 «Газель» / GAZ-3302 Gazelle              | 19,36                                  | 32,72                                 | 48,38                               |
| КаМАЗ 45144 с прицепом / KaMAZ 45144 with trailer | -                                      | -                                     | 65,91                               |

Отметим, что результаты хронометража показали, что составляющие  $I_{EF}$  и  $V_T$  практически не зависят от того, каким пресс-подборщиком были сформированы транспортируемые рулоны.

Для определения затрат времени на погрузку рулонов сена на ТС и их разгрузку использовались данные хронометража по продолжительности загрузки ТС рулонами ( $t_{3P}$ ), переездов между рулонами при их погрузках в ТС ( $t_{ПЕР}$ ) и разгрузки ТС ( $t_P$ ):

$$t_{П-Р} = t_{3P} + t_{ПЕР} + t_P . \quad (6)$$

Применительно к агрегату MT3-82.1+ПТРС, который выполняет погрузку рулонов сена во время переезда между рулонами, затраты времени на погрузку рулонов в ПТРС и на переезды его от одного рулона к другому совмещаются.

Значения необходимых для расчета  $W_4$  показателей ТС при их использования на внутриусадебных перевозках рулонов сена представлены в табл.3 – табл.5, на внутрихозяйственных – в табл.6 и внехозяйственных перевозках – в табл. 7.

Таблица 3 – Данные к расчету производительности транспортных средств на внутриусадебных перевозках рулонов сена, сформированных пресс-подборщиком ПР-Ф-110

Table 3 – Data for calculating the productivity of vehicles for in-house transportation of hay rolls formed by the PR-F-110 baler

| Составляющие<br>$W_4$ / Constituents<br>of $W_4$ | Марка ТС / Vehicle Brand                       |                                        |                                  |                                            |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                  | MT3-82.1+<br>2ПТС-4,5 / MTZ-<br>82.1+ 2PTS-4,5 | MT3-82.1+<br>ПТРС / MTZ-<br>82.1+ PTRS | ГАЗ-САЗ-33071 /<br>GAZ-SAZ-33071 | ГАЗ-3302<br>«Газель» /<br>GAZ-3302 Gazelle |
| $\gamma_p$                                       | 0,464                                          | 0,375                                  | 0,371                            | 0,909                                      |
| $\beta$                                          | 0,96                                           | 0,81                                   | 0,91                             | 0,93                                       |
| $t_{3P}, ч$                                      | 0,102                                          | 0,058                                  | 0,085                            | 0,082                                      |
| $t_{ПЕР}, ч$                                     | 0,070                                          |                                        | 0,044                            | 0,040                                      |
| $t_P, ч$                                         | 0,051                                          | 0,042                                  | 0,030                            | 0,083                                      |
| $t_{П-Р}, ч$                                     | 0,223                                          | 0,100                                  | 0,159                            | 0,205                                      |

Таблица 4 – Данные к расчету производительности транспортных средств на внутриусадебных перевозках рулонов сена, сформированных пресс-подборщиком ППР-120"Pelikan"

Table 4 – Data for calculating the productivity of vehicles for in-house transportation of hay rolls formed by the PPR-120 Pelikan baler

| Составляющие<br>$W_4$ / Constituents<br>of $W_4$ | Марка ТС / Vehicle Brand                     |                                        |                                  |                                            |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                  | MT3-82.1+<br>2ПТС-4,5/<br>MTZ-82.1+ 2PTS-4,5 | MT3-82.1+<br>ПТРС / MTZ-<br>82.1+ PTRS | ГАЗ-САЗ-33071 /<br>GAZ-SAZ-33071 | ГАЗ-3302<br>«Газель» /<br>GAZ-3302 Gazelle |
| $\gamma_p$                                       | 0,700                                        | 0,625                                  | 0,657                            | 0,944                                      |
| $\beta$                                          | 0,96                                         | 0,81                                   | 0,91                             | 0,93                                       |
| $t_{3P}, ч$                                      | 0,126                                        | 0,083                                  | 0,105                            | 0,102                                      |
| $t_{ПЕР}, ч$                                     | 0,100                                        |                                        | 0,063                            | 0,044                                      |
| $t_P, ч$                                         | 0,051                                        | 0,042                                  | 0,030                            | 0,083                                      |
| $t_{П-Р}, ч$                                     | 0,277                                        | 0,125                                  | 0,198                            | 0,229                                      |

Таблица 5 – Данные к расчету производительности транспортных средств на внутриусадебных перевозках рулонов сена, сформированных пресс-подборщиком ПРФ-750  
Table 5 – Data for calculating the productivity of vehicles for in-house transportation of hay rolls formed by the PRF-750 baler

| Составляющие<br><i>Wч / Constituents of Wh</i> | Марка ТС / Vehicle Brand                       |                                        |                                  |                                            |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                | МТЗ-82.1+<br>2ПТС-4,5 / MTZ-<br>82.1+ 2PTS-4,5 | МТЗ-82.1+<br>ПТРС / MTZ-<br>82.1+ PTRS | ГАЗ-САЗ-33071 /<br>GAZ-SAZ-33071 | ГАЗ-3302<br>«Газель» /<br>GAZ-3302 Gazelle |
| $\gamma_p$                                     | 0,98                                           | 0,83                                   | 0,83                             | 0,94                                       |
| $\beta$                                        | 0,96                                           | 0,81                                   | 0,91                             | 0,93                                       |
| $t_{3p}, ч$                                    | 0,112                                          | 0,070                                  | 0,084                            | 0,082                                      |
| $t_{пер}, ч$                                   | 0,093                                          |                                        | 0,053                            | 0,026                                      |
| $t_p, ч$                                       | 0,051                                          | 0,042                                  | 0,030                            | 0,083                                      |
| $t_{п-р}, ч$                                   | 0,256                                          | 0,112                                  | 0,167                            | 0,191                                      |

Таблица 6 – Данные к расчету производительности транспортных средств на внутрихозяйственных перевозках рулонов сена  
Table 6 – Data for calculating the productivity of vehicles for on-farm transportation of hay rolls

| Составляющие<br><i>Wч / Constituents of Wh</i> | Марка ТС / Vehicle Brand      |                                         |                                     |                                         |                               |                                         |
|------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|
|                                                | ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ-SAZ-33071 | ГАЗ-3302<br>«Газель» / GAZ-3302 Gazelle | ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ-SAZ-33071       | ГАЗ-3302<br>«Газель» / GAZ-3302 Gazelle | ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ-SAZ-33071 | ГАЗ-3302<br>«Газель» / GAZ-3302 Gazelle |
| Марка пресс-подборщика / Baler Brand           | ПР-Ф-110 / PR-F-110           |                                         | ППР-120"Pelikan" / PPR-120"Pelikan" |                                         | ПРФ-750 / PRF-750             |                                         |
| $\gamma_p$                                     | 0,300                         | 0,87                                    | 0,560                               | 0,86                                    | 0,83                          | 0,94                                    |
| $\beta$                                        | 0,79                          | 0,74                                    | 0,79                                | 0,74                                    | 0,79                          | 0,74                                    |
| $t_{3p}, ч$                                    | 0,085                         | 0,082                                   | 0,105                               | 0,102                                   | 0,084                         | 0,082                                   |
| $t_{пер}, ч$                                   | 0,062                         | 0,060                                   | 0,063                               | 0,044                                   | 0,053                         | 0,026                                   |
| $t_p, ч$                                       | 0,030                         | 0,042                                   | 0,030                               | 0,042                                   | 0,030                         | 0,042                                   |
| $t_{п-р}, ч$                                   | 0,177                         | 0,184                                   | 0,198                               | 0,188                                   | 0,167                         | 0,150                                   |

Таблица 7 – Данные к расчету производительности транспортных средств на внехозяйственных перевозках рулонов сена  
Table 7 – Data for calculating the productivity of vehicles for non-household transportation of hay rolls

| Составляющие<br><i>Wч / Constituents of Wh</i> | Марка ТС / Vehicle Brand                      |                                                               |                                               |                                                               |                                               |                                                               |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                                                | ГАЗ-3302<br>«Газель» /<br>GAZ-3302<br>Gazelle | КаМАЗ<br>45144<br>с прицепом /<br>KaMAZ 45144<br>with trailer | ГАЗ-3302<br>«Газель» /<br>GAZ-3302<br>Gazelle | КаМАЗ<br>45144<br>с прицепом /<br>KaMAZ 45144<br>with trailer | ГАЗ-3302<br>«Газель» /<br>GAZ-3302<br>Gazelle | КаМАЗ<br>45144<br>с прицепом /<br>KaMAZ 45144<br>with trailer |
| Марка пресс-подборщика / Baler Brand           | ПР-Ф-110 / PR-F-110                           |                                                               | ППР-120"Pelikan" / PPR-120"Pelikan"           |                                                               | ПРФ-750 / PRF-750                             |                                                               |
| $\gamma_p$                                     | 0,84                                          | 0,27                                                          | 0,79                                          | 0,43                                                          | 0,94                                          | 0,79                                                          |
| $\beta$                                        | 0,84                                          | 0,79                                                          | 0,84                                          | 0,79                                                          | 0,84                                          | 0,79                                                          |
| $t_{3p}, ч$                                    | 0,082                                         | 0,408                                                         | 0,105                                         | 0,504                                                         | 0,084                                         | 0,580                                                         |
| $t_{пер}, ч$                                   | 0,062                                         | 0,060                                                         | 0,044                                         | 0,138                                                         | 0,026                                         | 0,141                                                         |
| $t_p, ч$                                       | 0,083                                         | 0,065                                                         | 0,083                                         | 0,065                                                         | 0,083                                         | 0,065                                                         |
| $t_{п-р}, ч$                                   | 0,227                                         | 0,533                                                         | 0,232                                         | 0,707                                                         | 0,193                                         | 0,768                                                         |



Таблица 8 – Производительность ТС на внутриусадебных перевозках рулонов сена  
Table 8 – Productivity of vehicles for domestic transportation of hay rolls

| $W_q$ , т/ч                                                                                                     |                                  |                                   |                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| Рулоны сена, сформированные пресс-подборщиком ПР-Ф-110 /<br>Hay bales formed by the PR-F-110 baler              |                                  |                                   |                                         |
| Марка ТС / Vehicle Brand                                                                                        |                                  |                                   |                                         |
| МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 /<br>MTZ-82.1+ 2PTS-4,5                                                                       | МТЗ-82.1+ПТС /<br>MTZ-82.1+ PTRS | ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ-<br>SAZ-33071 | ГАЗ-3302 «Газель» /<br>GAZ-3302 Gazelle |
| 3,94                                                                                                            | 3,94                             | 4,82                              | 3,84                                    |
| Рулоны сена, сформированные пресс-подборщиком ППР-120"Pelikan" /<br>Hay bales formed by PPR-120 "Pelikan" baler |                                  |                                   |                                         |
| 5,39                                                                                                            | 6,15                             | 7,51                              | 3,74                                    |
| Рулоны сена, сформированные пресс-подборщиком ПРФ-750 /<br>Hay bales formed by PRF-750 baler                    |                                  |                                   |                                         |
| 7,83                                                                                                            | 8,44                             | 10,52                             | 4,14                                    |

Таблица 9 – Производительность ТС на внутрихозяйственных перевозках рулонов сена  
Table 9 – Productivity of vehicles for on-farm transportation of hay rolls

| $W_q$ , т/ч                       |                                             |                                        |                                             |                                   |                                            |
|-----------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|
| Марка ТС / Vehicle Brand          |                                             |                                        |                                             |                                   |                                            |
| ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ-<br>SAZ-33071 | ГАЗ-3302<br>«Газель» / GAZ-<br>3302 Gazelle | ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ-<br>SAZ-33071      | ГАЗ-3302<br>«Газель» / GAZ-<br>3302 Gazelle | ГАЗ-САЗ-33071 / GAZ-<br>SAZ-33071 | ГАЗ-3302<br>«Газель» / GAZ-3302<br>Gazelle |
| ПР-Ф-110 / PR-F-110               |                                             | ППР-120"Pelikan" /<br>PPR-120"Pelikan" |                                             | ПРФ-750 / PRF-750                 |                                            |
| 2,67                              | 2,37                                        | 4,76                                   | 2,32                                        | 7,55                              | 2,72                                       |

Таблица 10 – Производительность ТС на внехозяйственных перевозках рулонов сена  
Table 10 – Productivity of vehicles for non-household transportation of hay rolls

| $W_q$ , т/ч                                   |                                                               |                                               |                                                               |                                               |                                                               |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Марка ТС / Vehicle Brand                      |                                                               |                                               |                                                               |                                               |                                                               |
| ГАЗ-3302<br>«Газель» /<br>GAZ-3302<br>Gazelle | КаМАЗ<br>45144<br>с прицепом /<br>KaMAZ 45144<br>with trailer | ГАЗ-3302<br>«Газель» /<br>GAZ-3302<br>Gazelle | КаМАЗ<br>45144<br>с прицепом /<br>KaMAZ 45144<br>with trailer | ГАЗ-3302<br>«Газель» /<br>GAZ-3302<br>Gazelle | КаМАЗ<br>45144<br>с прицепом /<br>KaMAZ 45144<br>with trailer |
| ПР-Ф-110 / PR-F-110                           |                                                               | ППР-120"Pelikan" / PPR-<br>120"Pelikan"       |                                                               | ПРФ-750 / PRF-750                             |                                                               |
| 1,07                                          | 3,19                                                          | 1,01                                          | 4,73                                                          | 1,23                                          | 8,48                                                          |

Полученные результаты расчетов часовой производительности ТС, представленные в табл. 3 – табл. 7, позволили установить влияние массы одного рулона сена  $m_p$  на  $W_q$  (см. рис.) при условии, что ТС загружено без превышения его номинальной грузоподъемности.

Результаты исследований показывают:

- при увеличении массы транспортируемых рулонов сена производительность всех исследуемых ТС на всех видах перевозок растет;
- на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках максимальную производительность имеют самосвалы автомобиль ГАЗ-САЗ-33071, а на внехозяйственных перевозках – большегрузный автомобиль КаМАЗ-45144 с прицепом.

Следует отметить, что хронометраж уборки рулонов сена с поля показал, что при внутриусадебных перевозках рулонов в тракторных прицепах трактор с погрузчиком занят лишь в течение 30 % времени смены.

Проведены также исследования производительности усовершенствованных конструкций:

- подборщика-транспортировщика рулонов сена (патент РФ №2747569), который обеспечивает транспортировку рулонов сена сформированных ПР-Ф-110, ППР-120"Pelikan"и ПРФ-750 в 2 яруса, при этом повышается коэффициент использования грузоподъемности соответственно до 0,75; 0,98 и 0,96, несколько растут затраты времени на переезды его от одного рулона к другому при их погрузке, но при этом затраты времени на погрузку рулонов в ТС не изменяются;

- автомобиля ГАЗ-3302 «Газель», оборудованного специализированной грузовой платформой (патент РФ №2554036), применение которой позволяет разгружать рулоны с платформы на обе стороны автомобиля без применения машин для разгрузки бортовых транспортных средств.

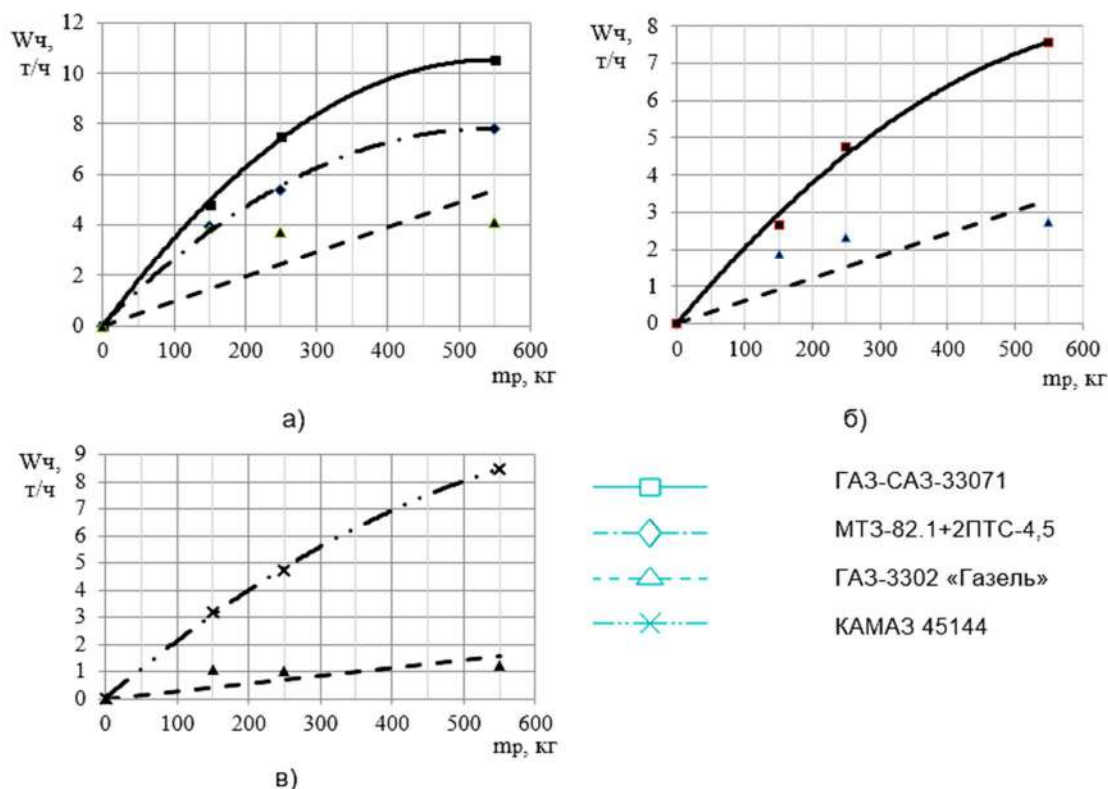


Рисунок – Зависимости часовой производительности ТС от массы рулона сена на внутриусадебных (а); внутрихозяйственных (б) и внехозяйственных (в) перевозках.  
Figure – The dependence of the hourly productivity of a vehicle on the weight of a roll of hay on intra-household (a); on-farm (b) and off-farm (c) transportation.

Результаты оценки производительности усовершенствованных ТС представлены в табл. 11.

Таблица 11 – Результаты оценки производительности усовершенствованных ТС  
Table 11 – Performance evaluation results of improved vehicles

| Марка ТС /<br>Vehicle Brand                                                      | Вид перевозки / Type of transportation |                              |                              |                                  |                              |                              |                                |                              |                              |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                                                                                  | Внутриусадебные /<br>Inside the manor  |                              |                              | Внутрихозяйственные /<br>on-farm |                              |                              | Внехозяйственные /<br>off-farm |                              |                              |
|                                                                                  | Марка пресс-подборщика / Baler Brand   |                              |                              |                                  |                              |                              |                                |                              |                              |
|                                                                                  | ПР-Ф-<br>110 /<br>PR-F-<br>110         | ППР-<br>120 /<br>PPR-<br>120 | ПРФ-<br>750 /<br>PRF-<br>750 | ПР-Ф-<br>110 /<br>PR-F-<br>110   | ППР-<br>120 /<br>PPR-<br>120 | ПРФ-<br>750 /<br>PRF-<br>750 | ПР-Ф-110 /<br>PR-F-110         | ППР-<br>120 /<br>PPR-<br>120 | ПРФ-<br>750 /<br>PRF-<br>120 |
| МТЗ-82.1+<br>ПТРС-2 / MTZ-<br>82.1+ PTRS-2                                       | 6,83                                   | 8,18                         | 8,49                         | -                                | -                            | -                            | -                              | -                            | -                            |
| ГАЗ-3302<br>со спец. плат-<br>формой / GAZ-<br>3302 with<br>special.<br>Platform | 4,74                                   | 4,92                         | 4,90                         | 2,50                             | 2,44                         | 3,12                         | 1,13                           | 1,06                         | 1,31                         |

Сравнение производительности ТС-прототипов и ТС усовершенствованной конструкции показывает:

- применение подборщика-транспортировщика рулонов сена усовершенствованной конструкции (ПТРС-2) позволяет повысить производительность ТС при транспортировке рулонов сена сформированных ПР-Ф-110, ППР-120"Pelikan"и ПРФ-750 на внутриусадебных перевозках соответственно на 73%, 33% и 0,6%;

- использование автомобиля ГАЗ-3302 «Газель» со специализированной грузовой платформой повысить производительность данного ТС на внутриусадебных перевозках рулонов от пресс-подборщиков ПР-Ф-110, ППР-120"Pelikan" и ПРФ-750 соответственно на 23%; 32% и 18%, на внутрихозяйственных перевозках – на 23%; 32% и 18% и внехозяйственных – на 23%; 32% и 18%.

**Выводы.** По результатам хронометража работы трех марок автомобилей ГАЗ-САЗ-33071, ГАЗ-3302 «Газель» и КАМАЗ 45144 с прицепом, а также машинно-тракторных агрегатов МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 и МТЗ-82.1 с подборщиком-транспортировщиком рулонов сена конструкции Волгоградского ГАУ на перевозках рулонов сена, сформированным пресс-подборщиками ПР-Ф-110, ППР-120"Pelikan"и ПРФ-750, установлено, что на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках всех видов рулонов максимальную производительность имеет самосвальный автомобиль ГАЗ-САЗ-33071, а на внехозяйственных перевозках – автомобиль КАМАЗ 45144 с прицепом.

При увеличении массы транспортируемых рулонов сена производительность всех исследуемых транспортных средств на всех видах перевозок растет.

Применение усовершенствованной конструкции подборщика-транспортировщика рулонов сена на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках его производительность выше, чем у автомобиля ГАЗ-САЗ-33071. При этом не требуется использовать технические средства для погрузки рулонов сена в данное транспортное средство и их выгрузки.

Использование автомобиля ГАЗ-3302 «Газель» со специализированной грузовой платформой позволяет повысить его часовую производительность на всех видах перевозок на 18 %-32 % по сравнению с серийным автомобилем.

**Conclusions.** According to the results of the timing of the work of three brands of GAZ-SAZ-33071, GAZ-3302 Gazelle and KAMAZ 45144 cars with a trailer, as well as MTZ-82.1+2PTS-4.5 and MTZ-82.1 tractor units with a baler-conveyor of hay rolls designed by Volgograd State Agrarian University for the transportation of hay rolls, formed by a press-pickers PR-F-110, PPR-120 "Pelikan" and PRF-750 found that the GAZ-SAZ-33071 dump truck had the maximum performance on domestic and on-farm transportation of all types of rolls, and on off-farm transportation – KAMAZ 45144 with a trailer.

With an increase in the mass of transported hay rolls, the productivity of all studied vehicles increases in all types of transportation.

The use of an improved design of the baler-conveyor of hay rolls in domestic and on-farm transportation, its performance is higher than that of the GAZ-SAZ-33071 car. At the same time, it does not require the use of technical means for loading hay rolls into this vehicle and unloading them.

The use of the GAZ-3302 Gazelle car with a specialized cargo platform makes it possible to increase its hourly productivity in all types of transportation by 18%-32% compared with a production car.

#### Библиографический список

1. Степашкина А. С. Повышение эффективности использования автотранспортных средств за счет увеличения номинального объема кузова при выполнении зерноуборочных работ. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2021. № 2. С. 122-128.
2. Овчинникова Н. И., Косарева А. В. Композиционный метод оценки времени между отказами сельскохозяйственной уборочно-транспортной системы. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 10. С. 46-55.
3. Xia L., Quan L., Ge L., Hao Y. Energy efficiency analysis of drive integrated and energy recuperation system for hydraulic excavator boom. Energ. Convers. Manage. 2018. Vol. 156. Pp. 680-687.
4. Кураш И. М., Лонцева И. А., Силохина Л. С. Повышение эффективности уборочно-транспортного комплекса за счет сокращения непроизводительных операций. Агронаука. 2023. Т. 1. № 2. С. 127-133.
5. Лонцева И. А., Кураш И. М., Овчинникова О.Ф. Методы повышения эффективности уборочно-транспортного звена. Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Т. 16. № 3. С. 107-114.
6. Бортник А. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Волченкова В. А. Мероприятия по повышению эксплуатационных показателей автотракторной техники при внутрихозяйственных перевозках в АПК. Техника и оборудование для села. 2019. № 9. С. 33-36.
7. Симдянкин А. А., Успенский И. А., Белю Л. П., Филюшин О. В. Повреждаемость плодов в результате транспортировки. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 346-356.

8. Byshov N. V., Borychev S. N., Simdyankin A. A., Yukhin I. A., Golikov A. A. Increasing the safety of agricultural products during its transportation and unloading. ACM International Conference Proceeding Series. 2018. Pp. 176-179.
9. Byshov N. V., Borychev S. N., Kashirin D. E., Kokorev G. D., Kostenko M. Y., Rembalovich G. K., Simdyankin A. A., Uspensky I. A., Shemyakin A. V., Yukhin I. A., Danilov I. K., Ryadnov A. I., Kosul'nikov B. A. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. V. 13. N. 10. Pp. 3502-3508.
10. Ряднов А. И., Федорова О. А., Шарипов Р. В., Бариль В. А. Повышение производительности соргоуборочного комбайна за счет применения усовершенствованного режущего аппарата жатки. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 441-452.
11. Ловчиков А. П., Бжезовский А. О., Макаровская З. В. Разработка комбинированной системы очистки зернового вороха зерноуборочного комбайна. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (83). С. 157-159.
12. Мапельман В., Костромичёва И., Федоров И. Транспортные средства: их многообразие и специфика. Основы безопасности жизнедеятельности. 2020. № 2 (242). С. 42-47.
13. Ряднов А. И., Ловчиков А. П., Шагин О. С., Шахов В. А. К разработке стационарного процесса обмолота хлебной массы комбайном с классическим молотильно-сепарирующим устройством. Известия НВ АУК. 2019. № 2 (54). С. 314-322.
14. Коношин И. В., Булавинцев Р. А., Волженцев А. В., Михайлов М. Р., Звекон А. В. Повышение эффективности уборки зерновых культур. Нива Поволжья. 2019. № 4 (53). С. 141-147.
15. Ряднов А. И., Любимов Р. В., Федоров А. В., Воронин С. М. Оценка производительности и безотказности погрузчика-транспортировщика рулонов сена. Известия НВ АУК. 2023. № 4 (72). С. 427-440.
16. Шепелев В. Д., Альметова З. В., Агеев П. И., Шепелева Е. В. Моделирование эффективности использования грузового автомобильного транспорта в зависимости от срока его эксплуатации. Вестник ЮУрГУ. 2018. Т. 12. № 2. С. 179-184.

#### References

1. Stepashkina A. S. Improving the efficiency of using motor vehicles by increasing the nominal volume of the body when performing grain harvesting. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2021. No 2. Pp. 122-128.
2. Ovchinnikova N. I., Kosareva A.V. A compositional method for estimating the time between failures of the agricultural harvesting and transport system. Bulletin of the Irkutsk State Technical University. 2018. Vol. 22. No. 10. Pp. 46-55.
3. Xia L., Quan L., Ge L., Hao Y. Energy efficiency analysis of drive integrated and energy recuperation system for hydraulic excavator boom. Energ. Convers. Manage. 2018. Vol. 156. Pp. 680-687.
4. Kurash I. M., Lontseva I. A., Silokhina L. S. Improving the efficiency of the harvesting and transport complex by reducing unproductive operations. Agronauka. 2023. V. 1. No. 2. Pp. 127-133.
5. Lontseva I. A., Kurash I. M., Ovchinnikova O. F. Methods of increasing the efficiency of the harvesting and transport link. Far Eastern Agrarian Bulletin. 2022. Vol. 16. No. 3. Pp. 107-114.
6. Bortnik A. V., Uspenskii I. A., Yukhin I. A., Volchenkova V. A. Measures to Improve the Operational Indicators of Automotive and Tractor Equipment in On-Farm Transportation in the Agro-Industrial Complex. Equipment and equipment for the village. 2019. № 9. Pp. 33-36.
7. Simdyankin A. A., Uspenskii I. A., Belyu L. P., Filyushin O. V. Damage to fruits as a result of transportation. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2020. № 2 (58). P. 346-356.
8. Byshov N. V., Borychev S. N., Simdyankin A. A., Yukhin I. A., Golikov A. A. Increasing the safety of agricultural products during its transportation and unloading. ACM International Conference Proceeding Series. 2018. Pp. 176-179.
9. Byshov N. V., Borychev S. N., Kashirin D. E., Kokorev G. D., Kostenko M. Y., Rembalovich G. K., Simdyankin A. A., Uspensky I. A., Shemyakin A. V., Yukhin I. A., Danilov I. K., Ryadnov A. I., Kosul'nikov B. A. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. V. 13. N. 10. Pp. 3502-3508.
10. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Sharipov R. V., Baril V. A. Increasing the productivity of a sorghum harvester due to the use of an improved reaper cutting device. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2021. № 1 (61). Pp. 441-452.
11. Lovchikov A. P., Brzezovsky A. O., Makarovskaya Z. V. Development of a combined system for cleaning a grain pile of a combine harvester. Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2020. No 3 (83). Pp. 157-159.
12. Mapelman V., Kostromicheva I., Fedorov I. Vehicles: their diversity and specificity. Fundamentals of life safety. 2020. No 2 (242). Pp. 42-47.
13. Ryadnov A. I., Lovchikov A. P., Shagin O. S., Shakhov V. A. On the Development of a Stationary Process of Threshing Bread Mass by a Combine Harvester with a Classical Threshing and Separating Device. Izvestiya NV AUK. 2019. № 2 (54). Pp. 314-322.
14. Konoshin I. V., Bulavintsev R. A., Volzhentsev A. V., Mikhailov M. R., Zvekov A. V. Improving the Efficiency of Harvesting Grain Crops. Niva of the Volga region. 2019. № 4 (53). Pp. 141-147.
15. Ryadnov A. I., Lyubimov R. V., Fedorov A.V., Voronin S. M. Evaluation of productivity and reliability of a loader-conveyor of hay rolls. Izvestia NV AUK. 2023. No 4 (72). Pp. 427-440.
16. Shepelev V. D., Almetova Z. V., Ageev P. I., Shepeleva E. V. Modeling the Efficiency of the Use of Freight Automobile Transport Depending on the Period of Its Operation. SUSU Bulletin. 2018. V. 12. № 2. Pp. 179-184.



## Информация об авторах

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

**Руденко Валерий Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры агротехнологий ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева (Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20а), ORCID: <https://www.orcid-ru.org/0000-0001-6518-9594>, e-mail: rudinko@yandex.ru

**Павловский Дмитрий Сергеевич**, аспирант кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: dima.pavlovskiy.20@inbox.ru

**Федоров Алексей Валерьевич**, аспирант кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6891-5459>, e-mail: alex\_fedorow\_97@mail.ru

## Author's Information

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

**Rudenko Valery Nikolaevich**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Technologies, Astrakhan V. N. Tatishchev State University (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishcheva St., 20a), ORCID: <https://www.orcid-ru.org/0000-0001-6518-9594>, e-mail: rudinko@yandex.ru

**Pavlovsky Dmitriy Sergeevich**, postgraduate student of the Department "Operation and Technical Service of machines in the Agro-industrial Complex" Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave. 26), e-mail: dima.pavlovskiy.20@inbox.ru

**Fedorov Aleksey Valerievich**, graduate student of the department "Operation and technical service of machines in the agro-industrial complex" Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6891-5459>, e-mail: alex\_fedorow\_97@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-42

**TRACTION RESISTANCE OF A CHISEL PLOW SECTION WITH WORKING BODIES  
OF VARIOUS GEOMETRIC SHAPES****Fomin S. D., Gapich D. S., Subbotin S. I., Shvabauer Yu. A.***Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: fsd\_58@mail.ru

Received 25.01.2023

Submitted 05.04.2024

**Summary**

The experimental results showed that the modified working bodies with a modified surface shape had a lower traction resistance compared to the serial ones.

**Abstract**

**Introduction.** The improvement of working bodies for agricultural machinery plays an important role in improving production efficiency. This makes it possible to improve the quality of tillage, reduce fuel consumption and increase the productivity of agricultural machinery. The development of modernized working bodies for the chisel plow is aimed at optimizing the process of chiseling the soil in order to reduce energy consumption. Research shows that the use of such working bodies helps to improve the tillage process, reduce energy consumption and increase the efficiency of the plow. **Object.** The object of the study is the working body of a chisel plow, made in the form of a chisel. **Materials and methods.** Experimental research methods were used. Experimental studies were carried out on real objects of tillage implements equipped with working bodies with different geometric characteristics of the working surface, using standard techniques. **Results and conclusions.** The experimental results showed that the modified working bodies with a modified surface shape had a lower traction resistance compared to the serial ones. This suggests that optimizing the shape of the working bodies allows you to reduce energy consumption for soil work. Further research in this direction may lead to the creation of more efficient agricultural tools and an improved tillage process.

**Keywords:** chisel ploughs, chisel plough chisel, experimental working bodies of chisel plough.

**Citation.** Fomin S. D., Gapich D. S., Subbotin S. I., Shvabauer Yu. A. Traction resistance of a chisel plow section with working bodies of various geometric shapes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 358-367 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-42.

**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 631.316.22

**ТЯГОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СЕКЦИИ ЧИЗЕЛЬНОГО ПЛУГА С РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ  
РАЗЛИЧНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ**

**Фомин С. Д.**, доктор технических наук, доцент  
**Гапич Д. С.**, доктор технических наук, профессор  
**Субботин С. И.**, аспирант  
**Швабауэр Ю. А.**, аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Актуальность.** Совершенствование рабочих органов для сельскохозяйственной техники играет важную роль в повышении эффективности производства. Это позволяет улучшить качество обработки почвы, снизить расход топлива и повысить производительность работы сельскохозяйственной техники. Разработка модернизированных рабочих органов для чизельного плуга направлена на оптимизацию процесса чизелевания почвы с целью снижения энергозатрат. Исследования показывают, что использование таких рабочих органов способствует улучшению процесса обработки почвы, снижению энергопотребления и повышению эффективности работы плуга. **Объект.** Объектом исследования является рабочий орган чизельного плуга, выполненный в виде долота. **Материалы и методы.** Применялись экспериментальные методы исследований. Экспериментальные исследования проводились на реальных объектах почвообрабатывающих орудий, оснащенных рабочими органами с различными геометрическими характеристиками рабочей поверхности, с применением стандартных методик. **Результаты и выводы.** Результаты экспериментов показали, что модифицированные рабочие органы с измененной формой поверхности имели более низкое тяговое сопротивление по сравнению с серийными. Это говорит о том, что оптимизация формы рабочих органов позволяет уменьшить энергозатраты на проведение почвенных работ. Дальнейшие исследования в этом направлении могут привести к созданию более эффективных сельскохозяйственных инструментов и улучшению процесса обработки почвы.

**Ключевые слова:** чизельные плуги, долото чизельного плуга, экспериментальные рабочие органы чизельного плуга.

**Цитирование.** Фомин С. Д., Гапич Д. С., Субботин С. И., Швабауэр Ю. А. Тяговое сопротивление секции чизельного плуга с рабочими органами различной геометрической формы. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 358-367. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-42.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Введение.** Технологический процесс чизелевания почвы – это разновидность основной обработки почвы, направленная на глубокое рыхление и перемешивание почвенного пласта без оборота его верхней части [1-5]. Глубина обработки почвы при чизелевании может варьироваться от 20 до 60 см. Данный вид обработки применяют, как правило, на «тяжелых» почвах: значение коэффициента удельного сопротивления  $6,5 - 11 \text{ кг/см}^2$ ; содержание гумуса менее 2%; пониженное значение влажности почвы на момент проведения чизельной обработки (до 12%) [6-10].

К достоинствам чизельной обработки следует отнести предотвращение развития ветровой и водной эрозии почвы; улучшение их биомеханических и физико-механических показателей; сохранение влаги в почвенных горизонтах; повышение плодородия почвы [11-15].

Из основных недостатков чизельной обработки следует выделить: значительная энергоемкость процесса; сложность применения чизельных орудий на засорённых почвах и почвах пониженной влажностью в виду возникновения процесса глыбообразования и «порозности» пахотного слоя; возникновение эффекта резания почвенного фона без его крошения (на почвах повышенной влажностью) [16-18].

Цель исследования – снижение энергоемкости процесса чизелевания почвы за счет оптимизации геометрических параметров поверхности рабочего органа чизельного плуга.

**Материалы и методы.** Применялись экспериментальные методы исследований. Экспериментальные исследования проводились на реальных объектах почвообрабатывающих орудий, оснащенных модифицированными рабочими органами с различными геометрическими характеристиками рабочей поверхности, с применением стандартных методик.

**Результаты и обсуждения.** На первом этапе экспериментальных исследований была поставлена задача изучения изменения тягового сопротивления секции чизельного плуга, оборудованной серийными рабочими органами, и модифицированными рабочими органами, поверхность которых была получена путем вращения базовой образующей кривой, согласно [19], относительно продольной оси. Таким образом, экспериментальный образец чизельной секции был исполнен в четырех вариантах: 1 – серийное долото; 2 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;6)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ ; 3 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;12)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ ; 4 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;18)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$  [20-21].

Экспериментальная часть была выполнена на двух почвенных фонах: стерня озимых культур, стерня однолетних трав. Влажность почвенных фонов варьировалась от 8 до 16%. Изменение тягового сопротивления рабочей секции чизельного плуга изучалась в функции действительной скорости движения. Данная характеристика способна оценить не только силовую нагруженность трактора, но и динамическую составляющую тягового сопротивления.

Результаты экспериментальных исследований для различных почвенных фонов представлены рисунками 1-3.

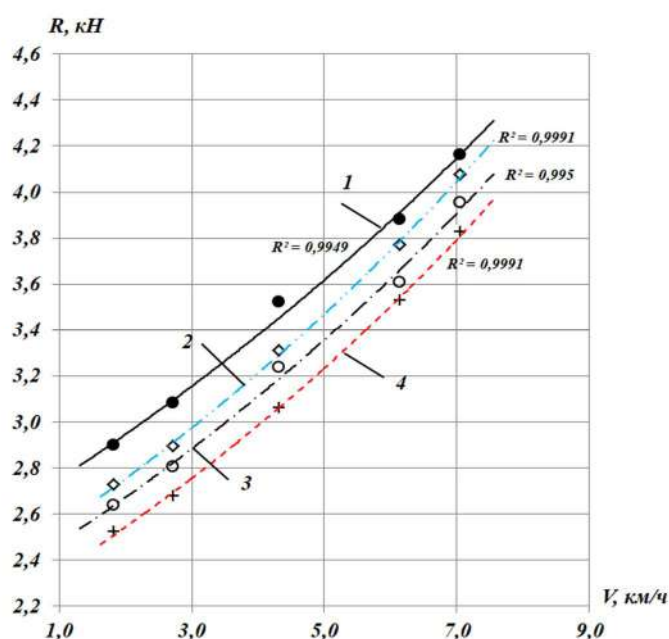


Рисунок 1 – Изменение тягового сопротивления чизельной стойки от скорости движения агрегата: 1 – серийное долото; 2 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;6)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ ; 3 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;12)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ ; 4 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;18)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ . Влажность почвы 8%

Figure 1 – Change in the traction resistance of the chisel strut with the speed of the unit: 1 – serial bit; 2 – experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through datum points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $P_2 (80; 6)$ ,  $P_3 (168; 24)$ ,  $P_4 (240; 6)$ ; 3 – is an experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through reference points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $P_2 (80; 12)$ ,  $P_3 (168; 24)$ ,  $P_4 (240; 6)$ ; 4 – experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through the reference points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $P_2 (80; 18)$ ,  $P_3 (168; 24)$ ,  $P_4 (240; 6)$ . Soil moisture is 8%

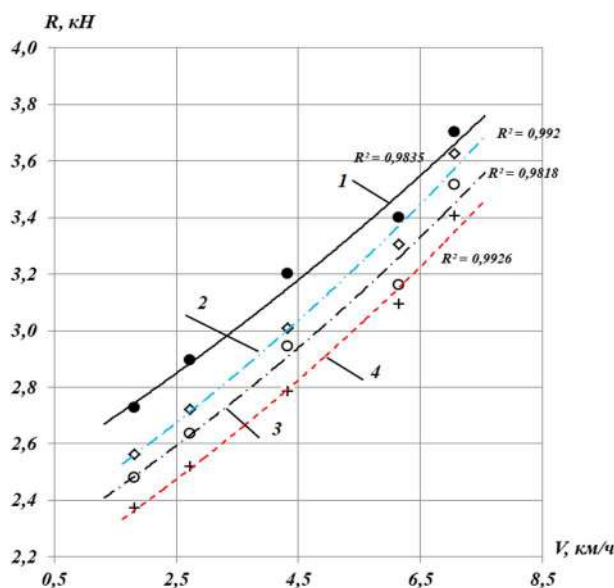


Рисунок 2 – Изменение тягового сопротивления чизельной стойки от скорости движения агрегата: 1 – серийное долото; 2 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;6)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ ; 3 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;12)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ ; 4 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;18)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ . Влажность почвы 12%

Figure 2 – Change in the traction resistance of the chisel strut with the speed of the unit: 1 – serial bit; 2 – experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through datum points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $R_2 (80; 6)$ ,  $R_3 (168; 24)$ ,  $R_4 (240; 6)$ ; 3 – is an experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through reference points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $R_2 (80; 12)$ ,  $R_3 (168; 24)$ ,  $R_4 (240; 6)$ ; 4 – experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through the reference points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $R_2 (80; 18)$ ,  $R_3 (168; 24)$ ,  $R_4 (240; 6)$ . Soil moisture is 12%

Анализ экспериментальных данных показывает, что при увеличении рабочей скорости движения чизельного агрегата наблюдается увеличение тягового сопротивления экспериментальной секции. Рост сопротивления движению секции наблюдается как при использовании серийных долот, так и при использовании экспериментальных долот, что свидетельствует об общем усилении динамичности процесса нагружения машинно-тракторного агрегата. Использование экспериментальных долот позволяет снизить среднее значение тягового сопротивления секции, наибольший эффект наблюдается при низких скоростях движения. По мере увеличения скорости движения эффективность экспериментальных долот снижается. Снижение тягового сопротивления за счет применения экспериментальных долот, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;18)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ , на почвах влажностью 8-12% составило: на скоростях до 6 км/ч – 12 %; на скоростях свыше 6 км/ч – 8%. Такой эффект можно объяснить тем, что при работе на повышенных скоростях пласт почвы, движущийся по рабочей поверхности, не успевает полностью повторить профиль рабочего органа, что приводит к снижению доли деформаций, связанных с растяжением почвенного пласта. Дополнительно можно отметить, что при работе на почвах влажность 16% эффективность применения экспериментальных долот полностью отсутствует. Наблюдается, наоборот, прирост тягового сопротивления экспериментальной секции. Данное явление можно объяснить тем, что при увеличении влажности почвы одновременно происходит рост её липкости и связности, что приводит к налипанию частиц почвы на вогнутую часть долота, рисунок 4. В этом случае движение почвенного пласта происходит не по сопряжению сталь – почва, а по сопряжению почва – почва, что резко увеличивает коэффициент трения трущихся поверхностей, а следовательно, и общее тяговое сопротивление чизельной секции.



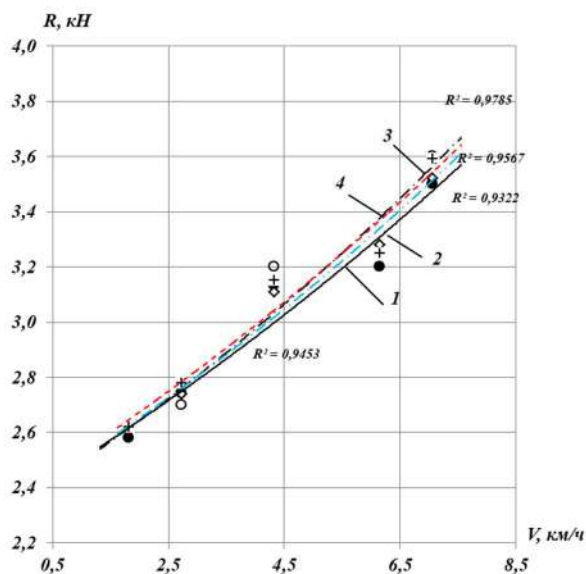


Рисунок 3 – Изменение тягового сопротивления чизельной стойки от скорости движения агрегата: 1 – серийное долото; 2 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;6)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ ; 3 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;12)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ ; 4 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;18)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ . Влажность почвы 16%

Figure 3 – Change in the traction resistance of the chisel strut with the speed of the unit: 1 – serial bit; 2 – experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through datum points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $R_2 (80; 6)$ ,  $R_3 (168; 24)$ ,  $R_4 (240; 6)$ ; 3 – is an experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through reference points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $R_2 (80; 12)$ ,  $R_3 (168; 24)$ ,  $R_4 (240; 6)$ ; 4 – experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through the reference points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $R_2 (80; 18)$ ,  $R_3 (168; 24)$ ,  $R_4 (240; 6)$ . Soil moisture is 16%



Рисунок 4 – Эффект налипания частиц почвы на экспериментальные рабочие органы.

Влажность почвенного фона 16%

Figure 4 – Effect of soil particles adhesion to experimental working tools. Soil moisture is 16%

Общую оценку эффективности применения экспериментальных рабочих органов, в зависимости от скорости движения агрегата, можно проследить по графическим зависимостям рисунков 5-7. По оси абсцисс отложена величина, характеризующая разность тягового сопротивления между серийной секцией и секцией, оборудованной экспериментальными рабочими органами.

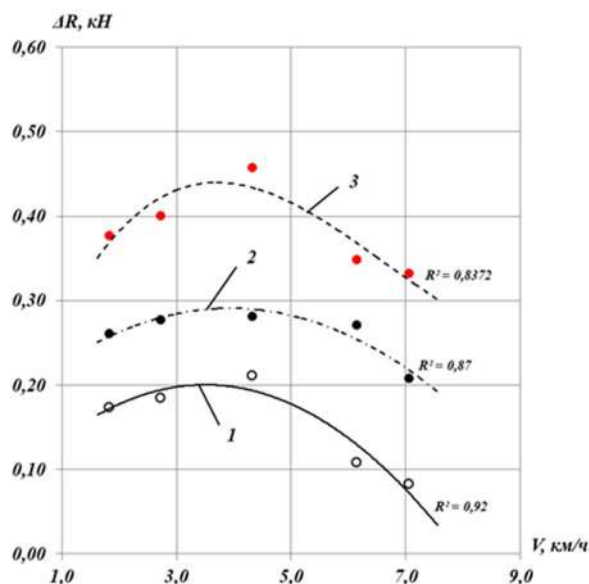


Рисунок 5 – Снижение тягового сопротивления экспериментальных стоек по отношению к серийной в функции скорости движения агрегата: 1 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;6)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ ; 2 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;12)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ ; 3 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;18)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ . Влажность почвы 8%

Figure 5 – Decrease in the traction resistance of the experimental struts in relation to the serial resistance in the function of the unit's speed: 1 – experimental bit, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through the reference points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $R_2 (80; 6)$ ,  $R_3 (168; 24)$ ,  $R_4 (240; 6)$ ; 2 – is an experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through datum points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $R_2 (80; 12)$ ,  $R_3 (168; 24)$ ,  $R_4 (240; 6)$ ; 3 – is an experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through reference points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $R_2 (80; 18)$ ,  $R_3 (168; 24)$ ,  $R_4 (240; 6)$ . Soil moisture is 8%

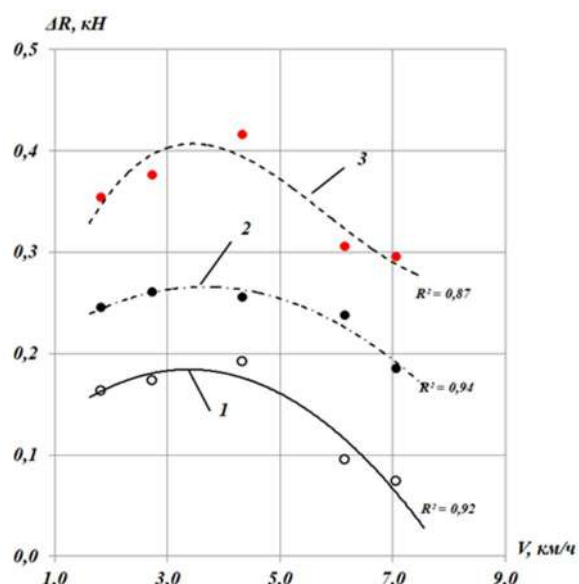


Рисунок 6 – Снижение тягового сопротивления экспериментальных стоек по отношению к серийной в функции скорости движения агрегата: 1 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;6)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ ; 2 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;12)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ ; 3 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;18)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ . Влажность почвы 12%

Figure 6 – Decrease in the traction resistance of the experimental struts in relation to the serial resistance in the function of the unit's speed: 1 – experimental bit, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through the reference points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $R_2 (80; 6)$ ,  $R_3 (168; 24)$ ,  $R_4 (240; 6)$ ; 2 – is an experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through datum points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $R_2 (80; 12)$ ,  $R_3 (168; 24)$ ,  $R_4 (240; 6)$ ; 3 – is an experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through reference points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $R_2 (80; 18)$ ,  $R_3 (168; 24)$ ,  $R_4 (240; 6)$ . Soil moisture is 12%

На рисунках 8-9 представлены графические зависимости, характеризующие эффективность применения экспериментальных долот на почвах различной влажности.

Анализ данных графических зависимостей в целом подтверждает выводы, сделанные нами в. Наиболее эффективными оказались рабочие органы, форма поверхности которых получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1$  (0;24),  $P_2$  (80;6),  $P_3$  (168;24),  $P_4$  (240;6). Эффективность их применения по мере увеличения влажности почвы снижается. Можно утверждать, что использование экспериментальных долот на почвах влажностью выше 16% не целесообразно.

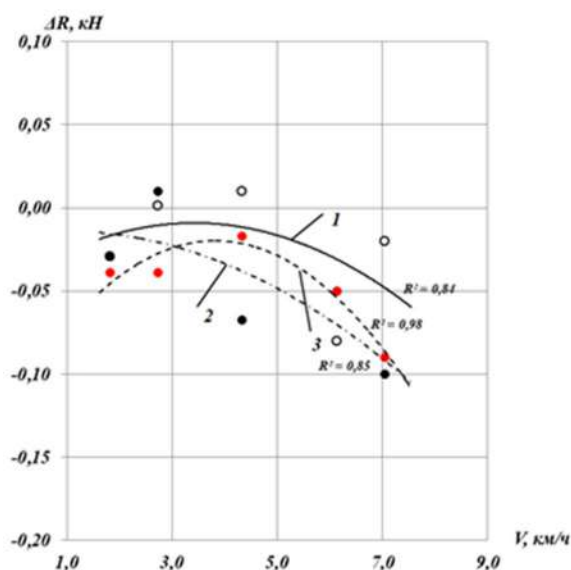


Рисунок 7 – Снижение тягового сопротивления экспериментальных стоек по отношению к серийной в функции скорости движения агрегата: 1 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1$  (0;24),  $P_2$  (80;6),  $P_3$  (168;24),  $P_4$  (240;6); 2 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1$  (0;24),  $P_2$  (80;12),  $P_3$  (168;24),  $P_4$  (240;6); 3 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1$  (0;24),  $P_2$  (80;18),  $P_3$  (168;24),  $P_4$  (240;6). Влажность почвы 16%

Figure 7 – Decrease in the traction resistance of the experimental struts in relation to the serial resistance in the function of the unit's speed: 1 – an experimental bit, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through the reference points with coordinates  $P_1$  (0; 24),  $P_2$  (80; 6),  $P_3$  (168; 24),  $P_4$  (240; 6); 2 – is an experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through datum points with coordinates  $P_1$  (0; 24),  $P_2$  (80; 12),  $P_3$  (168; 24),  $P_4$  (240; 6); 3 – is an experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through reference points with coordinates  $P_1$  (0; 24),  $P_2$  (80; 18),  $P_3$  (168; 24),  $P_4$  (240; 6). Soil moisture is 16%

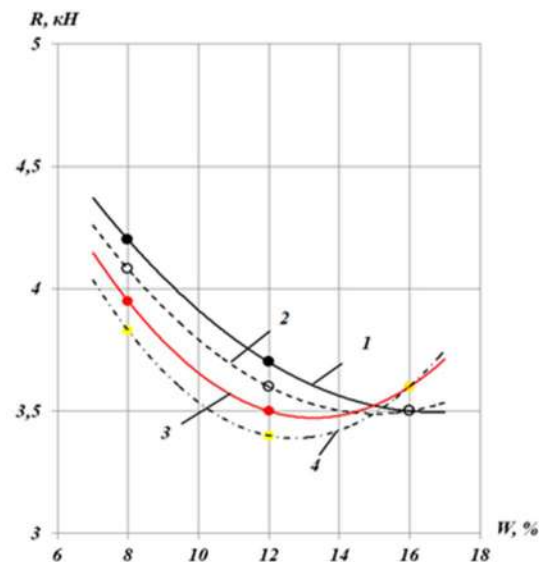


Рисунок 8 – Изменение тягового сопротивления чизельной стойки от влажности почвенного фона: 1 – серийное долото; 2 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1$  (0;24),  $P_2$  (80;6),  $P_3$  (168;24),  $P_4$  (240;6); 3 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1$  (0;24),  $P_2$  (80;12),  $P_3$  (168;24),  $P_4$  (240;6); 4 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1$  (0;24),  $P_2$  (80;18),  $P_3$  (168;24),  $P_4$  (240;6). Влажность почвы 8%

Figure 8 – Change in the traction resistance of the chisel rack from the moisture of the soil background: 1 – serial bit; 2 – experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through datum points with coordinates  $P_1$  (0; 24),  $P_2$  (80; 6),  $P_3$  (168; 24),  $P_4$  (240; 6); 3 – is an experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through reference points with coordinates  $P_1$  (0; 24),  $P_2$  (80; 12),  $P_3$  (168; 24),  $P_4$  (240; 6); 4 – experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through the reference points with coordinates  $P_1$  (0; 24),  $P_2$  (80; 18),  $P_3$  (168; 24),  $P_4$  (240; 6). Soil moisture is 8%

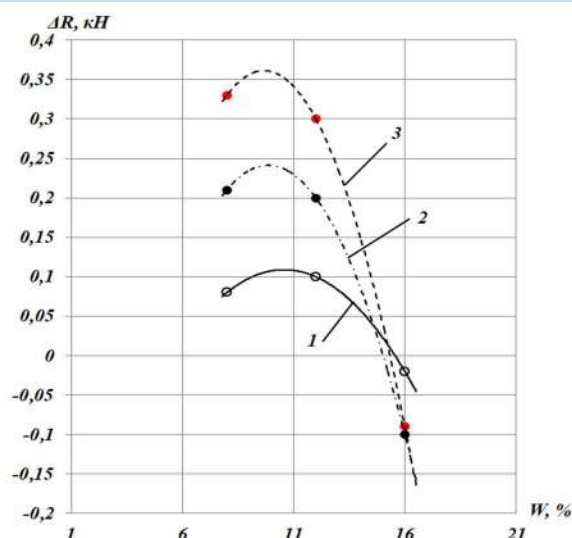


Рисунок 9 – Снижение тягового сопротивления экспериментальных стоек по отношению к серийной в функции влажности почвенного фона: 1 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;6)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ ; 2 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;12)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ ; 3 – экспериментальное долото, форма поверхности которого получена образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;18)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ .

Figure 9 – Decrease in the traction resistance of the experimental struts in relation to the serial resistance in the soil background moisture function: 1 – an experimental bit, the surface shape of which is obtained by a generating curve passing through the reference points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $R_2 (80; 6)$ ,  $R_3 (168; 24)$ ,  $R_4 (240; 6)$ ; 2 – is an experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through datum points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $R_2 (80; 12)$ ,  $R_3 (168; 24)$ ,  $R_4 (240; 6)$ ; 3 – is an experimental chisel, the shape of the surface of which is obtained by a generating curve passing through reference points with coordinates  $P_1 (0; 24)$ ,  $R_2 (80; 18)$ ,  $R_3 (168; 24)$ ,  $R_4 (240; 6)$ .

**Закключение.** Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что изменение формы поверхности рабочих органов чизельного плуга существенно влияет на уровень тягового сопротивления. В частности, экспериментальное долото с формой поверхности, полученной образующей кривой, проходящей через реперные точки с координатами  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;6)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$ , показало наилучшие результаты в снижении тягового сопротивления. Таким образом, исследование в целом показало, что оптимизация формы поверхности рабочих органов чизельного плуга может привести к снижению энергозатрат и повышению эффективности обработки почвы. Дальнейшие исследования в данной области могут быть направлены на оптимизацию процесса работы чизельных плугов с целью улучшения их производительности.

**Conclusions.** The results obtained allow us to conclude that the change in the shape of the surface of the working bodies of the chisel plow significantly affects the level of traction resistance. In particular, an experimental chisel with the shape of the surface obtained by forming a curve passing through reference points with coordinates  $P_1 (0;24)$ ,  $P_2 (80;6)$ ,  $P_3 (168;24)$ ,  $P_4 (240;6)$  showed the best results in reducing traction resistance. Thus, the study as a whole showed that optimizing the shape of the surface of the chisel plow working bodies can lead to a reduction in energy consumption and an increase in the efficiency of tillage. Further research in this area may be aimed at optimizing the operation of chisel plows in order to improve their performance.

#### Библиографический список

1. Борисенко И. Б., Доценко А. Е. Технические и технологические особенности комбинированного рабочего органа. Нива Поволжья. 2015. № 3 (36). С. 89-96.
2. Izmailov A., Liskin I., Lobachevskii Ya., Sidorov S., Khoroshenkov V., Mironova A., Luzhnova E. Simulation of soil-cutting blade wear in an artificial abrasive environment based on the similarity theory. Russian Agricultural Sciences. 2017. V. 43. N 1. Pp. 71-74.
3. Лобачевский Я. П., Старовойтов С. И. Физические аспекты суглинистой почвы. Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2015. 92 с.
4. Лобачевский Я. П., Старовойтов С. И., Комогорцев В. Ф. Обоснование параметров почворезающих рабочих органов для условий эксплуатации на суглинистых почвах. Москва: Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 2018. 304 с.



5. Лискин И. В., Лобачевский Я. П., Миронов Д. А. и др. Результаты лабораторных исследований почво-врезающих рабочих органов. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 4. С. 41-47.
6. Борисенко И. Б., Иванцова Е. А., Плещачев Ю. Н., Сидоров А. Н. Новые технологии обработки почвы. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1 (25). С. 14-16.
7. Лобачевский Я. П., Комогорцев В. Ф., Старовойтов С. И., Храмовских К. А. Анализ тягового сопротивления элементов цилиндрического плужного корпуса. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 2. С. 11-15.
8. Сидоров С. А., Лобачевский Я. П., Миронов Д. А., Золотарев А. С. Влияние геометрических и установочных параметров плужных рабочих органов на агротехнические и силовые характеристики. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 2. С. 10-16.
9. Васков А. А., Дорохов А. С., Трушина Л. Н. Графическое построение рабочих поверхностей корпусов плугов. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина". 2012. № 2 (53). С. 51-53.
10. Бердышев В. Е., Цепляев А. Н., Шапоров М. Н., Харлашин А. В., Седов А. В., Цепляев В. А., Борисенко И. Б. Теория и расчет технологических параметров сельскохозяйственных машин. Волгоград, 2018.
11. Ветохин В. И. О динамике формы поверхности рабочих органов почвоурыхлителей. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2010. № 6. С. 30-35.
12. Лобачевский Я. П., Старовойтов С. И. Оптимальный профиль передней поверхности чизельного рабочего органа. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 2. С. 26-30.
13. Лобачевский Я. П., Старовойтов С. И. Теоретические и технологические аспекты работы рыхлительного рабочего органа. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 5. С. 17-23.
14. Борисенко И. Б., Соколова М. В. Технологическая схема рабочего органа для полосной глубокой обработки почвы. Нива Поволжья. 2014. № 3 (32). С. 44-48.
15. Мазитов Н. К., Лобачевский Я. П., Дмитриев С. Ю. и др. Модернизированная технология и техника для обработки почвы и посева в экстремальных условиях. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 6. С. 63-67.
16. Лобачевский Я. П., Лискин И. В., Сидоров С. А. и др. Разработка и технология изготовления почво-обрабатывающих рабочих органов. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 4. С. 3-8.
17. Лобачевский Я. П., Лачуга Ю. Ф., Измайлов А. Ю., Шогенов Ю. Х. Научно-технические достижения агроинженерных научных организаций в условиях цифровой трансформации сельского хозяйства. Техника и оборудование для села. 2023. № 3 (309). С. 2-12.
18. Бабицкий Л. Ф., Соболевский И. В., Куклин В. А. Теоретические предпосылки к бионическому обоснованию параметров рабочих органов стернового культиватора. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20. № 2. С. 183-191.
19. Мазитов Н. К., Лобачевский Я. П., Рахимов Р. С. и др. Российская технология обработки почвы и посева на основе собственных конкурентоспособных инновационных машин. Достижения науки и техники АПК. 2014. № 7. С. 68-70.
20. Швабауэр Ю. А., Субботин С. И., Гапич Д. С., Фомин С. Д. Моделирование поверхности рабочего органа чизельного плуга. Известия НВ АУК. 2024. № 1 (73). С. 365-373.
21. Губайдуллин Д. С., Швабауэр Ю. А., Гапич Д. С., Фомин С. Д. Результаты экспериментальных исследований силовой нагруженности чизельного агрегата. Известия НВ АУК. 2024. № 1 (73). С. 357-365.
22. Гапич Д. С., Швабауэр Ю. А., Субботин С. И., Губайдуллин Д. С. Снижение тягового сопротивления чизельных орудий. Известия НВ АУК. 2023. № 4 (72). С. 398-409.

#### References

1. Borisenko I. B., Dotsenko A. E. Technical and Technological Features of the Combined Working Body. Niva of the Volga region. 2015. № 3 (36). Pp. 89-96.
2. Izmailov A., Liskin I., Lobachevskii Ya., Sidorov S., Khoroshenkov V., Mironova A., Luzhnova E. Simulation of soil-cutting blade wear in an artificial abrasive environment based on the similarity theory. Russian Agricultural Sciences. 2017. V. 43. N 1. Pp. 71-74.
3. Lobachevsky Y. P., Starovoitov S. I. Physical Aspects of Loamy Soil. Bryansk: Bryansk State Agrarian University, 2015. 92 p.
4. Lobachevsky Y. P., Starovoitov S. I., Komogortsev V. F. Substantiation of Parameters of Soil-Cutting Working Bodies for Operating Conditions on Loamy Soils. Moscow: Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 2018. 304 p.
5. Liskin I. V., Lobachevsky Y. P., Mironov D. A., et al. Results of Laboratory Studies of Soil-Cutting Working Bodies. Agricultural Machinery and Technologies. 2018. V. 12. № 4. Pp. 41-47.
6. Borisenko I. B., Ivantsova E. A., Pleskachev Yu. New technologies of soil tillage. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher professional education. 2012. № 1 (25). Pp. 14-16.
7. Lobachevsky Y. P., Komogortsev V. F., Starovoitov S. I., Khramovskikh K. A. Analysis of Traction Resistance of Cylindrical Plough Body Elements. Agricultural Machinery and Technologies. 2016. № 2. Pp. 11-15.
8. Sidorov S. A., Lobachevsky Y. P., Mironov D. A., Zolotarev A. S. Influence of Geometric and Installation Parameters of Plough Working Bodies on Agrotechnical and Power Characteristics. Agricultural Machinery and Technologies. 2020. V. 14. № 2. Pp. 10-16.
9. Vaskov A. A., Dorokhov A. S., Trushina L. N. Graphic construction of working surfaces of plough bodies. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin". 2012. № 2 (53). Pp. 51-53.
10. Berdyshev V. E., Tseplyaev A. N., Shaprov M. N., Kharlashin A. V., Sedov A. V., Tseplyaev V. A., Borisenko I. B. Theory and calculation of technological parameters of agricultural machines. Volgograd, 2018.
11. Vetokhin V. I. On the Dynamics of the Shape of the Surface of the Working Organs of Soil Cultivators. Tractors and agricultural machinery. 2010. № 6. Pp. 30-35.
12. Lobachevsky Y. P., Starovoitov S. I. Optimal Profile of the Front Surface of the Chisel Working Body. Agricultural Machinery and Technologies. 2018. V. 12. № 2. Pp. 26-30.

13. Lobachevsky Y. P., Starovoitov S. I. Theoretical and Technological Aspects of the Work of the Loosening Working Organ. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2016. № 5. Pp. 17-23.
14. Borisenko I. B., Sokolova M. V. Technological Scheme of the Working Body for Strip Deep Soil Cultivation. *Niva of the Volga region*. 2014. № 3 (32). Pp. 44-48.
15. Mazitov N. K., Lobachevsky Y. P., Dmitriev S. Yu., et al. Modernized Technology and Technique for Soil Treatment and Sowing in Extreme Conditions. *Proceedings of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2014. № 6. Pp. 63-67.
16. Lobachevsky Y. P., Liskin I. V., Sidorov S. A., et al. Development and Technology of Production of Soil Cultivating Working Bodies. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2016. № 4. Pp. 3-8.
17. Lobachevsky Y. P., Lachuga Y. F., Izmailov A. Yu., Shogenov Y. Kh. Scientific and Technical Achievements of Agroengineering Scientific Organizations in the Context of Digital Transformation of Agriculture. *Machinery and equipment for the village*. 2023. № 3 (309). Pp. 2-12.
18. Babitsky L. F., Sobolevsky I. V., Kuklin V. A. Theoretical prerequisites for bionic justification of the parameters of the working bodies of a stubble cultivator. *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2019. V. 20. № 2. Pp. 183-191.
19. Mazitov N. K., Lobachevsky Y. P., Rakhimov R. S., et al. Russian Technology of Soil Cultivation and Sowing Based on Own Competitive Innovative Machines. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2014. № 7. Pp. 68-70.
20. Shvabauer Y. A., Subbotin S. I., Gapich D. S., Fomin S. D. Modeling of the surface of the working body of a chisel plow. *Izvestiya NV AUK*. 2024. № 1 (73). Pp. 365-373.
21. Gubaidulin D. S., Shvabauer Y. A., Gapich D. S., Fomin S. D. Results of Experimental Studies of the Power Load of a Chisel Unit. *Izvestiya NV AUK*. 2024. № 1 (73). Pp. 357-365.
22. Gapich D. S., Shvabauer Y. A., Subbotin S. I., Gubaidulin D. S. Reduction of traction resistance of chisel guns. *Izvestiya NV AUK*. 2023. № 4 (72). Pp. 398-409.

## Информация об авторах

**Фомин Сергей Денисович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, проспект Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd\_58@mail.ru

**Гапич Дмитрий Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электроснабжение и энергетические системы», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

**Субботин Станислав Игоревич**, аспирант кафедры «Электроснабжение и энергетические системы», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

**Швабауэр Юрий Александрович**, аспирант кафедры «Электроснабжение и энергетические системы», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

## Author's Information

**Fomin Sergey Denisovich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd\_58@mail.ru

**Dmitry Sergeevich Gapich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

**Subbotin Stanislav Igorevich**, postgraduate student of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

**Shvabauer Yuri Alexandrovich**, Postgraduate student of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-43

APPLICATION OF VEGETATION INDICES FOR COMPARATIVE EVALUATION  
OF SOYBEAN FIELD GERMINATION<sup>1</sup>Kiryukhin S. V., <sup>2</sup>Kurbanov R. K., <sup>1</sup>Gurinovich S. O., <sup>1</sup>Panarina V. I., <sup>2</sup>Zakharova N. I.

<sup>1</sup>Federal Scientific Center of Legumes and Cereals  
Streletsky settlement, Orel region, Russian Federation

<sup>2</sup>Federal Scientific Agroengineering Center VIM  
Moscow, Russian Federation

Corresponding author E-mail: smedia@vim.ru

Received 28.11.2023

Submitted 20.03.2024

*The research was carried out within the framework of scientific cooperation between the Federal Research Center for Legumes and Cereals and the Federal Scientific Agroengineering Center VIM in 2022*

## Summary

The article examines the correlations between the field germination of soybeans and the values of vegetation indices. Tests on two groups of breeding samples showed that the MCARI and NDVI indices are the most sensitive to field germination indicators. The use of vegetation indices is advisable in years with unstable field germination of soybeans as an indirect method for its assessment.

## Abstract

**Introduction.** Field germination is estimated by counting the number of germinated plants per unit area. This is expressed as a percentage of the seed sown. This method requires not only certain physical costs but also time. With the development of digital technologies in modern conditions, it is necessary to search for new methods of assessing field germination. **Object.** The object of the research is the soybean competitive and preliminary variety testing nurseries and the soybean breeding and collection nursery. **Materials and methods.** The research was carried out at the experimental base of the Federal Research Centre for Legumes and Cereals in the Orel region. The planting of the nurseries and the related observations were carried out according to the methods of VIR and State Agricultural Testing. A DJI Matrice 200 v2 unmanned aerial vehicle equipped with a MicaSense Altum multispectral camera was used for multispectral aerial imaging. Six flights during the main growing season. Vegetation indices were calculated: NDVI, NDRE, CLGreen, GNDVI, and MCARI. **Results and conclusion.** Tests on two groups of breeding samples showed that the correlations are stronger, with large differences in the values of field germination of cultivars on plots. The correlation coefficient ( $r > 0.8$ ) for most of the indices reaches its highest value on the 25th day after the appearance of the first shoots. The most sensitive to field germination are the MCARI and NDVI indices, for which the average correlation ( $r > 0.7$ ) remained until the beginning of August (the end of flowering for most cultivars) with average differences in field germination and until the end of August (the beginning of maturation for most soybean cultivars) with high differences in field germination ( $r > 0.5$ ). The use of vegetation indices is advisable in years with unstable field germination of soybeans as an indirect method for its assessment, especially when there are significant differences between the samples studied and when there are a large number of forms studied on extensive and heterogeneous crop areas. It is also relevant for breeding material testing or environmental testing to reduce the amount of groundwork when assessing soybean field germination.

**Keywords:** soybean, soybean field germination, soybean breeding, soybean vegetation, unmanned aerial vehicles.

**Citation.** Kiryukhin S. V., Kurbanov R. K., Gurinovich S. O., Panarina V. I., Zakharova N. I. Application of vegetation indices for comparative evaluation of soybean field germination. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 367-376 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-43.

**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 633.853.52:631.53.011.2:631.527:631.34

**ПРИМЕНЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ  
ПОЛЕВОЙ ВСХОЖЕСТИ СОИ**

<sup>1</sup>Кирюхин С. В., кандидат сельскохозяйственных наук

<sup>2</sup>Курбанов Р. К., кандидат технических наук

<sup>1</sup>Гуринович С. О., старший научный сотрудник

<sup>1</sup>Панарина В. И., кандидат сельскохозяйственных наук

<sup>2</sup>Захарова Н. И., младший научный сотрудник

<sup>1</sup>Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур (ФГБНУ ФНЦ ЗБК)  
п. Стрелецкий, Орловская область, Российская Федерация

<sup>2</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)  
г. Москва, Российская Федерация

**Исследования проведены в рамках научного сотрудничества ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур» и ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» в 2022 году**

**Актуальность.** Полевая всхожесть оценивается путем подсчета проросших растений на единицу площади и выражения ее в процентах от посеянных семян. Этот метод требует не только определенных физических затрат, но и времени. С развитием цифровых технологий в современных условиях необходим поиск новых методов оценки полевой всхожести. **Объект.** Объектом исследований являются питомники конкурсного и предварительного сортоиспытания сои и селекционный и коллекционный питомник сои. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном поле экспериментальной базы ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур» (ФГБНУ ФНЦ ЗБК) в Орловской области. Закладка питомников и сопутствующие наблюдения проведены согласно методикам ВИР и Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур. Для мультиспектральной аэрофотосъемки использовался беспилотный летательный аппарат DJI Matrice 200 v2 с мультиспектральной камерой MicaSense Altum. Осуществлено 6 полетов в основные фазы вегетации. Рассчитаны вегетационные индексы: NDVI, NDRE, CLGreen, GNDVI, MCARI. **Результаты и выводы.** Испытания на двух группах селекционных образцов позволили выявить, что корреляци-

онные зависимости сильнее при больших различиях значений полевой всхожести сортообразцов на делянках. Наибольшие значения коэффициент корреляции ( $r > 0,8$ ) по большинству индексов приобретает на 25 день от появления первых всходов. Наиболее чувствительны к показателям полевой всхожести индексы MCARI и NDVI, для которых средняя корреляционная зависимость ( $r > 0,7$ ) сохранялась до начала августа (завершения цветения большинства селекционных номеров) при средних различиях полевой всхожести, и до конца августа (начало созревания большинства сортообразцов сои) при высоких различиях полевой всхожести ( $r > 0,5$ ). Применение вегетационных индексов целесообразно в годы с нестабильной полевой всхожестью сои в качестве непрямого метода для её оценки, особенно при значительных различиях среди изучаемых образцов и при большом количестве изучаемых форм на обширных и разнородных участках посевов, а также актуально при испытаниях селекционного материала или экологических испытаниях для снижения объёмов наземных работ при оценке полевой всхожести сои.

**Ключевые слова:** соя, полевая всхожесть сои, селекция сои, вегетация сои, беспилотные летательные аппараты.

**Цитирование.** Кирюхин С. В., Курбанов Р. К., Гуринович С. О., Панарина В. И., Захарова Н. И. Применение вегетационных индексов для сравнительной оценки полевой всхожести сои. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 367-376. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-43.

**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.** Данные аэрофотосъемки, полученные с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и мультиспектральной камеры, применяют для мониторинга состояния посевов, прогноза развития сельскохозяйственных культур, оценки их состояния и изменений в течение всего вегетационного периода [1, 2]. Полученные снимки в различных спектральных диапазонах анализируются и используются для вычисления вегетационных индексов по специальным формулам. Полученные таким образом карты вегетационных индексов могут быть использованы для качественного и комплексного мониторинга состояния сельскохозяйственных культур [3, 4].

В настоящее время для оценки сельскохозяйственных посевов используются более 150 вегетационных индексов, однако не все они активно применяются [5]. Каждый вегетационный индекс имеет специфическую сферу применения, ограничивающие факторы и используется как отдельно, так и в комплексе с другими индексами [6]. Индексы основаны на способности различных объектов отражать и поглощать электромагнитные волны. Максимальное поглощение солнечной радиации хлорофиллом приходится на красную зону спектра (0,62...0,75 мкм), а на ближнюю инфракрасную зону (0,75...1,30 мкм) – максимальное отражение энергии растений. Соотношение характеристик поглощения и отражения солнечной радиации дает возможность классифицировать растительность и другие объекты, например почву [7].

Одним из наиболее важных показателей качества посевов является полевая всхожесть, которая оказывает сильное влияние на урожайность и общее состояние посевов сои [8]. Полевая всхожесть зависит от множества факторов, таких как качество посевного материала, состояние почвы, погоднo-климатических условий. Ручная оценка и анализ полевой всхожести часто затруднены при мониторинге больших площадей или значительном количестве исследуемых селекционных образцов [9-12]. Использование беспилотных летательных аппаратов для оценки полевой всхожести и мониторинга состояния растений в течение вегетационного сезона способствует охвату больших площадей, устранению усредненных данных и объективной оценке развития растений [13]. При этом отсутствуют разработанные методики оценки полевой всхожести растений сои с помощью данных мультиспектральной аэрофотосъемки с БПЛА.

Цель исследования: сравнение групп селекционных образцов с различным распределением полевой всхожести и определение взаимосвязей между показателями полевой всхожести и значениями вегетационных индексов на разных этапах развития сои.

**Материал и методы.** В 2022 году исследования проводились на опытном поле экспериментальной базы ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур» (ФГБНУ ФНЦ ЗБК) в Орловской области. Научно-экспериментальная база расположена в лесостепной зоне РФ, в северной части Центрального федерального округа. Делянки располагались преимущественно на тёмно-серых лесных почвах среднесуглинистого состава, слабокислая ( $pH_{\text{сол.}} = 5,5$ ). Количество плодородного слоя (гумуса) – 5,1%, суль-



фата калия ( $K_2O$ ) – 7,8 мг/100 г почвы, оксида фосфора  $P_2O_5$  – 18,6 мг/100 г почвы. Для посева делянок с междурядьями 45 см использовалась селекционная сеялка СКС-6-10. Сев опытных делянок сои проведен – 26 мая. Всходы для большинства образцов приходились на 3-6 июня. Норма высева – 600 тыс. семян на гектар. Площадь опытных делянок 15 м<sup>2</sup>. Анализ полевой всхожести проводился поделяночно, количество всхожих растений определяли в четырех рядах на длине 0,55 см. В качестве объекта исследований были представлены питомники конкурсного и предварительного сортоиспытания, состоящие из 40 и 80 делянок соответственно, в сумме составляя 120 делянок. Селекционный и коллекционный питомник включали в себя 50 и 60 делянок, в сумме 110 делянок. Измерения полевой всхожести проводилось 9 июня 2022 года.

Закладка полевых опытов проводилась согласно Методике полевого опыта. Фенологические наблюдения – Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. Оценка морфологических и хозяйственных признаков – Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур; Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур.

При оптической оценке растительного покрова сои использовали беспилотный летательный аппарат *DJI Matrice 200 v2* с ГНСС антенной. На БПЛА крепится две камеры одновременно: RGB камера *DJI X4S 20 Mp* (5472 x 3648) и мультиспектральная камера *MicaSense Altum* с сенсором освещенности DLS2. DLS2 оснащен GPS приемником, фиксирующим координаты каждого изображения (рисунок 1). Камера делает снимки в шести каналах: синий (B) (475±32 нм), зеленый (G) (560±27 нм), красный (R) (668±16 нм), крайний красный (RE) (717±12 нм), ближний инфракрасный (NIR) (842 ±57 нм) и термальный (LWIR 8-14 мкм). Разрешение спектральных каналов 3,2 Mp (2064 x 1544) и термального канала: 160 x 120.



Рисунок 1 – БПЛА *DJI Matrice 200 v2* с мультиспектральной камерой *MicaSense Altum* (съемка 28 июня 2022 года)

Figure 1 – UAV *DJI Matrice 200 v2* with *MicaSense Altum* multispectral camera (shot on June 28, 2022)

Мониторинг селекционных посевов сои осуществлялся на высоте 120 метров. Мобильное приложение *DJI Pilot* использовалось для планирования и совершения полетов. Всего осуществлено 6 полетов: 16 июня 2022, 28 июня 2022, 12 июля 2022, 26 июля 2022, 11 августа 2022, 24 августа 2022.

Фотограмметрическая обработка данных осуществлялась в программном обеспечении *Pix4DMapper*. Для обработки *rgb*-данных использовался шаблон *3D Maps*, при обработке мультиспектральным данных использовали шаблон *Ag Multispectral*.

После каждого полета были созданы карты пяти вегетационных индексов и рассчитаны их средние значения для каждой из делянок: *Normalized difference vegetation index (NDVI)*, *Normalized difference Red Edge index (NDRE)*, *Chlorophyll Index Green (CIGreen)*, *Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)*, *Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index (MCARI)* (1-5):

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

$$NDRE = \frac{NIR - RE}{NIR + RE} \quad (2)$$

$$ClGreen(GCI) = \frac{NIR}{G} - 1 \quad (3)$$

$$GNDVI = \frac{NIR - G}{NIR + G} \quad (4)$$

$$MCARI = [(RE - R) - 0,2 \times (RE - G)] \times \frac{RE}{R} \quad (5)$$

**Результаты и обсуждение.** Значения изучаемых индексов изменялись в течение всего периода наблюдений (рисунок 2). Числовые показатели индексов росли по мере развития растений сои от начала июня, достигая максимальных значений в конце июля, начале августа, а к концу августа снижаясь. Наибольшие значения достигались в конце июля, начале августа, что соответствовало фазам цветения и налива бобов у сои. В эти фазы рост растений сои останавливается, не формируются новые листья, а старые постепенно начинают отмирать. Этот процесс проходит постепенно по мере налива бобов и созревания семян и завершается усыханием всего растения, наблюдается уменьшением значений вегетационных индексов. Вегетационный индекс ClGreen наиболее ярко отражает изменения, после 11 августа 2022 года наблюдается резкое падение значений.

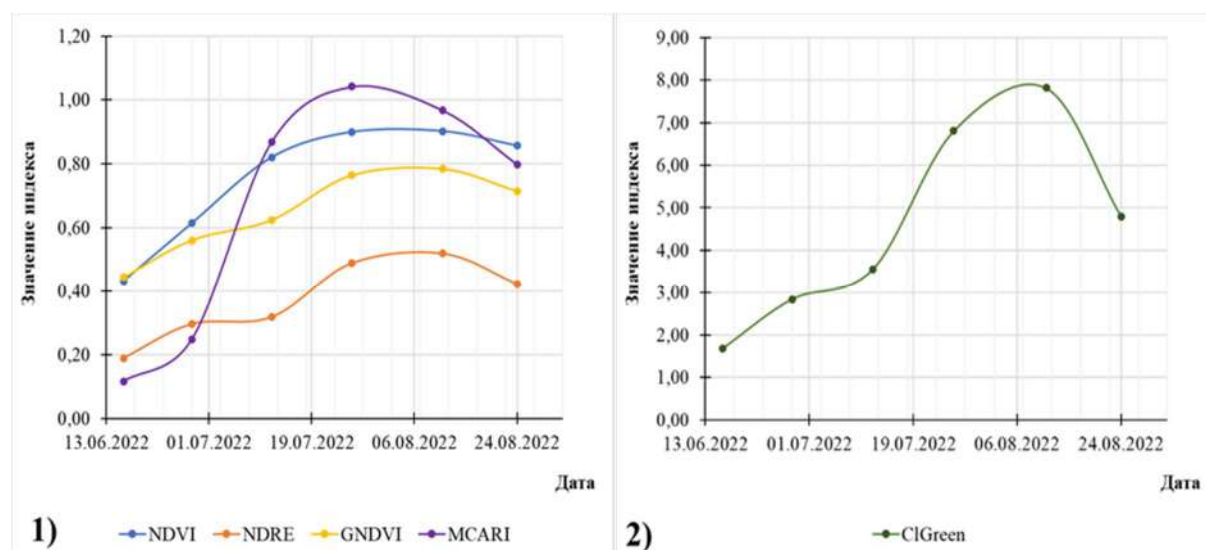


Рисунок 2 – Значения вегетационных индексов в течение вегетационного периода 2022 года  
1) Вегетационные индексы *NDVI*, *NDRE*, *GNDVI*, *MCARI*; 2) Вегетационный индекс *ClGreen*  
Figure 2 – Values of vegetation indices during the growing season of 2022 1) Vegetation indices *NDVI*, *NDRE*, *GNDVI*, *MCARI*; 2) Vegetation index *ClGreen*

Для определения взаимосвязей между полевой всхожестью и вегетационными индексами нами были выбраны питомники, имеющие различия как по лабораторной всхожести семян, так и по общей адаптивности растений к местным условиям возделывания в данной почвенно-климатической зоне. Питомники конкурсного и предварительного сортоиспытания состояли из сортов селекции ФГБНУ ФНЦ ЗБК, сортов стандартов и перспективных селекционных образцов. Так, питомник конкурсного сортоиспытания включал в себя 2 стандарта: Зуша и Алиса, а также перспективные селекционные номера. Питомник предварительного сортоиспытания содержал в себе больше разнообразных сортов и селекционных номеров, здесь были представлены 7 сортов стандартов: Мезенка, Ланцетная, Осмонь, Лидер 1, Лидер 10, Белгородская 7, Белгородская 48. Все представленные в этих питомниках формы хорошо приспособлены к условиям возделывания в зоне, семена для их посева имели высокую лабораторную всхожесть. Селекционный и коллекционный питомники,

напротив, состояли из неоднородных селекционных образцов, семена которых часто имели низкие значения энергии прорастания, силы роста семян и лабораторной всхожести. Всё это отразилось на полевой всхожести.

Интенсивные дожди, прошедшие после проведённого 24-25 мая посева, также сильно повлияли на полевую всхожесть. Семена, которые долго находились на хранении, имели механические повреждения или были заражены болезнями, дали ослабленные всходы и не смогли пробить корку, сформировавшуюся на поверхности почвы.

Группа селекционных образцов с относительно стабильной всхожестью, включала в себя питомники конкурсного и предварительного сортоиспытания. В этой группе образцы на 115 делянках из 120 имели полевую всхожесть в пределах 40-80%, при этом на большинстве из них (93 делянки) всхожесть была от 50 до 70% (рисунок 3). К группе с менее стабильной полевой всхожестью относились сорта и селекционные номера коллекционного и селекционного питомников. В этой группе полевая всхожесть колебалась в широких пределах, так, на 25 из 110 делянок полевая всхожесть была низкой – от 7,4 до 40%, 36 номеров характеризовались всхожестью от 40 до 60%, ещё 49 селекционных образцов обладали всхожестью от 60 до 90 % (рисунок 4).

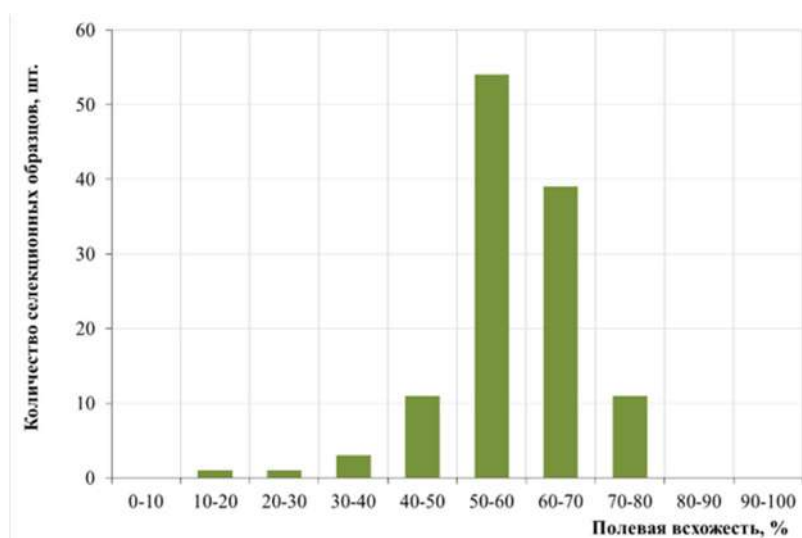


Рисунок 3 – Распределение полевой всхожести, среди делянок питомников конкурсного и предварительного сортоиспытания (2022 г.)

Figure 3 – Distribution of field germination, among plots of nurseries of competitive and preliminary variety testing (2022)

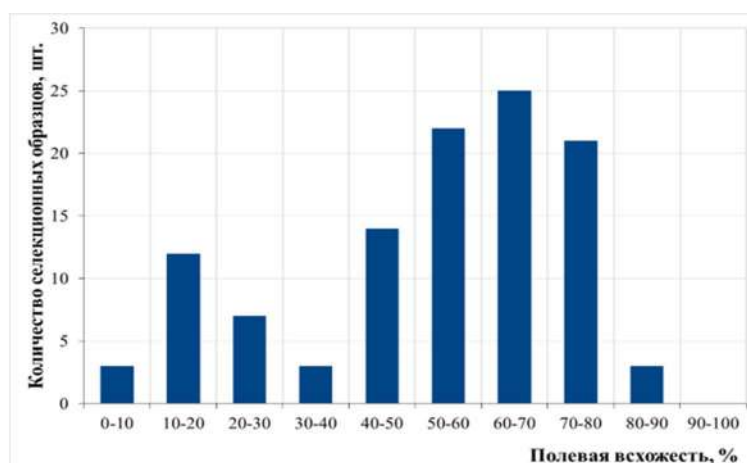


Рисунок 4 – Распределение полевой всхожести, среди делянок коллекционного и селекционного питомников (2022 г.)

Figure 4 – Distribution of field germination, among plots of collection and breeding nurseries (2022)

Проведённый корреляционный анализ между полевой всхожестью и изучаемыми вегетационными индексами показал значительные различия в значениях коэффициента корреляции (таблицах 1, 2). Представленные в таблицах коэффициенты корреляции отличаются: так, значения средней корреляционной зависимости, где  $r=0,3-0,7$  выделены жёлтым, значения, соответствующие сильной корреляционной зависимости, где  $r>0,7$  выделены зелёным [5].

Таблица 1 – Значение коэффициента корреляции между полевой всхожестью и значениями вегетационных индексов на делянках питомников конкурсного и предварительного сортоиспытания (2022 г.)

Table 1 – The value of the correlation coefficient between field germination and the values of vegetation indices in the plots of nurseries of competitive and preliminary variety testing (2022)

| Дата съёмки /<br>Date of<br>Shooting | Значение коэффициента корреляции между полевой всхожестью и вегетационными индексами / Value of the correlation coefficient between field germination and vegetation indices |       |         |       |       |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------|-------|-------|
|                                      | NDVI                                                                                                                                                                         | NDRE  | CIGreen | GNDVI | MCARI |
| 16 июня /<br>June 16                 | 0,48                                                                                                                                                                         | 0,44  | 0,45    | 0,44  | 0,49  |
| 28 июня /<br>June 28                 | 0,57                                                                                                                                                                         | 0,46  | 0,42    | 0,51  | 0,40  |
| 12 июля /<br>July 12                 | 0,48                                                                                                                                                                         | 0,25  | 0,23    | 0,27  | 0,58  |
| 26 июля /<br>July 26                 | 0,35                                                                                                                                                                         | 0,02  | 0,04    | 0,07  | 0,47  |
| 11 августа /<br>August 11            | -0,03                                                                                                                                                                        | -0,26 | -0,20   | -0,18 | 0,43  |
| 24 августа /<br>August 24            | -0,11                                                                                                                                                                        | -0,27 | 0,28    | -0,21 | 0,15  |

Таблица 2 – Значение коэффициента корреляции между полевой всхожестью и значениями вегетационных индексов на делянках коллекционного и селекционного питомников (2022 г.)

Table 2 – The value of the correlation coefficient between field germination and the values of vegetation indices in the plots of collection and breeding nurseries (2022)

| Дата съёмки /<br>Date of<br>Shooting | Значение коэффициента корреляции между полевой всхожестью и вегетационными индексами / Value of the correlation coefficient between field germination and vegetation indices |      |         |       |       |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------|-------|-------|
|                                      | NDVI                                                                                                                                                                         | NDRE | CIGreen | GNDVI | MCARI |
| 16 июня /<br>June 16                 | 0,43                                                                                                                                                                         | 0,46 | 0,47    | 0,49  | 0,31  |
| 28 июня /<br>June 28                 | 0,88                                                                                                                                                                         | 0,87 | 0,86    | 0,89  | 0,81  |
| 12 июля /<br>July 12                 | 0,63                                                                                                                                                                         | 0,68 | 0,74    | 0,71  | 0,74  |
| 26 июля /<br>July 26                 | 0,64                                                                                                                                                                         | 0,69 | 0,74    | 0,71  | 0,72  |
| 11 августа /<br>August 11            | 0,61                                                                                                                                                                         | 0,60 | 0,57    | 0,63  | 0,58  |
| 24 августа /<br>August 24            | 0,47                                                                                                                                                                         | 0,22 | -0,10   | 0,31  | 0,63  |

Как видно из таблицы 1 средняя корреляционная зависимость между полевой всхожестью и всеми рассмотренными индексами на делянках питомников конкурсного и предварительного сортоиспытания сохранялась в течение двух недель между съёмками 16 и 28 июня. Значение коэффициента корреляции изменялось по всем индексам от 0,4 до 0,57, наиболее высоким оставаясь для индекса NDVI. Во время начала цветения большинства образцов (съёмка 12 июля (рисунок 5)) индексы NDRE, CIGreen и GNDVI имеют низкие значения коэффициента корреляции. В тоже время между полевой всхожестью и индексами NDVI и MCARI сохраняется средняя корреляционная зависимость, составляя  $r=0,48$  и  $r=0,58$  соответственно. В период завершения



интенсивного цветения сои 26 июля зависимость между изучаемыми показателями снизилась до  $r=0,35$  для *NDVI* и  $r=0,47$  для *MCARI*. Во время начала созревания 11 августа корреляционная зависимость была характерна только для индекса *MCARI* ( $r=0,43$ ). Во время начала созревания многих селекционных образцов (24 августа) сильных и средних корреляций между индексами и полевой всхожестью выявлено не было.

Представленные в таблице 2 корреляционные связи между полевой всхожестью и изучаемыми вегетационными индексами на делянках коллекционного и селекционного питомников значительно отличаются от рассмотренных выше. Так, в период интенсивного роста сои 16 июня зависимость была средней, коэффициент корреляции различался по разным индексам в пределах от 0,31 до 0,49. Съёмка 28 июня выявила сильную корреляционную зависимость, значения коэффициента корреляции по всем индексам были очень высокими от 0,81 до 0,89. Это говорит о тесной взаимосвязи между изучаемыми показателями. К началу цветения селекционных номеров (12 июля (рисунок 5)) на большинстве делянок значения коэффициента корреляции снизились, всё ещё оставаясь достаточно высокими. Для индексов *CIGreen*, *GNDVI*, *MCARI* корреляция с полевой всхожестью была сильной –  $r=0,71-0,74$ . Для индексов *NDVI* и *NDRE* корреляция была средней со значениями  $r=0,63$  и  $0,68$ . Дата следующей съёмки 26 июля соответствовала окончанию цветения большинства селекционных номеров, однако аналогичные показатели корреляции почти не менялись по сравнению со съёмкой 12 июля. 11 августа наблюдались средние корреляционные зависимости, характерные для большинства индексов с различиями  $r$  от 0,57 до 0,63. Во время последней съёмки 24 августа многие из изучаемых селекционных номеров находились в стадии начала созревания, однако некоторые индексы всё ещё коррелировали в средней степени с полевой всхожестью, это индексы *MCARI*  $r=0,63$ ; *NDVI*  $r=0,47$ ; *GNDVI*  $r=0,31$ .

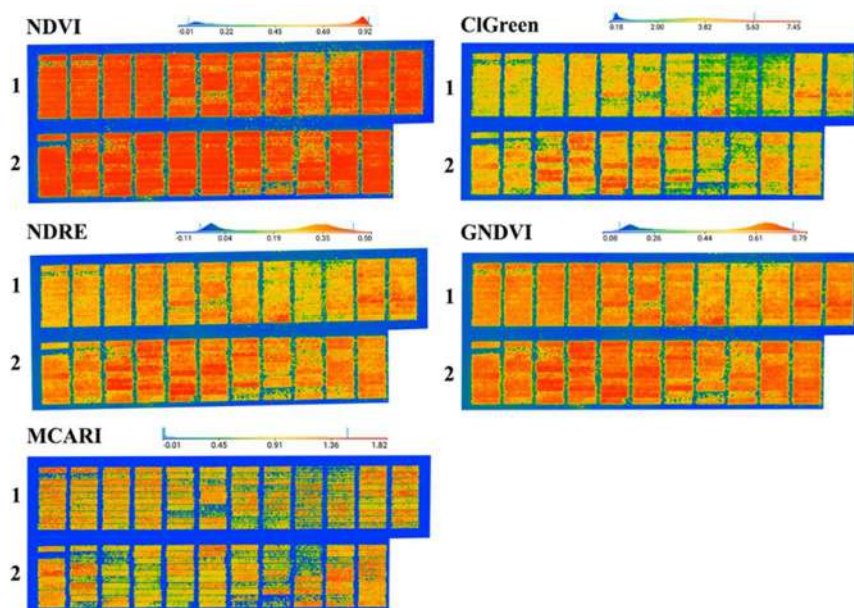


Рисунок 5 – Карты вегетационных индексов *NDVI*, *NDRE*, *CIGreen*, *GNDVI*, *MCARI* на начало цветения большинства селекционных номеров сои (съёмка от 12.07.2022): 1) Питомники конкурсного и предварительного сортоиспытания; 2) коллекционный и селекционный питомники  
Figure 5 – Maps of vegetation indices *NDVI*, *NDRE*, *CIGreen*, *GNDVI*, *MCARI* at the beginning of flowering of most soybean breeding numbers (survey from 12.07.2022): 1) Nurseries of competitive and preliminary variety testing; 2) Collection and breeding nurseries

**Закключение.** 1. Выявленные и рассмотренные выше корреляционные зависимости указывают на связь между полевой всхожестью и изучаемыми вегетационными индексами.

2. Испытания на двух группах селекционных образцов позволило определить, что данные зависимости выражены тем сильнее, чем больше различия значений полевой всхожести сортообразцов на делянках. Так, для питомников конкурсного и предварительного

сортоиспытания корреляционные зависимости были главным образом средние при небольших различиях полевой всхожести. В то же время на питомниках коллекции и селекционном различия значительны, а корреляционные зависимости сильнее. Наибольшие значения коэффициент корреляции по большинству индексов приобретает на дату съёмки 28 июня, что соответствует 25 дням от появления первых всходов. Наиболее чувствительными к показателям полевой всхожести оказались индексы *MCARI* и *NDVI*, для которых средняя корреляционная зависимость сохранялась до начала августа (завершения цветения большинства селекционных номеров) при средних различиях полевой всхожести и до конца августа (начало созревания большинства сортов/образцов сои) при высоких различиях полевой всхожести.

3. Применение вегетационных индексов для оценки полевой всхожести сои целесообразно:

- в годы с нестабильной полевой всхожестью в качестве непрямого метода её оценки;
- при значительных различиях среди изучаемых образцов;
- при большом количестве изучаемых форм на обширных и разнородных участках посевов;
- при испытаниях селекционного материала и экологических испытаниях для снижения объёмов трудоёмких ручных наземных работ.

**Conclusions.** 1. The correlations identified and discussed above indicate a relationship between field germination and the studied vegetation indices.

2. Tests on two groups of breeding samples allowed us to determine that these dependencies are expressed the more strongly, the greater the differences in the values of field germination of cultivars on plots. So, for nurseries of competitive and preliminary variety testing, the correlations were mainly average with small differences in field germination. At the same time, the differences in the collection and breeding nurseries are significant, and the correlations are stronger. The correlation coefficient for most indices acquired the highest values on the date of shooting on June 28, which corresponds to 25 days from the appearance of the first shoots. The most sensitive to field germination indicators were the *MCARI* and *NDVI* indices, for which the average correlation was maintained until the beginning of August (the end of flowering for most breeding numbers) with average differences in field germination and until the end of August (the beginning of ripening for most soybean varieties) with high differences in field germination.

3. The use of vegetation indices to assess the field germination of soybeans is advisable:
- in years with unstable field germination as an indirect method of its assessment;
  - with significant differences among the studied samples;
  - with a large number of studied forms on extensive and heterogeneous areas of crops;
  - when testing breeding material and environmental tests to reduce the volume of labor-intensive manual ground work.

#### Библиографический список

1. Балабанов В. И., Елесеев В. В., Солдатов П. Д., Бабанский И. В., Романенкова М. С. Беспилотные машины и их применение в сельском хозяйстве. Наука в центральной России. 2020. № 3 (45). С. 31-40.
2. Бейлис В. М., Ценч Ю. С. Методологические аспекты стандартизации машинных технологий производства продукции растениеводства. Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2019. № 1 (34). С. 61-67.
3. Лачуга Ю. Ф., Измайлов А. Ю., Лобачевский Я. П., Шогенов Ю. Х. Интенсивные машинные технологии, роботизированная техника и цифровые системы для производства основных групп сельскохозяйственной продукции. Техника и оборудование для села. 2018. № 7. С. 2-7.
4. Лобачевский Я. П., Дорохов А. С. Перспективные научно-технические проекты в сфере механизации и роботизации сельского хозяйства. Формирование единого научно-технологического пространства Союзного государства: проблемы, перспективы, инновации. Минск, 2017. С. 333-343.
5. Лобачевский Я. П., Дорохов А. С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 15. № 4. С. 6-10.
6. Измайлов А. Ю. Интеллектуальные технологии и роботизированные средства в сельскохозяйственном производстве. Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89. № 5. С. 536-538.
7. Лобачевский Я. П., Ценч Ю. С. Принципы формирования систем машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации технологических процессов в растениеводстве. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 4. С. 4-12.
8. Вилюнов С. Д., Зотиков В. И., Сидоренко В. С., Старикова Ж. В., Мальцев А. А. Применение вегетационных индексов в селекции озимой мягкой пшеницы. Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 3 (43). С. 73-83.
9. Манылова О. В., Жаркова С. В. Полевая всхожесть и сохранность растений сои к уборке в зависимости от элементов агротехнологии. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. № 12-3 (63). С. 41-43.

10. Полухин А. А., Цуканова З. Р., Гусева А. А., Молошонок А. А., Латынцева Е. В. Организация первичного семеноводства новых сортов зерновых, зернобобовых, крупяных культур и сои. Земледелие. 2022. № 5. С. 28-31.
11. Бельшикина М. Е. Современное состояние и перспективы мирового и российского рынков сои. Аграрная Россия. 2013. № 6. С. 7-11.
12. Belyshkina M., Zagoruiko M., Mironov D. The study of possible soybean introduction into new cultivation regions based on the climate change analysis and the agro-ecological testing of the varieties. Agronomy. 2023. Vol. 13. No. 2. P. 610.
13. Kurbanov R., Zakharova N. Justification and selection of vegetation indices to determine the early soybeans readiness for harvesting. E3S Web of Conferences, InterAgromash 2021. Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2021. Vol. 273. P. 01008.

#### References

1. Balabanov V. I., Eleseev V. V., Soldatov P. D., Babansky I. V., Romanenkova M. S. Unmanned vehicles and their application in agriculture. Science in Central Russia. 2020. № 3 (45). Pp. 31-40.
2. Beilis V. M., Tsench Yu. S. Methodological aspects of standardization of machine technologies for crop production. Electrotechnologies and electrical equipment in agroindustrial complex. 2019. № 1 (34). Pp. 61-67.
3. Lachuga Y. F., Izmailov A. Yu., Lobachevsky Y. P., Shogenov Y. H. Intensive machine technologies, robotic technology and digital systems for the production of the main groups of agricultural products. Technics and equipment for rural areas. 2018. № 7. Pp. 2-7.
4. Lobachevsky Y. P., Dorokhov A. S. Perspective scientific and technical projects in the field of mechanization and robotization of agriculture. Formation of a common scientific and technological space of the Union State: problems, prospects, innovations. Minsk, 2017. Pp. 333-343.
5. Lobachevsky Y. P., Dorokhov A. S. Digital technologies and robotized technical means for agriculture. Agricultural machines and technologies. 2021. V. 15. № 4. Pp. 6-10.
6. Izmailov A. Yu. Intellectual technologies and robotic means in agricultural production. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2019. V. 89. № 5. Pp. 536-538.
7. Lobachevskiy Ya. P., Tsench Yu. S. Principles of forming the systems of machines and technologies for complex mechanization and automation of technological processes in crop production (in Russian). Agricultural machines and technologies. 2022. V. 16. № 4. Pp. 4-12.
8. Vilyunov S. D., Zotikov V. I., Sidorenko V. S., Starikova J. V., Maltsev A. A. Application of vegetation indices in the selection of winter soft wheat. Grain legumes and cereals. 2022. № 3 (43). Pp. 73-83.
9. Manylova O. V., Zharkova S. V. Field germination and safety of soybean plants to harvesting depending on the elements of agrotechnology. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2021. № 12-3 (63). Pp. 41-43.
10. Polukhin A. A., Tsukanova Z. R., Guseva A. A., Moloshonok A. A., Latyntseva E. V. Organization of primary seed production of new varieties of cereals, legumes, cereals and soybeans. Agriculture. 2022. No. 5. Pp. 28-31.
11. Belyshkina M. E. The current state and prospects of the world and Russian soybean markets. Agrarian Russia. 2013. No. 6. Pp. 7-11.
12. Belyshkina M., Zagoruiko M., Mironov D. The study of possible soybean introduction into new cultivation regions based on the climate change analysis and the agro-ecological testing of the varieties. Agronomy. 2023. Vol. 13. No. 2. P. 610.
13. Kurbanov R., Zakharova N. Justification and selection of vegetation indices to determine the early soybeans readiness for harvesting. E3S Web of Conferences, InterAgromash 2021. Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2021. Vol. 273. P. 01008.

#### Информация об авторах

**Кирюхин Сергей Викторович**, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур (ФГБУ ФНЦ ЗБК) (Российская Федерация, 302502, Орловская область, поселок Стрелецкий, ул. Молодежная, д. 10, корп. 1), e-mail: sergsv2010@mail.ru

**Курбанов Рашид Курбанович**, кандидат технических наук, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (ФГБУ ФНАЦ ВИМ) (Российская Федерация, 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), e-mail: celeba@outlook.com

**Гуринович Сергей Олегович**, старший научный сотрудник Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур (ФГБУ ФНЦ ЗБК) (Российская Федерация, 302502, Орловская область, поселок Стрелецкий, ул. Молодежная, д. 10, корп. 1), e-mail: sergur17@mail.ru

**Панарина Вероника Игоревна**, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур (ФГБУ ФНЦ ЗБК) (Российская Федерация, 302502, Орловская область, поселок Стрелецкий, ул. Молодежная, д. 10, корп. 1), e-mail: ver1183@yandex.ru

**Захарова Наталья Ивановна**, младший научный сотрудник Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (ФГБУ ФНАЦ ВИМ) (Российская Федерация, 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), e-mail: smedia@vim.ru

#### Author's Information

**Kiryukhin Sergey Viktorovich**, Candidate of Agricultural Sciences, Federal Scientific Center of Legumes and Cereals (Russian Federation, 302502, Oryol region, Streletsky village, Molodezhnaya str., 10, building 1), e-mail: sergsv2010@mail.ru

**Kurbanov Rashid Kurbanovich**, Candidate of Engineering Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center of VIM (FSBI FNAC VIM) (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutskiy proezd, 5), e-mail: celeba@outlook.com

**Gurinovitch Sergey Olegovich**, Senior Researcher, Federal Scientific Center of Legumes and Cereals (Russian Federation, 302502, Oryol region, Streletsky village, Molodezhnaya str., 10, building 1), e-mail: sergur17@mail.ru

**Panarina Veronika Igorevna**, Candidate of Agricultural Sciences, Federal Scientific Center of Legumes and Cereals (Russian Federation, 302502, Oryol region, Streletsky village, Molodezhnaya str., 10, building 1), e-mail: ver1183@yandex.ru

**Zakharova Natalia Ivanovna**, Junior Researcher at Federal Scientific Agroengineering Center VIM (FSBI FNAC VIM); (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutskiy proezd, 5), e-mail: smedia@vim.ru

## THEORETICAL ASPECTS OF JOINT CULTIVATION OF VEGETABLE AND MUSHROOM PRODUCTS INDOORS

Penkova R. I., Mayer A. V.

*Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov  
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Received 01.02.2024

Submitted 04.03.2024

### Summary

This article proposes a technology for simultaneous cultivation of mushroom, berry or vegetable products in a greenhouse consisting of two chambers – oxygen and carbon dioxide. The cultivation technology is based on the principle of plant responsiveness to aeration. During aerobic respiration, the amount of carbon dioxide released is approximately equal to the amount of oxygen absorbed, taking into account this pattern, a technology for cultivating the studied crops was proposed.

### Abstract

**Introduction.** Conducting joint research using sheltering greenhouses or tunnels, when cultivating fruit and mushroom products with mutual gas exchange, will lead to mutual and beneficial development of plants for further fruiting. **Object.** Prefabricated greenhouses made with transparent or darkened half-polypropylene. The greenhouse is divided into two equal halves by a partition for the separate cultivation of mushrooms and fruit and vegetable products, i.e. each crop has its own separate section. **Materials and methods.** Soil racks are located in each half of the greenhouse, for the cultivation of products. In one half, a mushroom culture is cultivated, in the other, any other culture that absorbs carbon dioxide and releases oxygen during respiration, which will flow as a result of gas exchange through exhaust fans to the other half of the greenhouse. To monitor the level of carbon dioxide in the mushroom cultivation compartment, a carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) detector is installed, with which the required level is maintained (up to 0.5%). The source of materials for growing mushrooms and vegetables are the theoretical and practical developments of scientists at VNIOZ and VNIIGIM. **Results and conclusions.** As a result of the development, the prefabricated greenhouse is equipped with a low-volume irrigation system of the pipeline drip type with nozzles of fine sprinkling to maintain the necessary thresholds of soil moisture and air temperature. Two electric fans built into the partition from different sides and at different heights (in our case, greenhouses), will facilitate mutual gas exchange with timely activation, for the distillation of carbon dioxide and oxygen from one half of the greenhouse to the other, released during respiration by cultivated crops.

**Keywords:** indoor vegetable growing, joint cultivation of vegetables, mushroom cultivation.

**Citation.** Penkova R. I., Mayer A. V. Theoretical aspects of joint cultivation of vegetable and mushroom products indoors. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 377-383 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-44.

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

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

УДК 631.674

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВМЕСТНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ОВОЩНОЙ И ГРИБНОЙ ПРОДУКЦИИ В ЗАКРЫТОМ ГРУНТЕ

Пенькова Р. И., научный сотрудник

Майер А. В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

*ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им А. Н. Костякова»  
г. Волгоград, Российская Федерация*

**Актуальность.** Организация совместного производства плодово-ягодной и грибной продукции с использованием укрывных теплиц или пленочных тоннелей, при взаимном газообмене углекислого газа и кислорода, приведет к более рациональному развитию и увеличению урожайности выращиваемых культур. **Объектом** исследования являются сборно-разборные теплицы выполненные из прозрачного или затемненного полипропилена. Теплица разделена на две равные половины перегородкой для разграничения пространства под выращивание грибов и плодово-



ягодной продукции, т.е. для каждой культуры предназначена отдельная секция. В целях организации газообмена в конструкции сборной теплицы предусмотрен монтаж вытяжных вентиляторов. **Материалы и методы.** В каждой половине теплицы располагаются почвенные стеллажи, для дальнейшего размещения в них планируемых для производства культур. Предлагается в одной из половин разместить грибницы, а в другой – любую другую культуру, которая в процессе жизнедеятельности поглощает углекислый газ и выделяет кислород. В результате газообмена, обеспечивающегося работой вытяжных вентиляторов, кислород в секции с растениями будет попадать к стеллажам в секцию с грибами и наоборот. Для осуществления контроля уровня углекислого газа в отсеке, предназначенном для возделывания грибов, устанавливается детектор определения углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ). С его помощью осуществляется контроль поддержания необходимого уровня углекислого газа (до 0,5%). Источником данных по возделыванию грибов и продукции растениеводства являются теоретические и практические наработки ученых ВНИИОЗ и ВНИИГиМ. **Результаты и обсуждения.** В результате разработки сборно-разборная теплица оснащается поливной малообъемной системой трубопроводного и капельного типа с насадками мелкодисперсного дождевания, для поддержания необходимых порогов влажности почвы и оптимальной температуры воздуха. Встроенные в перегородки, с разных сторон и на разной высоте (в нашем случае теплицы), два электрических вытяжных вентилятора, будут способствовать, при одновременном включении, взаимному газообмену для перегона углекислого газа и кислорода с одной половины части теплицы в другую.

**Ключевые слова:** овощеводство закрытого грунта, совместное возделывание овощей, возделывание грибов.

**Цитирование.** Пенькова Р. И., Майер А. В. Теоретические аспекты совместного выращивания овощной, и грибной продукции в закрытом грунте. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 377-383. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-44.

**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.** Дыхание корней растений и жизнедеятельность микроорганизмов являются основными причинами поглощения почвами и растениями кислорода и выделения ими углекислого газа. Скорость дыхания зависит от таких факторов, как: температура, обеспеченность водой, а также тип и количество дышащих тканей. Аэробное дыхание корней растений заключается в непрерывном поглощении кислорода и выделении углекислого газа. Процессы метаболизма в корнях растений, нормально растущих на хорошо дренированных почвах, нарушаются почти немедленно, если прерывается процесс обмена кислорода и углекислоты [8, 12]. Ухудшение условий газообмена может стать причиной снижения урожайности растений, даже если его продолжительность составляет один день, и привести к гибели корней, при условии сохранения неблагоприятных условий на протяжении более продолжительного периода. Потребление кислорода и выделение углекислого газа – это внешние показатели комплекса метаболических процессов в корнях, которые мало что говорят о происходящих внутренних изменениях. Недостаток кислорода в корневом субстрате, приводит к появлению этилового спирта в пасоке, выделяемой из основания растений после удаления надземных частиц. Концентрация спирта возрастает с уменьшением скорости диффузии кислорода в почве (К. А. Блейк).

При аэробном дыхании количество выделяемого углекислого газа примерно равно количеству поглощенного кислорода. Выделение углекислого газа превышает потребление кислорода при частично аэробном дыхании и происходит без потребления кислорода при полностью анаэробном дыхании. При анаэробном дыхании накапливаются частично окисленные органические вещества и, помимо углекислого газа, могут выделяться другие газообразные соединения углерода. Корни растений приспособлены к аэробному дыханию, тем не менее при недостатке кислорода происходит и частично анаэробное дыхание. Интенсивность дыхания, определяемая по потреблению кислорода и выделению углекислого газа, снижается при низкой концентрации кислорода. Концентрация кислорода, требуемая для максимальной интенсивности дыхания корней лука, была больше при  $+30^{\circ}\text{C}$ , чем при  $+15^{\circ}\text{C}$ , вероятно потому, что использование кислорода в метаболизме возрастало быстрее с повышением температуры в этом интервале, чем усиливалось движение кислорода че-

рез пленки воды вокруг корней и сквозь ткани корней. В связи с этим можно ожидать, что потребность в аэрации при выращивании растений на почве должна возрастать с повышением температуры [3, 11, 13].

Наблюдения показывают, что кислород проводится растениями вниз и наружу из корней во внешнюю среду и что фотосинтез повышал содержание газообразного кислорода в корнях. Более прямое доказательство нисходящего движения кислорода в корни растений, которые, как правило, растут в хорошо аэрируемой почве, получено в условиях хорошей аэрации.

Углекислый газ, выделяемый грибами, тяжелее воздуха, поэтому включение вентилятора в нижней части перегородки разделенной теплицы должно осуществлять несколько раньше, на 1...2 минуты, для освобождения объема при перемещении кислорода с одной секции в другую [5, 7].

**Объектом исследования** являются сборно-разборные теплицы, выполненные из прозрачного или затемненного полипропилена. Для достижения планируемой организации пространства было произведено объединение двух теплиц, т.е. две малогабаритные теплицы были смонтированы в одну, с установкой общей перегородки. Одна часть теплицы предназначена для выращивания грибной продукции, а в другой части предполагается возделывать овощную или ягодную культуру.

**Материалы и методы.** Отправной точкой при разработке концепции, для последующей реализацией разработанной системы, стали работы К. А. Блейка, в том числе и его книга «Растение и почва», а также предыдущие наработки ученых ВНИИГиМ. Нами предлагается технология возделывания грибной, овощной или ягодной продукции при организации принудительного газообмена кислорода ( $O_2$ ) и углекислого газа ( $CO_2$ ) в тепличном комплексе. Наблюдения должны вестись посредством общепринятых методик с применением датчиков уровня кислорода и детектора определения углекислого газа.

**Результаты и обсуждения.** Предложенная технология направлена на одновременное выращивание овощной или ягодной продукции в одной половине теплицы, а в другой части – грибной, на основе принципа метаболизма или газообмена, т.е. аэрации. Аэрация – это обмен кислорода и углекислого газа между атмосферой, почвой и корнями растений. В почвах, насыщенных водой, основное значение может иметь газообмен  $CO_2$  и  $O_2$  через само растение. Если наполненные тем или иным газом поры взаимосвязаны и достигают поверхности почвы, то газообмен с атмосферой происходит как через почвенную воду, так и через газообразную фазу, причем обмен через газообразную фазу происходит быстрее, так как скорость диффузии в этом случае гораздо выше, чем диффузия в почвенной воде. Газообмен может происходить также за счет движения воздуха в почву и из нее в результате изменения скорости ветра, температуры, барометрического давления и содержания воды в почве, однако его масштабы имеют второстепенное значение по сравнению с газообменом путем диффузии (Бергман, Грин, Штольц и Стоцкий). В теплице площадью 1 сотка в воздухе содержится около 200 г углекислого газа. Весной и летом, во время активной вегетации, этого явно недостаточно. Огурцы, например, за 1 час «выкачивают» из воздуха 500 г  $CO_2$ , а за весь световой день – до 7 кг. Чем больше поверхность листьев и ярче освещение, тем заметнее возрастает дефицит углекислого газа. Стоит отметить, что его концентрация существенно снижается к полудню, а чем ниже уровень  $CO_2$  в воздушной массе, тем ниже и скорость фотосинтеза. Для создания требуемых условий микроклимата лучше всего подходят замкнутые пространства. В нашем случае практическая возможность для создания специфической атмосферы существует при работе в теплицах или парниках, так как «добавленные»  $CO_2$  или  $O_2$  не будут улетучиваться, а следовательно, будут максимально использованы растениями.

Для выполнения поставленной задачи в собранной теплице для регулирования фито-климата устанавливается система малообъемного орошения с функцией мелкодисперсного дождевания [1, 4, 13]. Для дальнейших исследований, с использованием двух малогабаритных теплиц, нами предлагается сборка и полный монтаж двух полипропиленовых секций, площадью по 30 квадратных метров. В результате их сборки и объединения мы получаем одну общую теплицу с левой и правой частью, площадью 60 квадратных метров (рисунок 1).



Рисунок 1 – Секция сборно-разборной теплицы для совместного выращивания грибов с овощной или ягодной культурами

Figure 1 – Section of collapsible greenhouse for joint cultivation of mushrooms with vegetable or berry crops

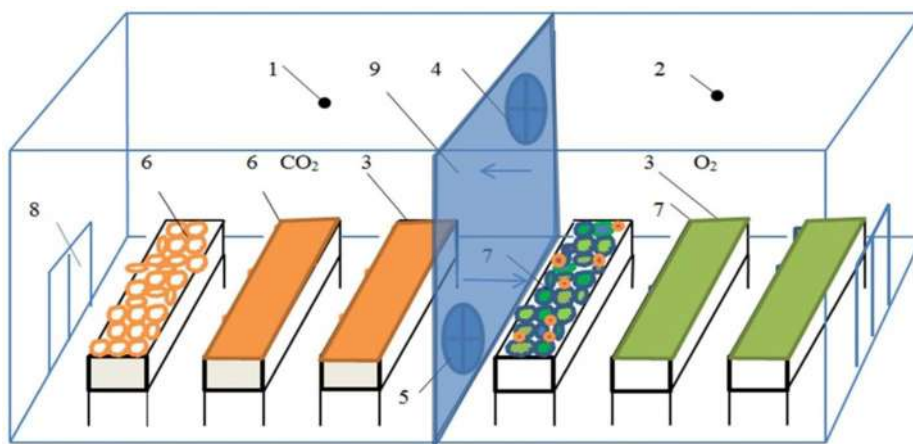


Рисунок 2 – Теплица для выращивания грибов, овощей и ягодных культур с принудительным газообменом

Figure 2 – Greenhouse for growing mushrooms, vegetables and berry crops with forced gas exchange

1 – левая часть теплицы; 2 – правая часть теплицы; 3 – стеллажи для выращиваемых культур;  
4 – вентиляционное устройство для вытяжки кислорода; 5 – вентиляционное устройство для вытяжки углекислого газа; 6 – грибная культура; 7 – ягодная или овощная культура; 8 – вход в теплицу;  
9 перегородка между сборной теплицей

1 – the left part of the greenhouse; 2 – the right part of the greenhouse; 3 – racks for cultivated crops;  
4 – ventilation device for oxygen extraction; 5 – ventilation device for carbon dioxide extraction; 6 – mushroom culture; 7 – berry or vegetable culture; 8 – entrance to the greenhouse; 9 partition between the combined greenhouse

Как уже говорилось ранее, между двух частей теплицы устанавливается жесткая перегородка, которая может быть выполнена из твердого или упругого материала. В верхней и нижней части перегородки монтируются установки двух вытяжных вентиляторов 4, 5, для перегоня газов из одной части теплицы в другую (рисунок 2). В левой части 1 возделываются съедобные грибы, которые при дыхании поглощают кислород, а выделяют углекислый газ. В правой части теплицы выращивается овощная или ягодная культура, которая при дыхании поглощает углекислый газ, а выделяет кислород. Посредством вытяжных вентиляторов происходит газообмен в теплице. Из левой части теплицы 1, где при выращивании грибов происходит накопление  $\text{CO}_2$ , углекислый газ перегоняется в правую часть теп-

лицы 2, где возделываются культуры, которые в процессе дыхания поглощают углекислый газ, а выделяют кислород. Овощными культурами могут быть огурцы, томаты и т.д. Огурцам надо больше углекислого газа, чем томатам или фасоли. А вот при выращивании грибов надо учитывать, что  $\text{CO}_2$  угнетает развитие грибницы, поэтому помещение нужно чаще проветривать, чтобы снизить концентрацию газа, а в нашем случае насыщать помещение кислородом, тем самым вытесняя углекислый газ в помещение с овощами.

Для равномерного регулирования газообменного процесса в левой части теплицы устанавливается детектор для определения уровня углекислого газа (рисунок 3).



Рисунок 3 – Детектор для определения уровня углекислого газа  
Figure 3 – Carbon dioxide detector

При выращивании сельскохозяйственной продукции в теплице по метаболическому принципу необходимо регулировать гидротермический режим почвы, влажность воздуха в теплице и одновременно придерживаться правила обеспечения равномерности распределения углекислого газа и кислорода, которые выделяются растениями и почвой при дыхании [2, 9, 10]. По показаниям детектора определения углекислого газа фиксируем определенный уровень наличия  $\text{CO}_2$  в левой части теплицы. При наличии необходимых значений концентрации производится запуск вытяжных вентиляторов для обеих частей теплицы. При включении вентиляторов запускается процесс движения воздушных масс, т.е. мы получаем так называемый ветровой эффект, при котором происходит перемещение углекислого газа в правую часть теплицы, а с правой части теплицы через вытяжной вентилятор 4 будет перемещаться в левую часть теплицы кислород, выделяемый при дыхании плодовых растений. Сигналом остановки вытяжных вентиляторов послужит фиксированный максимальный уровень углекислого газа в левой части теплицы, так как  $\text{CO}_2$  почти полностью переместится в правую часть, для оптимального дыхания плодовых растений, а кислород в левую. С увеличением кислорода в левой части теплицы, детектор уровня  $\text{CO}_2$  будет фиксировать понижение уровня углекислого газа. Выключение вытяжных вентиляторов произойдет при оптимальном балансе уровней  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$  в обеих частях теплицы.

**Заключение.** В ходе изучения и анализа работ зарубежных и российских ученых мы пришли к выводу, что обеспечение растений дополнительным количеством углекислого газа в комбинации с усилением светового режима способствует повышению фотосинтетической продуктивности растений. Таким образом, для растений создаются наиболее благоприятные условия. Еще одна положительная сторона использования  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$  в теплицах – представители флоры становятся более устойчивыми к повышенным температурам и световым ожогам. Они могут отлично себя чувствовать при показателях термометра в  $+30...+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Аналогичные положительные процессы происходят и с грибницами, которым необходимо использовать для дыхания кислород. При таких симбиотических отношениях, т.е. совместной подкормке овощных культур углекислым газом, а грибниц – кислородом, производимым этими же посадками, непременно повысится урожайность рассматриваемых культур.



**Conclusions.** In the course of studying and analyzing the work of foreign and Russian scientists, we came to the conclusion that providing plants with an additional amount of carbon dioxide in combination with an increased light regime helps to increase the photosynthetic productivity of plants. Thus, the most favorable conditions are created for plants. Another positive side of using O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> in greenhouses is that flora representatives become more resistant to elevated temperatures and light burns. They can feel great with thermometer readings at +30...+35 from 0. Similar positive processes occur with mycelium, which must use oxygen for respiration. With such a symbiotic relationship, i.e. joint fertilization of vegetable crops with carbon dioxide, and mycelium – oxygen produced by the same plantings, the yield of the crops in question will certainly increase.

#### Библиографический список

1. Балакай Г. Т., Воеводина Л. А., Бабичев А. Н., Кулыгин В. А., Балакай Н. И. и др. Современные технологические приемы возделывания овощных культур. Научный обзор ФГНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2011. 102 с.
2. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Техничко-технологические основы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в условиях орошения. Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 10 (98). С. 1484-1495.
3. Володин Н. И., Соколов Э. М., Гридин Р. И. и др. Очистка газов от диоксида углерода растворами моноэтаноламина: Наука. Практика. Перспективы. Тула: Тул. гос. ун-т, 2002 (ИПП Гриф и К). 413 с.
4. Васильев С. М., Коржова Т. В., Шкура В. Н. Технические средства капельного орошения: учебное пособие. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. 199 с.
5. Добрачев Ю. П., Соколов А. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности. Природообустройство. 2016. № 6. С. 90-96.
6. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 9-19.
7. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв. Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.
8. Курбанов С. А., Майер А. В. Исследование системы капельного орошения и мелкодисперсного дождевания. Проблемы развития АПК региона. 2012. № 3. С. 5-9.
9. Майер А. В. Система орошения для мелиорации светло-каштановых солонцовых почв. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1. С. 20-27.
10. Майер А. В., Пенькова Р. И. Разработка мелиоративной системы для малообъемных способов орошения при возделывании овощных и садовых культур. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (71). С. 201-209.
11. Degirmenci H., Tanriverdi C., Arslan F. Assesment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain. Kahramanmaras sutcu imam university journal of natural sciences. 2016. Vol. 19. I. 4. Pp. 454-461.
12. Goosheh M., Pazira E., Gholami A., Andarzian B., Panahpour E. 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.
13. Santos O. F., Cunha F. F., Taira T. L. Increase in pea productivity associated with irrigation management. Horticultura Brasileira. 2018. Vol. 36. I. 2. Pp. 178-183.

#### References

1. Balakai G. T., Voevodina L. A., Babichev A. N., Kulygin V. A., Balakai N. I., et al. Modern technological methods of vegetable crops. Scientific review of the Federal State Scientific Institution "RosNIIPM". Novocherkassk, 2011. 102 p.
2. Borodychev V. V., Lytov M. N. Technical and Technological Foundations of Regulation of the Hydrothermal Regime of Agrophytocenosis in Irrigation Conditions. Scientific Life. 2019. V. 14. № 10 (98). Pp. 1484-1495.
3. Volodin N. I., Sokolov E. M., Gridin R. I., et al. Purification of Gases from Carbon Dioxide by Monoethanolamine Solutions: Science. Practice. Prospects. Tula: Tula. State University, 2002 (IPP Grif & K). 413 p.
4. Vasil'ev S. M., Korzhova T. V., Shkura V. N. Technical means of drip irrigation: textbook. Novocherkassk: RosNIIPM Publ., 2017. 199 p.
5. Dobrachev Y. P., Sokolov A. P. Models of Plant Growth and Development and the Task of Increasing Yields. Environmental Management. 2016. № 6. Pp. 90-96.
6. Dubenok N. N., Mayer A. V. Development of Combined Irrigation Systems for Irrigation of Agricultural Crops. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2018. Pp. 9-19.
7. Kireycheva L. V., Karpenko N. P. Evaluation of the Efficiency of Irrigation Reclamation in the Zonal Soil Series. Soil science. 2015. № 5. P. 587.
8. Kurbanov S. A., Mayer A. V. Investigation of the drip irrigation system and finely dispersed sprinkling. Problems of development of the agro-industrial complex of the region. 2012. № 3. Pp. 5-9.
9. Mayer A. V. Irrigation System for Reclamation of Light-Chestnut Saline Soils. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 1. Pp. 20-27.
10. Mayer A. V., Penkova R. I. Development of a Reclamation System for Small-Volume Irrigation Methods in the Cultivation of Vegetable and Garden Crops. Izvestiya Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 2 (71). Pp. 201-209.

11. Degirmenci H., Tanriverdi C., Arslan F. Assessment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain. *Kahramanmaraş suture imam university journal of natural sciences*. 2016. Vol. 19. I. 4. Pp. 454-461.
12. Goosheh M., Pazira E., Gholami A., Andarzian B., Panahpour E. 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.
13. Santos O. F., Cunha F. F., Taira T. L. Increase in pea productivity associated with irrigation management. *Horticultura Brasileira*. 2018. Vol. 36. I. 2. Pp. 178-183.

#### Информация об авторах

**Пенькова Раиса Ивановна**, научный сотрудник ВНИИОЗ – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова», (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9348-4408>, e-mail: [raja14-1@mail.ru](mailto:raja14-1@mail.ru)

**Майер Александр Владимирович**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ВНИИОЗ – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916>, e-mail: [vkovniigim@yandex.ru](mailto:vkovniigim@yandex.ru)

#### Author's Information

**Penkova Raisa Ivanovna**, Researcher at the VNIIOZ – branch of the Federal State Budgetary scientific institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov", (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9348-4408>, e-mail: [raja14-1@mail.ru](mailto:raja14-1@mail.ru)

**Mayer Aleksander Vladimirovich**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at VNIIOZ – branch of the Federal State budgetary scientific institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID: <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916>, e-mail: [vkovniigim@yandex.ru](mailto:vkovniigim@yandex.ru)

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-45

## ENERGY CONSUMPTION FOR THE COMBINED MOVEMENT OF AN EXPERIMENTAL VEHICLE ON A DEFORMABLE SURFACE

<sup>1</sup>Myasnikov A. S., <sup>2</sup>Fomin S. D., <sup>2</sup>Gapich D. S.

<sup>1</sup>ChPOU "Gazprom College Volgograd named after. I. A. Matlashov"

<sup>2</sup>Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: [fsd\\_58@mail.ru](mailto:fsd_58@mail.ru)

Received 10.12.2023

Submitted 26.03.2024

#### Abstract

**Introduction.** The combined method of transportation assumes the ability for an experimental vehicle to move by rolling on the bases with a load-bearing capacity sufficient for adhesion and walking, provided that the load-bearing capacity to move in the first way is not enough. The combined method of movement allows, without the use of external sources of energy and attachment to surrounding objects on the ground, to increase the cross-country ability of an experimental vehicle, which is determined in the study by the indicators of work spent on soil deformation when moving by rolling and walking methods. **Object.** The object of the study is the results of energy costs when moving by rolling and walking methods of an experimental vehicle. **Materials and methods.** Energy costs for movement in a combined way are defined as the work spent on soil deformation when overcoming the test section using the rolling and walking methods. Based on the results of the study, dependency graphs were constructed and conclusions were drawn. **Results and conclusions.** A comparative analysis of the results of theoretical studies of the energy costs of moving using a combined method showed that when moving using the rolling method, compared to the walking method, significantly more work is spent on soil deformation when moving, and that moving using the walking method allows the vehicle to get out without the use of external energy sources and continue a similar movement along the base with a weak load-bearing capacity until its adhesion properties allow you to switch to a higher-speed method of movement – rolling.

**Keywords:** *experimental vehicles, rolling motion, stepping motion, combined modes of propulsion.*

**Citation.** Myasnikov A. S., Fomin S. D., Gapich D. S. Energy consumption for the combined movement of an experimental vehicle on a deformable surface. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 383-393 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-45.

**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 631.37

# ЭНЕРГОЗАТРАТЫ НА ПЕРЕДВИЖЕНИЕ КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПО ДЕФОРМИРУЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

<sup>1</sup>Мясников А. С., преподаватель

<sup>2</sup>Фомин С. Д., доктор технических наук, доцент

<sup>2</sup>Гапич Д. С., доктор технических наук, профессор

<sup>1</sup>ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград им. И. А. Матлашова»

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

**Актуальность.** Комбинированный способ передвижения предполагает возможность движения экспериментального транспортного средства качением по основаниям с достаточной для сцепления несущей способностью и шаганием при условии, что несущей способности двигаться первым способом недостаточно. Комбинированный способ передвижения позволяет без использования внешних источников энергии и привязанности к окружающим объектам на местности повысить опорную проходимость экспериментального транспортного средства, которая определяется в исследовании показателями работы, затрачиваемой на деформацию грунта при передвижении способами качения и шагания. **Объект.** Объектом исследования являются энергетические затраты при передвижении способами качения и шагания экспериментального транспортного средства. **Материалы и методы.** Энергетические затраты на передвижение комбинированным способом определены как работа, затрачиваемая на деформацию грунта при преодолении зачетного участка способами качения и шагания. По результатам исследования построены графики зависимостей, сделаны выводы. **Результаты и выводы.** Проведенный сравнительный анализ результатов теоретических исследований энергетических затрат на передвижение комбинированным способом показал, что при движении способом качения по сравнению со способом шагания затрачивается при движении значительно большая работа по деформации грунта, причем передвижение способом шагания позволяет выбраться транспортному средству без использования внешних источников энергии и продолжить аналогичное движение по основанию со слабой несущей способностью до тех пор, пока его сцепные свойства не позволят перейти на более скоростной способ движения – качением.

**Ключевые слова:** экспериментальные транспортные средства, движение качения, движение шагания, комбинированные способы движения.

**Цитирование.** Мясников А. С., Фомин С. Д., Гапич Д. С. Энергозатраты на передвижение комбинированным способом экспериментального транспортного средства по деформируемой поверхности. *Известия НВ АУК.* 2024. 2(74). 383-393. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-45.

**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.** Комбинированный способ передвижения предполагает возможность движения транспортного средства посредством качения по основаниям с достаточными сцепными свойствами и посредством шагания при условии, что несущей способности двигаться первым способом недостаточно [1-5]. Комбинированный способ передвижения позволяет без использования внешних источников энергии и привязанности к окружающим объектам на местности повысить опорную проходимость экспериментального транспортного средства [6-10]. Предлагаемое нами экспериментальное транспортное средство, способное передвигаться по опорной поверхности комбинированным способом – качением и шаганием [11-14], состоит из следующих сборочных узлов (рисунок 1) [15-17]: 1 – 3 подвижные части продольного перемещения движителей 4 вдоль рамы 5; 6 – механизмы продольного перемещения частей 1-3; 7 – механизмы перемещения движителей 4 в вертикальной плоскости; 8 – механизм продольного перемещения кузова и кабины; 9 – источники энергии; 10 – электрический блок; 11 – пульт управления; 12 – кабина; 13 – кузов.



Рисунок 1 – Общий вид экспериментального транспортного средства  
Figure 1 – General view of the experimental vehicle

**Материалы и методы.** При исследовании энергозатрат на передвижение экспериментального транспортного средства с эластичными ведущими колесами по деформируемой поверхности в работе приняты следующие допущения [18]:

- колеса транспортного средства движутся в установившемся режиме по горизонтальной поверхности, в связи с этим центр масс не изменяет своего положения;
- грунт является однородным, в связи с чем учитываются только пластические деформации грунта, упругие ввиду их малости не учитываются;
- давление на площади контакта шины с грунтом принимаем осредненным;
- энергозатраты на движение экспериментального транспортного средства по деформируемой поверхности определяются показателем работы, затрачиваемой при движении качением на сдвиг и срез грунта соответственно под грунтозацепами движителя и его боковыми гранями, а при шагающем передвижении – на деформацию грунта под движителями. Передвижение выполняется на зачетном участке, длина которого постоянна для работы в режиме качения и шагания;
- скорость движения способами качения и шагания постоянна при передвижении экспериментального транспортного средства по зачетному участку.

Передвижение качением. Сцепление опорной поверхности колес транспортного средства с грунтом происходит за счет сил трения, возникающих между шиной и грунтом, а также силы сдвига и среза грунтовых кирпичей, зажатых между грунтозацепами. При установившемся движении колес сдвиг и срез грунтовых кирпичей происходит в основном в периоды выхода последнего грунтозацепа опорной поверхности колес из грунта. В этот момент нагрузка от вышедшего из зацепления грунтозацепа перераспределяется на остальные, находящиеся в зацеплении [18-21].

Касательная сила тяги каждого из ведущих колес транспортного средства равна сумме сил трения, реакций сдвига и среза на каждом грунтозацепе и определяется по формуле [10, 11].

$$F_k = \frac{f_{ск} \cdot k_r \cdot G}{\delta \cdot L} \cdot \left[ \ln \left( ch \frac{\delta \cdot L}{k_r} - f_{np} \cdot \left( \frac{1}{ch \frac{\delta \cdot L}{k_r}} - 1 \right) \right) + 2 \cdot \tau_{cp} \cdot \frac{h_z \cdot L}{t} \right], \quad (1)$$

где  $f_{ск}$  – коэффициент трения скольжения, принимаемый в зависимости от типа грунта;  $G$  – нормальная нагрузка, образуемая от снаряженной массы транспортного средства и перевозимого им груза, Н;  $\delta$  – коэффициент буксования движителей транспортного средства, зависящий от нормальной нагрузки, типа и состояния грунта;  $\tau_{cp}$  – модуль среза, принимаемый в зависимости от типа грунта;  $t$  – шаг грунтозацепов, мм;  $h_z$  – высота грунтозацепов, мм;  $k_r$  – коэффициент деформации, мм, определяемый по формуле



$$k_r = 0,4 \cdot t, \quad (2)$$

$f_{np}$  – приведенный коэффициент трения, определяемый по формуле

$$f_{np} = 2,55 \cdot \left( \frac{f_n - f_{ск}}{f_{ск}} \right)^{0,825}, \quad (3)$$

$f_n$  – коэффициент трения покоя приближенно равный тангенсу угла внутреннего трения грунта;  $L$  – длина площади контакта, мм, определяемая по формуле [8,9]

$$L = r_{np} \cdot \alpha_0 + \sqrt{2 \cdot r_{np} \cdot h}, \quad (4)$$

где  $\alpha_0$  – коэффициент, определяемый по формуле [8, 9]

$$\alpha_0 = \arctg \sqrt{\frac{2 \cdot r_{np} \cdot h - h^2}{r_{np} - h}}, \quad (5)$$

где  $h$  – глубина колеи, мм;  $r_{np}$  – приведенный радиус колеса, мм, определяемый по формуле [18,19]

$$r_{np} = \left[ (D_0 + \frac{h_{ш}}{h} (D_0 - 2 \cdot h - h_{ш})) \right] / 2, \quad (6)$$

где  $D_0$  – статический диаметр колеса, мм;  $h_{ш}$  – статический прогиб шины при нагрузке  $G_k$ , мм, определяемый по формуле Хейдекеля [18]

$$h_{ш} = \frac{G_k}{\pi \cdot D_0 \cdot p_w}, \quad (7)$$

где  $G_k$  – вертикальная нагрузка на движитель, Н;  $p_w$  – внутреннее давление в шинах транспортного средства, МПа;

Исходные данные для определения касательной силы тяги на передвижение экспериментального транспортного средства по деформируемой поверхности в режиме качения представлены в таблице 1. Пределы изменения буксования взяты из расчета минимальные 5% и максимальные 100%, при котором передвижение способом качения невозможно, а нормальные нагрузка колеблется от 480 Н (без груза) до 960 Н (максимальная загрузка).

Таблица 1 – Исходные данные для определения касательной силы тяги  $F_k$

Table 1 – Input Data for Determination of Shear Thrust Force  $F_k$

| Наименование параметра / Parameter name                                                                        | Величина параметра / Parameter value        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Тип грунта / Soil type                                                                                         | Влажный суглинок легкий / Wet loam is light |
| Влажность грунта, % / Soil moisture, %                                                                         | 30-35                                       |
| Коэффициент трения скольжения $f_{ск}$ / Slip friction coefficient $f_{sk}$                                    | 0,6                                         |
| Коэффициент буксования движителей $\delta$ / Thrust coefficient $\delta$                                       | 0,05... 1,0                                 |
| Модуль среза $\tau_{ср}$ , Н/м / Shear modulus $\tau_{sr}$ , N/m                                               | $1,5 \cdot 10^3$                            |
| Коэффициент трения покоя $f_n$ / Coefficient of friction at rest $f_p$                                         | 0,7                                         |
| Снаряженная масса транспортного средства, кг / Curb weight of the vehicle, kg                                  | 48                                          |
| Масса транспортного средства с грузом $G$ , Н / Laden vehicle mass $G$ , N                                     | 480...960                                   |
| Вертикальная нагрузка на движитель max. $G_k$ , Н / Vertical load on propulsion max. $G_k$ , N                 | 160                                         |
| Статический диаметр колеса $D_0$ , мм / Static wheel diameter $D_0$ , mm                                       | 215                                         |
| Шаг грунтозацепов движителя $t$ , мм / Propeller lug pitch $t$ , mm                                            | 17,9                                        |
| Высота грунтозацепов $h_z$ , мм / Lug height $h_g$ , mm                                                        | 4                                           |
| Глубина колеи $h$ , мм / Track depth $h$ , mm                                                                  | 20                                          |
| Внутреннее давление в шинах транспортного средства $p_w$ , Мпа / Internal tyre pressure of vehicle $p_w$ , Mpa | 0,2                                         |

**Результаты и обсуждение.** Решение уравнения 1 в зависимости от изменения нормальной нагрузки  $G$ ,  $H$  и буксования  $\delta$  приведено на рисунке 1.

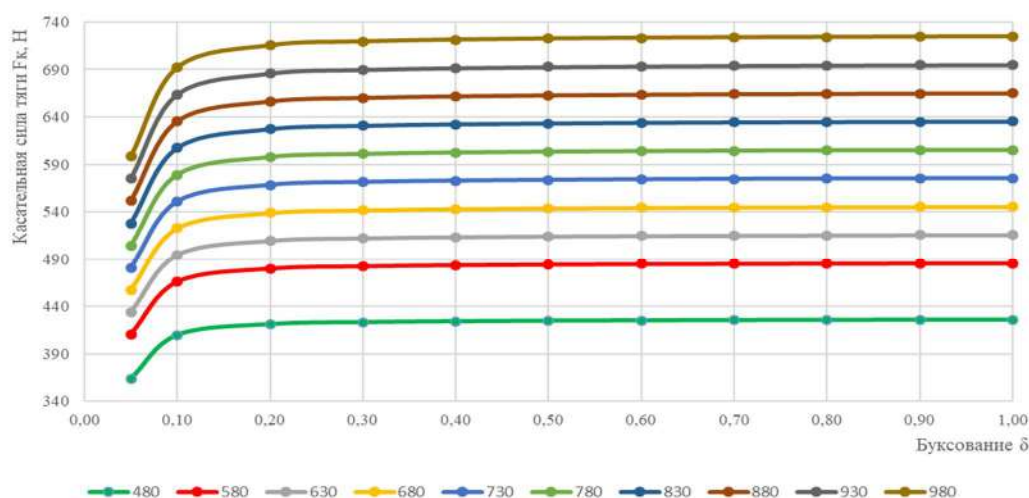


Рисунок 2 – Зависимость касательной силы тяги  $F_k$  от нормальной нагрузки  $G$  и буксования  $\delta$  экспериментального транспортного средства

Figure 2 – Dependence of tangential traction force  $F_k$  on normal load  $G$  and slipping  $\delta$  of an experimental vehicle

Из результатов расчетов видно, что при увеличении нормальной нагрузки  $G$  на экспериментальное транспортное средство касательная сила тяги  $F_k$  увеличивается. При постоянной нормальной нагрузке  $G$  и буксовании не более  $\delta \leq 20\%$  касательная сила тяги  $F_k$  увеличивается значительно, после 20% изменение  $F_k$  происходит незначительно, а по мере приближения  $\delta \rightarrow 100\%$   $F_k \rightarrow \text{const}$ .

Работу по передвижению экспериментального транспортного средства по деформируемой поверхности в режиме качения при установившейся касательной силе тяги  $F_k \rightarrow \text{const}$  (при  $\delta \geq 20\%$ ) можно определить по формуле

$$A = F_k \cdot S, \quad (8)$$

где  $S$  – длина пройденного пути (зачетного участка) экспериментальным транспортным средством, м.

При движении качением пройденный путь можно определить по формуле

$$S = V_1 \cdot t, \quad (9)$$

где  $t$  – время передвижения экспериментальным транспортным средством зачетного участка, с;  $V_1$  – установившаяся линейная скорость передвижения экспериментального транспортного средства на зачетном участке, м/с, которая связана с угловой скоростью на валу двигателя выражением

$$V_1 = \omega_1 \cdot R = (\pi \cdot n_1 \cdot D) / 60, \quad (10)$$

где  $\omega_1$  – угловая скорость вращения движителя, об/мин;  $R$ ,  $D$  – радиус, диаметр движителя, м;  $n_1$  – количество оборотов вала двигателя, об/мин.

Таким образом, с учетом формул 8 – 10, энергозатраты на передвижение экспериментального транспортного средства движением качения будет определяться по формуле

$$A = (F_k \cdot \pi \cdot D \cdot n_1 \cdot t) / 60, \quad (11)$$

Анализ изменения энергозатрат на преодоление зачетного участка  $S=1$  м по основанию влажный суглинок легкий при постоянной скорости передвижения  $n=\text{const}$  способом качения в зависимости от нормальной нагрузки  $G$  влияющей на касательную силу тяги  $F_k$  (рисунок 1) приведен на рисунке 2, согласно которому зависимости имеют линейный характер, минимальные значения наблюдаются при нормальной нагрузке  $G=480$  Н и  $\delta=0,05$ , а максимальные при  $G=960$  Н и  $\delta=1,0$ , при которых соответственно  $A_{\text{кmin}}=364$  Дж,  $A_{\text{кmax}}=725$  Дж, причем при  $\delta \geq 20\%$  энергозатраты изменяются незначительно, что обусловлено незначительными изменениями  $F_k$  в интервале  $20\% \leq \delta \leq 100\%$  при постоянной нагрузке  $G$  (рисунок 1).

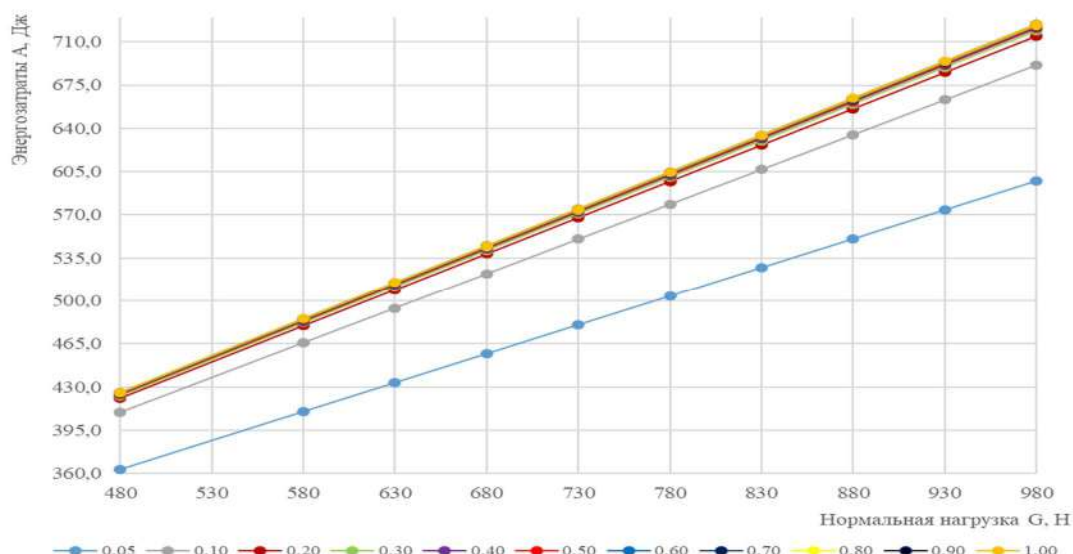


Рисунок 3 – Кривые изменения энергозатрат в зависимости от нормальной нагрузки  $G$  и буксования  $\delta$  на преодоление способом качения экспериментальным транспортным средством зачетного участка  $S=1$  м

Figure 3 – Curves of changes in energy consumption depending on the normal load  $G$  and slipping  $\delta$  to overcome the testing section  $S=1$  m by an experimental vehicle using the rolling method

Передвижение шаганием. Согласно [22] для шагающего движителя энергозатраты по деформации грунта зависят от длины шага и площади опоры и определяются по формуле

$$A = \frac{L}{l_{ш}} \cdot l_{cm} \cdot f_{ш} \cdot Q_{ш}, \quad (12)$$

где  $Q_{ш}$  – вес шагающего устройства с грузом, Н;  $L$  – пройденный путь, м;  $l_{ш}$  – длина шага (расстояние переноса подвижной части с движителями), м;  $l_{cm}$  – длина стопы, м, для колесного движителя зависит от нормальной нагрузки и определяется экспериментальным путем;  $f_{ш}$  – коэффициент сопротивления шагнию, который определяется по формуле

$$f_{ш} = \frac{M_{дв} \cdot \omega_2}{P \cdot V_2} \cdot \eta, \quad (13)$$

где  $M_{дв}$  – крутящий момент на валу электродвигателя, обеспечивающего вертикальное перемещение движителя, Н·м;  $\omega_2$  – угловая скорость вращения вала электродвигателя, рад<sup>-1</sup>;  $P$  – сила, реализуемая приводом вертикального перемещения движителя, Н;  $V_2$  – линейная скорость перемещения движителя в вертикальной плоскости, м/с, определяемая по формуле

$$V_2 = \frac{z_2 \cdot p_2 \cdot n_2}{60 \cdot 10^3}, \quad (14)$$

где  $n_2$  – частота вращения винтовой пары двигателем, обеспечивающим вертикальное перемещение движителя, об/мин;  $p_2$  – шаг резьбы винтовой пары вертикального перемещения подвижных частей, мм;  $z_2$  – число заходов резьбы винтовой пары;  $\eta$  – коэффициент полезного действия передачи винт-гайка, определяемый по формуле [23-25]

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg}(\psi + \varphi_1)}, \quad (15)$$

где  $\psi$  – угол подъема средней винтовой линии;  $\varphi_1$  – приведенный угол трения резьбы винта с треугольным профилем. Угол подъема  $\psi$  средней винтовой линии определяется по формуле [9-11]

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{H}{\pi \cdot d_2}, \quad (16)$$

где  $H$  – ход винта за один его оборот на  $360^\circ$ ;  $d_2$  – средний диаметр винтовой линии, определяется по формуле

$$d_2 = \frac{d + d_1}{2}, \quad (17)$$

где  $d_1$  – внутренний диаметр резьбы, мм;  $d$  – наружный диаметр резьбы, мм.

Приведенный угол трения  $\varphi_1$  резьбы винтовой пары определяется по формуле

$$\varphi_1 = \frac{\varphi}{\cos(\alpha / 2)}, \quad (18)$$

где  $\alpha$  – угол профиля резьбы;  $\varphi$  – угол трения резьбы винтовой пары, определяемы по формуле

$$\varphi = \operatorname{arctg} f, \quad (19)$$

где  $f$  – коэффициент трения винтовой пары.

С учетом формул 14 – 19 коэффициент сопротивления шаганию определяется по формуле

$$f_{wy} = \frac{M_{\text{ог}} \cdot 2\pi \cdot 10^3}{P \cdot z_2 \cdot p_2} \cdot \frac{2 \cdot H}{\pi(d + d_1) \cdot \operatorname{tg} \left[ \operatorname{arctg} \left( \frac{2 \cdot H}{\pi \cdot (d + d_1)} \right) + \frac{\operatorname{arctg} f}{\cos(\alpha / 2)} \right]}, \quad (20)$$

С учетом формул 13, 21 энергозатраты по деформации грунта будут определяться выражением

$$A = \frac{L}{l_w} \cdot l_{cm} \cdot Q_{wy} \cdot \frac{M_{\text{ог}} \cdot 2\pi \cdot 10^3}{P \cdot z_2 \cdot p_2} \cdot \frac{2 \cdot H}{\pi(d + d_1) \cdot \operatorname{tg} \left[ \operatorname{arctg} \left( \frac{2 \cdot H}{\pi \cdot (d + d_1)} \right) + \frac{\operatorname{arctg} f}{\cos(\alpha / 2)} \right]}, \quad (21)$$

Исходные данные для определения энергозатрат экспериментальным транспортным средством на деформацию грунта под его движителями при преодолении способом шагания зачетного участка  $S=1$  м представлены в таблице 2.

Решение уравнения 21 в зависимости от изменения нормальной нагрузки, образуемой от собственного веса транспортного средства и перевозимого им груза, а также технических характеристик, заложенных в конструкцию экспериментального транспортного средства, приведено на рисунке 3. Зависимость энергозатрат на преодоление экспериментальным транспортным средством зачетного участка  $S=1$  м шагающим способом от его нагрузки  $Q_{wy}$  носит линейный характер. По изменении длины шага  $l_w$ , максимальный размер которого определен конструктивным исполнением механизмов машины и составляет  $l_{w.\text{max}}=0,43$  м, энергозатраты на деформацию грунта под движителями снижаются, при снижении – увеличиваются. Так при изменении нагрузки в диапазоне  $Q_{wy}=480 \dots 960$  Н энергозатраты на преодоление зачетного участка  $S=1$  м составили при  $l_w=0,4$  м и  $Q_{wy}=480$  Н –  $A_w=141$  Дж, а при  $l_w=0,2$  м и  $Q_{wy}=960$  Н –  $A_w=476$  Дж. Увеличение энергозатрат при снижении длины шага  $l_w$  объясняется увеличением количества необходимых для преодоления зачетного участка шагов.



Таблица 2 – Исходные данные для определения затрачиваемой работы на деформацию грунта под движителями экспериментального транспортного средства при передвижении способом шагания  
Table 2 – Initial data for determining the work spent on soil deformation under the propellers of the experimental vehicle when moving by the walking method

| Наименование параметра / Parameter name                                                                                                                                                                                                                                                                  | Величина параметра / Parameter value |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Вес шагающего устройства $Q_{шy}$ , Н / Weight of the walking device $Q_{shu}$ , N                                                                                                                                                                                                                       | 480...960                            |
| Пройденный путь $L$ , м / Distance traveled $L$ , m                                                                                                                                                                                                                                                      | 1                                    |
| Длина шага $l_{ш}$ , м / Stride length $l_{sh}$ , m                                                                                                                                                                                                                                                      | 0,33                                 |
| Длина стопы $l_{ст}$ , м / Foot length $l_{st}$ , m                                                                                                                                                                                                                                                      | 0,08                                 |
| Число заходов резьбы винтовой передачи для перемещения движителей подвижных частей $z_2$ в вертикальной плоскости / Number of Thread Runs of Screw Drive for Moving Moving Part Propellers $z_2$ in the Vertical Plane                                                                                   | 1                                    |
| Шаг резьбы винтовой передачи для перемещения движителей подвижных частей в вертикальной плоскости $p_2$ , мм / Screw Drive Thread Pitch for Moving Moving Parts Movers in the Vertical Plane $p_2$ , mm                                                                                                  | 1,5                                  |
| Частота вращения винтовой пары электродвигателем, обеспечивающим перемещение движителей подвижных частей в вертикальной плоскости $n_2$ , об/мин. / Rotational speed of the screw pair by the electric motor that ensures the movement of the moving parts propellers in the vertical plane $n_2$ , rpm. | 76                                   |
| Крутящий момент на валу электродвигателя, обеспечивающего перемещение движителей в вертикальной плоскости $M_{де}$ , Н·м / Torque on the shaft of the electric motor providing the movement of the propellers in the vertical plane $M_{dv}$ , N·m                                                       | 0,178                                |
| Сила, реализуемая приводом продольного перемещения движителей подвижных частей в вертикальной плоскости $P$ , Н / Force Realized by the Drive of Longitudinal Motion of Moving Parts Propulsion in the Vertical Plane $P$ , N                                                                            | 160                                  |
| Наружный диаметр резьбы винтовой передачи вертикального перемещения движителей $d$ , мм / Outer diameter of the thread of the screw transmission of the vertical movement of the propellers $d$ , mm                                                                                                     | 9,968                                |
| Внутренний диаметр резьбы винтовой передачи вертикального перемещения движителей $d_1$ , мм / Inner diameter of the thread of the screw transmission of the vertical movement of the propellers $d_1$ , mm                                                                                               | 8,344                                |
| Ход винта за один его оборот на $360^\circ$ $H$ , мм / Propeller stroke per rotation at $360^\circ$ $H$ , mm                                                                                                                                                                                             | 1,5                                  |
| Коэффициент трения винтовой пары $f$ / Coefficient of friction of screw pair $f$                                                                                                                                                                                                                         | 0,15                                 |
| Угол профиля резьбы $\alpha$ , град / Thread profile angle $\alpha$ , deg                                                                                                                                                                                                                                | 60                                   |

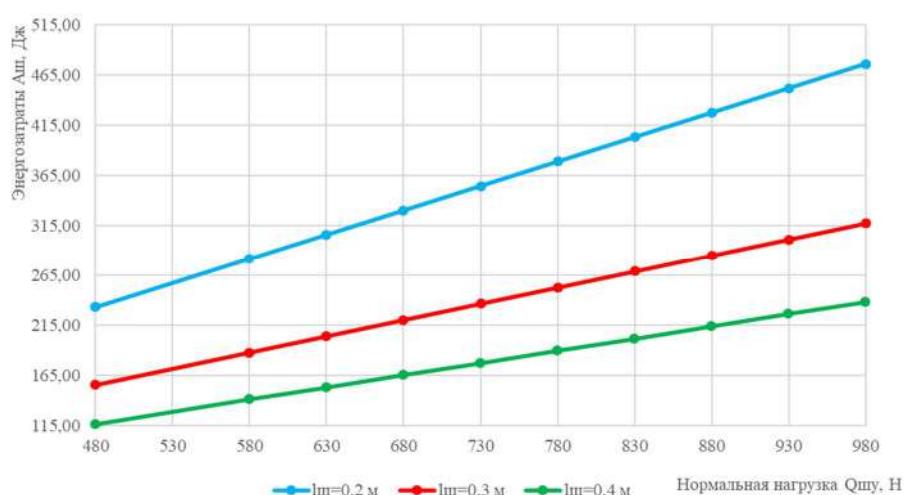


Рисунок 4 – Кривые изменения энергозатрат  $A_{ш}$  на преодоление зачетного участка  $S=1$  м шагающим способом в зависимости от нормальной нагрузки экспериментального транспортного средства  $Q_{шy}$  и длины шага  $l_{ш}$

Figure 4 – Curves of changes in energy consumption  $A_{ш}$  to overcome the test section  $S = 1$  m in a walking way, depending on the normal load of the experimental vehicle  $Q_{шy}$  and step length  $l_{ш}$

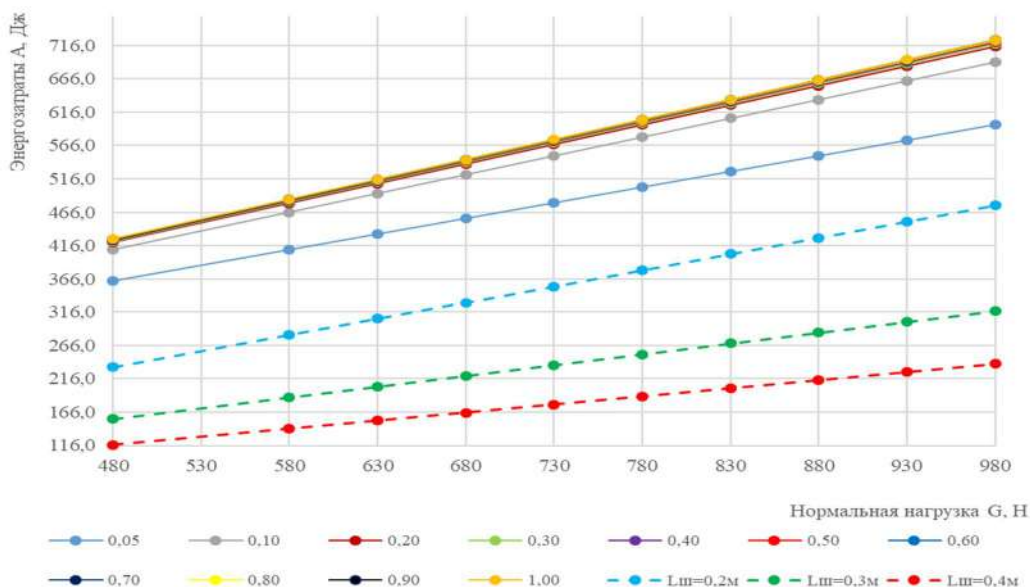


Рисунок 5 – Сравнительный анализ энергозатрат на передвижение по зачетному участку  $S=1м$  с нормальной нагрузкой  $480 \leq G \leq 960$  способами качения при изменении  $0,05 \leq \delta \leq 1$  и шагания при изменении  $0,2 \leq l_w \leq 0,4$

Figure 5 – Comparative analysis of energy consumption for movement along the test section  $S=1m$  with a normal load of  $480 \leq G \leq 960$  using rolling methods with a change of  $0.05 \leq \delta \leq 1$  and walking with a change of  $0.2 \leq l_w \leq 0.4$

Анализ полученных результатов энергозатрат на преодоление зачетного участка способами качения и шагания с учетом технических характеристик и конструктивного исполнения экспериментального транспортного средства показал, что передвижение способом качения при любой несущей способности опорной поверхности является более энергозатратным по сравнению с шагающим передвижением (рисунок 4). При  $\delta \rightarrow 100\%$  наступает момент полного застревания и движение способом качения становится невозможным без использования внешних источников энергии, а дальнейшее передвижение возможно с переходом на шагающий способ движения, что в свою очередь повышает опорную проходимость экспериментального транспортного средства при его движении по опорной поверхности со слабой несущей способностью. Однако соотношение скоростей выполнения работы движениями качения и шагания с учетом технических характеристик и конструктивного исполнения экспериментального транспортного средства показало, что движение качением по сравнению с шагающим передвижением имеет значительно большую скорость, что определяет его преимущество при передвижении по основаниям с достаточной несущей способностью.

**Заключение.** Таким образом, использование транспортных средств с комбинированным способом передвижения позволяет передвигаться с высокой скоростью способом качения по участкам с твердым покрытием, а на участках со слабой несущей способностью – движением шагания, сохраняя возможность выполнения транспортных работ в непрерывном цикле производственного процесса вне зависимости от состояния опорной поверхности.

**Conclusions.** Thus, the use of vehicles with a combined mode of transport makes it possible to move at high speed by the method of rolling on sections with a hard surface, and in areas with a weak load-bearing capacity – by the movement of walking, while maintaining the possibility of performing transport work in a continuous cycle of the production process, regardless of the condition of the bearing surface.

#### Библиографический список

1. Скойбеда А. Т., Жуковец В. Н., Калина А. А., Комяк И. М. Перспективные ходовые системы мобильных машин. Актуальные вопросы машиноведения. 2019. Т. 8. С. 100-103.
2. Гутиев Э. К. Сравнение эффективности колесных и колесно-шагающих движителей мобильных машин. Перспективы развития АПК в современных условиях. Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2022. Том 1. С. 260-263.

3. Гутиев Э. К. Обоснование выбора колесно-шагающего движителя для мобильной машины. Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2021. Ч. 2. С. 66-68.
4. Тюрин Я. И., Мандровский К. П. Исследование устойчивости колёсно-шагающих экскаваторов при помощи системы автоматизированного проектирования. Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2018. № 4 (55). С. 34-38.
5. Скойбеда А. Т., Калина А. А., Жуковец В. Н. Динамика и нагруженность привода колесно-шагающего движителя. Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. 2016. № 1 (32). С. 289-291.
6. Добрецов Р. Ю., Матросов С. И., Борисов Е. Г. О проекте рекогносцировочной машины на основе колесно-шагающего шасси. Инженерные исследования и достижения – основа инновационного развития: Рубцовск: Рубцовский индустриальный институт, 2014. С. 258-267.
7. Скойбеда А. Т., Жуковец В. Н., Комяк И. М. и др. Шагающие движители - перспективное направление создания агрофильных ходовых систем мобильных машин. Актуальные вопросы машиноведения. 2014. Т. 3. С. 102-105.
8. Андреева Е. В. Перспективные конструкции агрофильных ходовых систем мобильных машин. Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. 2009. № 1. С. 9.
9. Журавков М. А., Гляков С. А., Громыхо А. О., Громыхо О. В. Кинематический и динамический анализ колесно-шагающей машины на основе компьютерных моделей в пакетах ADAMS и VisualNastran. Теоретическая и прикладная механика: межведомственный сборник научно-методических статей. Минск: Белорусский национальный технический университет, 2008. Т. 23. С. 109-111.
10. Анопоченко В. Г. Колесно-шагающие движители для колесных машин высокой проходимости. Повышение эффективности работы колесных и гусеничных машин в суровых условиях эксплуатации. Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 1996. С. 8-11.
11. Мясников А. С., Фомин С. Д. Повышение проходимости машинно-тракторных агрегатов на основе оптимизации способов передвижения. Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы конференции. Волгоград, 2021. Т. III. С. 451-457.
12. Мясников А. С., Фомин С. Д. Повышение профильной проходимости транспортных средств для перевозки грузов в сельском хозяйстве. Известия НВ АУК. 2022. № 4 (68).
13. Мясников А. С., Фомин С. Д. Численное моделирование и анализ напряженно-деформированного состояния конструктивных деталей и сборочных узлов экспериментального транспортного средства с комбинированным способом передвижения для АПК. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 575-587.
14. Мясников А. С., Фомин С. Д., Ярунов А. А. Полевые исследования профильной проходимости экспериментального транспортного средства для перевозки грузов в сельском хозяйстве. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 635-652.
15. Мясников А. С., Фомин С. Д., Гапич Д. С. Сравнительный анализ результатов полевых испытаний опорной проходимости экспериментального транспортного средства. Известия НВ АУК. 2024. № 1 (73). С. 392-403.
16. Мясников А. С., Фомин С. Д. Полевые исследования опорной проходимости экспериментального транспортного средства на влажном вспаханном грунте. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 469-482.
17. Мясников А. С., Фомин С. Д. Совершенствование ходовой системы роботизированной платформы. Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2023. Т. 5. С. 211-216.
18. Гуськов В. В., Велев Н. Н., Атаманов Ю. Е. Тракторы: Теория. М.: Машиностроение, 1988. 376 с.
19. Гуськов А. В. Тягово-сцепные свойства и проходимость колесного движителя по грунтам со слабой несущей способностью. Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2008. № 2. С. 63-75.
20. Гуськов В. В., Дзема А. А., Колола А. С., Макаренко Р. Ю., Зетенко Н. И. Исследование процесса взаимодействия ведущих колес трактора с грунтовой поверхностью. Наука и техника, 2017. Т. 16. № 1.
21. Гуськов В. В. и др. Динамическая характеристика многоцелевых колесных машин при движении по грунтовым поверхностям. Минск: БНТУ, 2018. 38 с.
22. Игнатьев М. Б., Кулаков Ф. М., Покровский А. М. Алгоритмы управления роботами-манипуляторами. Л.: Машиностроение, 1972. 248 с.
23. Узяков Р. Н., Пояркова Е. В. Определение коэффициентов трения в резьбовом соединении. Оренбург: Оренбургский гос.ун-т. 2018. 18 с.
24. Коробова Н. П., Шум Ж. Е., Тукмаков В. П. и др. Определение КПД и трения скольжения винтового механизма. Самара: изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2012. 16 с.
25. Варганов В. О., Аввакумов М. В., Колычев М. В., Гребенникова В. М., Романов В. А. Передача винта. СПб. 2015. 57 с.

#### References

1. Skoibeda A. T., Zhukovets V. N., Kalina A. A., Komyak I. M. Perspective running systems of mobile machines. Topical Issues of Mechanical Engineering. 2019. V. 8. Pp. 100-103.
2. Gutiev E. K. Comparison of the Efficiency of Wheeled and Wheel-Walking Movers of Mobile Machines. Prospects for the development of the agro-industrial complex in modern conditions. Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2022. V. 1. Pp. 260-263.
3. Gutiev E. K. Justification of the choice of a wheel-walking mover for a mobile machine. Innovative technologies for the production and processing of agricultural products. Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2021. Part 2. Pp. 66-68.

4. Tyurin Y. I., Mandrovsky K. P. Study of the Stability of Wheel-Walking Excavators with the Help of a Computer-Aided Design System. Bulletin of the Moscow Automobile and Road Construction State Technical University. 2018. № 4 (55). Pp. 34-38.
5. Skoibeda A. T., Kalina A. A., Zhukovets V. N. Dynamics and Loading of the Wheel-Walking Driller Drive. Bulletin of the Belarusian State University of Transport: Science and Transport. 2016. № 1 (32). Pp. 289-291.
6. Dobretsov R. Yu., Matrosov S. I., Borisov E. G. On the project of a reconnaissance machine based on a wheel-walking chassis. Engineering research and achievements are the basis of innovative development: Rubtsovsk: Rubtsovsk Industrial Institute, 2014. Pp. 258-267.
7. Skoibeda A. T., Zhukovets V. N., Komyak I. M., et al. Walking Movers - A Promising Direction for the Creation of Agrophilic Running Systems of Mobile Machines. Topical Issues of Mechanical Engineering. 2014. V. 3. Pp. 102-105.
8. Andreeva E. V. Perspective Constructions of Agrophilic Running Systems of Mobile Machines. Engineering and technical support of the agro-industrial complex. Abstract Journal. 2009. № 1. P. 9.
9. Zhuravkov M. A., Glyakov S. A., Gromyko A. O., Gromyko O. V. Kinematic and Dynamic Analysis of a Wheel-Walking Machine Based on Computer Models in ADAMS and VisualNastran Packages. Theoretical and Applied Mechanics: Interdepartmental Collection of Scientific and Methodological Articles. Minsk: Belarusian National Technical University, 2008. V. 23. Pp. 109-111.
10. Anopchenko V. G. Wheel-Walking Movers for Wheeled Vehicles of High Cross-Country Ability. Improving the efficiency of wheeled and tracked vehicles in harsh operating conditions. Tyumen: Tyumen State Oil and Gas University, 1996. Pp. 8-11.
11. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Improving the Cross-Country Ability of Machine and Tractor Units Based on the Optimization of Movement Methods. Perspective trends in the development of scientific research in priority areas of modernization of the agro-industrial complex and rural territories in modern socio-economic conditions: conference materials. Volgograd, 2021. V. III. Pp. 451-457.
12. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Improving the Profile Cross-Country Ability of Vehicles for Cargo Transportation in Agriculture. Izvestiya NV AUK. 2022. № 4 (68).
13. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Numerical Modeling and Analysis of the Stress-Strain State of Structural Parts and Assembly Units of an Experimental Vehicle with a Combined Mode of Movement for the Agro-Industrial Complex. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2023. № 1 (69). Pp. 575-587.
14. Myasnikov A. S., Fomin S. D., Yarunov A. A. Field Studies of Profile Cross-Country Ability of an Experimental Vehicle for Cargo Transportation in Agriculture. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2023. № 3 (71). Pp. 635-652.
15. Myasnikov A. S., Fomin S. D., Gapich D. S. Comparative Analysis of the Results of Field Tests of Support Cross-Country Ability of an Experimental Vehicle. Izvestiya NV AUK. 2024. No 1 (73). Pp. 392-403.
16. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Field Studies of the Supporting Cross-Country Ability of an Experimental Vehicle on Wet Ploughed Ground. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2023. № 3 (71). Pp. 469-482.
17. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Improvement of the running system of the robotic platform. Innovative Technologies in the Agro-Industrial Complex in the Context of Digital Transformation: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2023. T. 5. P. 211-216.
18. Guskov V. V., Velez N. N., Atamanov Y. E. Tractors: Theory. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1988. 376 p.
19. Guskov A. V. Traction and Coupling Properties and Cross-Country Ability of a Wheeled Mover on Soils with Weak Bearing Capacity. Vestnik MSTU N. E. Bauman. 2008. № 2. Pp. 63-75.
20. Guskov V. V., Dzema A. A., Kolola A. S., Makarenko R. Yu., Zetenko N. I. Investigation of the Process of Interaction of the Leading Wheels of a Tractor with a Ground Surface. Science and Technology, 2017. V. 16. № 1.
21. Guskov V. V., et al. Dynamic Characteristics of Multipurpose Wheeled Machines in Unpaved Surface Movement. Minsk: BNTU, 2018. 38 p.
22. Ignatiev M. B., Kulakov F. M., Pokrovsky A. M. Algorithms for controlling robotic manipulators. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1972. 248 p.
23. Uzyakov R. N., Poyarkova E. V. Determination of Friction Coefficients in a Threaded Connection. Orenburg: Orenburg State University. 2018. 18 p.
24. Korobova N. P., Shum Zh. E., Tukmakov V. P., et al. Determination of Efficiency and Sliding Friction of a Screw Mechanism. Samara: Samar Publishing House. State Aerospace. University, 2012. 16 p.
25. Varganov V. O., Avvakumov M. V., Kolychev M. V., Grebennikova V. M., Romanov V. A. Screw-nut transmission. St. Petersburg, 2015. 57 p.

#### Информация об авторах

**Мясников Алексей Сергеевич**, преподаватель, ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград им. И. А. Матлашова» (Российская Федерация, 400011, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 71), e-mail: Alexey1987M@yandex.ru

**Фомин Сергей Денисович**, доктор технических наук, профессор кафедры "Механика", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: fsd\_58@mail.ru

**Гапич Дмитрий Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой "Электроснабжение и энергетические системы" ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

#### Author's Information

**Myasnikov Aleksey Sergeevich**, Lecturer, Gazprom College Volgograd named after I. A. Matlashov (Russian Federation, 400011, Volgograd, Universitetsky Avenue, 71, e-mail: Alexey1987M@yandex.ru)

**Fomin Sergey Denisovich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: fsd\_58@mail.ru

**Gapich Dmitry Sergeevich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Power Supply and Energy Systems of Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: Gds-08@mail.ru



# EXPERIMENTAL INSTALLATION FOR THE STUDY OF A CHISEL UNIT EQUIPPED WITH WORKING BODIES WITH IMPROVED GEOMETRIC CHARACTERISTICS

Shvabauer Yu. A., Subbotin S. I., Gapich D. S., Fomin S. D.

Volgograd State Agrarian University  
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author or E-mail: fsd\_58@mail.ru

Received 12.02.2024

Submitted 05.04.2024

## Summary

Research on improving the working bodies of the chisel plow is of great importance in terms of improving the energy efficiency of tillage and improving the environmental performance of agriculture

## Abstract

**Introduction.** The development of modernized working bodies for the chisel plow is aimed at optimizing the process of chiseling the soil in order to reduce energy consumption. Research shows that the use of such working bodies helps to improve the tillage process, reduce energy consumption and increase the efficiency of the plow. **Object.** The object of the study is the working body of a chisel plow, made in the form of a chisel. **Materials and methods.** Experimental identification of the properties of the object under study, verification of the validity of accepted hypotheses. Then, on this basis, a comprehensive and in-depth study of the topic of scientific research. **Results and conclusions.** An experimental installation has been prepared for production testing of a chisel plow with upgraded working bodies in real conditions, which will allow assessing its operability and economic feasibility. The results of such an inspection can be used to determine the effectiveness of modernized working bodies and make a decision on their introduction into production. The improvement of working bodies for agricultural machinery plays an important role in improving production efficiency. This makes it possible to improve the quality of tillage, reduce fuel consumption and increase the productivity of agricultural machinery. Through the development of innovations and experimental research, we can create more advanced and efficient working bodies, which will ultimately lead to improved working conditions for agricultural workers and increased agricultural productivity.

**Keywords:** *chisel units, chisel plough chisel, experimental working bodies of chisel plough.*

**Citation.** Shvabauer Yu. A., Subbotin S. I., Gapich D. S., Fomin S. D. Experimental installation for the study of a chisel unit equipped with working bodies with improved geometric characteristics. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 2(74). 394-406 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-02-46.

**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 631.316.22

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧИЗЕЛЬНОГО АГРЕГАТА, ОБОРУДОВАННОГО РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ С УЛУЧШЕННЫМИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Швабауэр Ю. А., аспирант

Субботин С. И., аспирант

Гапич Д. С., доктор технических наук, профессор

Фомин С. Д., доктор технических наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Актуальность.** Разработка модернизированных рабочих органов для чизельного плуга направлена на оптимизацию процесса чизелевания почвы с целью снижения энергозатрат. Исследования показывают, что использование таких рабочих органов способствует улучшению процесса обработки почвы, снижению энергопотребления и повышению эффективности работы плуга. **Объект.** Объектом исследования является рабочий орган чизельного плуга, выполненный в виде долота. **Материалы и методы.** Экспериментальное выявление свойств исследуемого объекта, проверка справедливости принятых гипотез. Затем, на этой основе, всестороннее и глубокое изучение темы научного исследования. **Результаты и выводы.** Подготовлена экспериментальная установка для производственной проверки чизельного плуга с модернизированными рабочими органами в реальных условиях, что позволит оценить его работоспособность и экономическую целесообразность. Результаты такой проверки могут быть использованы для определения эффективности модернизированных рабочих органов.

ванных рабочих органов и принятия решения о их внедрении в производство. Совершенствование рабочих органов для сельскохозяйственной техники играет важную роль в повышении эффективности производства. Это позволяет улучшить качество обработки почвы, снизить расход топлива и повысить производительность работы сельскохозяйственной техники. Благодаря развитию инноваций и проведению экспериментальных исследований, мы можем создавать более совершенные и эффективные рабочие органы, что в конечном итоге приведет к улучшению условий труда сельскохозяйственных работников и увеличению производительности сельского хозяйства.

**Ключевые слова:** чизельные агрегаты, долото чизельного плуга, экспериментальные рабочие органы чизельного плуга.

**Цитирование.** Швабауэр Ю. А., Субботин С. И., Гапич Д. С., Фомин С. Д. Экспериментальная установка для исследования чизельного агрегата, оборудованного рабочими органами с улучшенными геометрическими характеристиками. *Известия НВ АУК*. 2024. 2(74). 394-406. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-02-46.

**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.** Среди агротехнических приемов почвообработки, с точки зрения экологических факторов (развитие ветровой и водной эрозии), можно выделить безотвальное рыхление чизельными плугами [1-6]. Данный агротехнический прием применяют, как правило, на «тяжелых» почвах: значение коэффициента удельного сопротивления  $6,5-11 \text{ кг/см}^2$ ; содержание гумуса менее 2%; пониженное значение влажности почвы на момент проведения чизельной обработки (до 12%). К достоинствам чизельной обработки следует отнести: предотвращение развития ветровой и водной эрозии почвы; улучшение их биомеханических и физико-механических показателей; сохранение влаги в почвенных горизонтах; повышение плодородия почвы [7-11].

Из основных недостатков чизельной обработки следует выделить: значительная энергоемкость процесса; сложность применения чизельных орудий на засорённых почвах и почвах пониженной влажностью в виду возникновения процесса глыбообразования и «порозности» пахотного слоя; возникновение эффекта резания почвенного фона без его крошения (на почвах с повышенной влажностью) [12-16].

Стремление ученых уменьшить суммарные затраты на сплошную обработку почвы, заставляет их обращать внимание на физические процессы взаимодействия почвообрабатывающего орудия с почвой, что дает основание для совершенствования геометрии рабочих органов существующих орудий по критериям энергоэффективности [17-23].

Поэтому изучение и разработка методов совершенствования поверхностей рабочих органов орудий для безотвальной обработки почвы, направленных на снижение энергетических затрат на обработку почвы, является актуальной задачей [24-28].

Целью исследования является проведение производственной проверки чизельного плуга с модернизированными рабочими органами в производственных условиях, снижение энергоемкости процесса чизелевания почвы за счет оптимизации геометрических параметров поверхности рабочего органа чизельного плуга.

**Материалы и методы.** Программа экспериментальных исследований чизельного агрегата, оборудованного рабочими органами с улучшенными геометрическими характеристиками, включала в себя несколько основных разделов:

1. Изготовление опытной партии экспериментальных долот с улучшенной формой поверхности;
2. Создание экспериментальной установки, позволяющей выполнить тяговые испытания рабочей секции чизельного орудия, оборудованной экспериментальными рабочими органами;
3. Создание натурального объекта исследования, в виде чизельного машинно-тракторного агрегата, позволяющего оценить эффективность применения экспериментальных рабочих органов в реальных условиях эксплуатации;
4. Проведение сравнительных полевых испытаний экспериментальных объектов, получение значений регистрируемых параметров в виде осциллограмм, их математическая обработка, построение графических зависимостей исследуемых параметров.

**Результаты и обсуждения.** Технологический процесс изготовления экспериментальной партии долот с улучшенными геометрическими характеристиками рабочей поверхности включал в себя следующие технологические операции:

- получение отливок рабочего органа с заданными геометрическими характеристиками рабочей поверхности;
- механическая обработка полученных отливок: удаление наплывов, шлифовка поверхности, сверление крепёжных отверстий, нарезание резьбы;
- термическая обработка основных функциональных зон экспериментальных отливок.

Экспериментальные долота было принято изготавливать литьем в песчано-глинистые формы. Для этой цели была изготовлена модель рабочего органа посредством 3D печати, согласно рабочим чертежам, рисунки 1, 2.

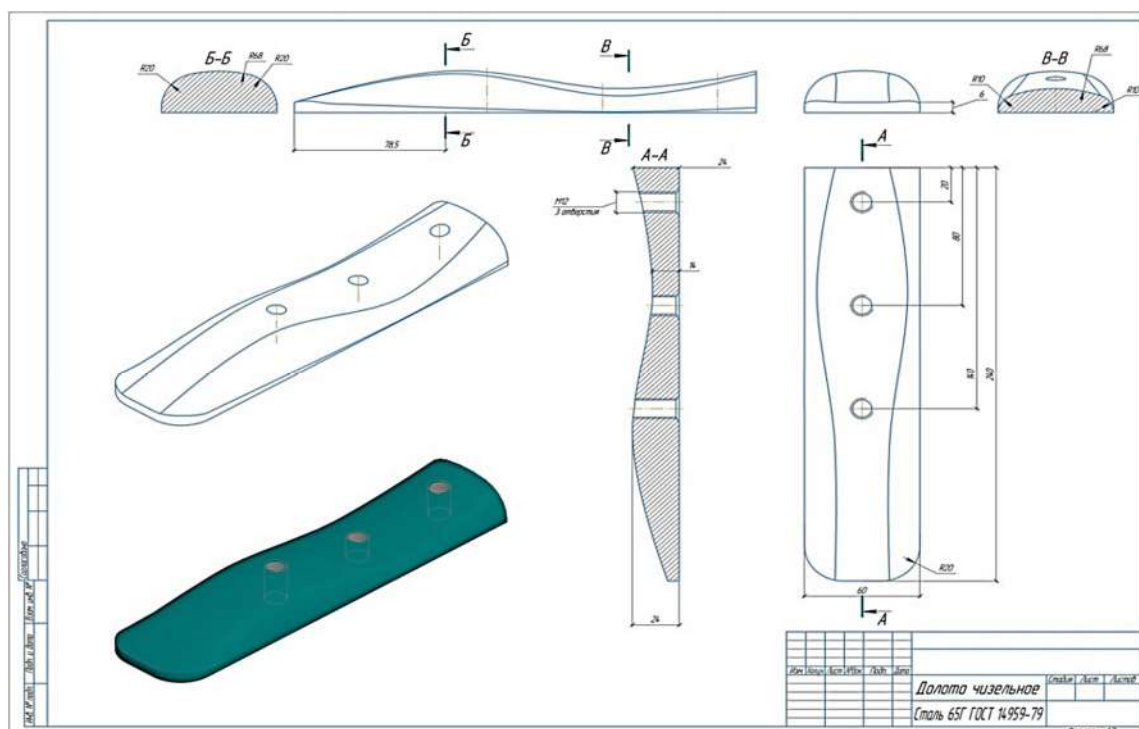


Рисунок 1 – Фрагменты рабочих чертежей экспериментального долота с улучшенными геометрическими характеристиками рабочей поверхности  
Figure 1 – Fragments of working drawings of an experimental bit with improved geometric characteristics of the working surface



Рисунок 2 – Модель экспериментального рабочего органа, полученная по средствам 3D – печати  
Figure 2 – Model of the experimental working body obtained by means of 3D printing



По полученной 3Д модели рабочего органа в литейной лаборатории ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» была отлита партия экспериментальных долот (Патент на изобретение № 2792117 С1).

В качестве основного материала для изготовления экспериментальных долот, согласно рекомендациям, был выбран высокоуглеродистый сплав ВЧ-50. Экспериментальные долота, после операций механической обработки, были подвергнуты термической обработке, состоящей из изотермической закалки, и низкого отпуска (Ветохин В. И. Системные и физико-механические основы проектирования рыхлителей почвы. 2010).

*Создание экспериментальной установки по определению тягового сопротивления рабочей секции чизельного орудия, оборудованной экспериментальными рабочими органами.*

Следующий этап программы экспериментальных исследований включал в себя создание экспериментальной установки, способной оценить значение отдельно взятой секции чизельного орудия, оборудованной экспериментальными долотами различной геометрической формы. Основной целью создания такой установки являлось обоснование конечной формы экспериментальных долот как по энергетическим параметрам, так и по технологическим параметрам, предъявляемым к процессу чизелевания почвы.

В качестве основного элемента экспериментальной установки выступала рама садового культиватора с ходовой системой. На раму при помощи переходных звеньев крепилась рабочая секция чизельного агрегата ОЧО-5.

С целью отслеживания влияния исключительно формы рабочих органов на тяговое сопротивление секции с секции были демонтированы дополнительные элементы: отвал, крылья, дополнительные деформаторы, элементы крепления, рисунки 3, 4.



Рисунок 3 – Общий вид экспериментальной установки по определению тягового сопротивления рабочей секции чизельного орудия

Figure 3 – General view of the experimental setup for determining the traction resistance of the working section of a chisel implement





Рисунок 4 – Общий вид экспериментальных рабочих органов чизельного плуга  
Figure 4 – General view of the experimental working tools of the chisel plow

В процессе выполнения экспериментальных работ непрерывно фиксировались следующие параметры: горизонтальная составляющая тягового сопротивления секции; крюковое усилие трактора; действительная скорость движения. Эксперименты выполнялись на почвенном фоне стерня озимой пшеницы. Влажность почвенного фона в процессе выполнения экспериментальных работ варьировалась от 8 до 16 %.

*Устройство для измерения горизонтального усилия от сельскохозяйственной машины, навешиваемой на трактор.*

Предложено устройство для измерения горизонтального усилия от сельскохозяйственной машины, навешиваемой на трактор, которое включает промежуточную раму, навешиваемую на нижние и верхнюю тяги трехточечной гидронавесной системы трактора, несущую двуплечие рычаги, шарнирно закрепленные соосно на промежуточной раме и измерительное средство. Свободные концы двуплечих рычагов, оси поворота которых расположены вертикально, соединены с нижними тягами гидронавесной системы и снабжены сопряженными между собой зубчатыми секторами. На валу вращения одного из соединенных с нижними тягами рычагов установлено зубчатое колесо, сопряженное с шестерней, смонтированной на вертикально расположенной оси вращения кривошипа, соединенного с верхней тягой гидронавесной системы. Один конец упомянутого вала двуплечего рычага жестко закреплен на основании. Измерительное средство выполнено в виде датчика крутящего момента, размещенного между зубчатым колесом и концом вала, жестко закрепленным на промежуточной раме. Обеспечивается повышение точности измерения горизонтального усилия от навесной сельскохозяйственной машины или орудия, рисунки 5, 6.

Задача, решаемая изобретением, – упрощение конструкции за счет использования единого измерительного элемента в виде датчика крутящего момента.

Технический результат – повышение точности измерения горизонтального усилия от навесной сельскохозяйственной машины или орудия.

Повышение точности измерения горизонтального усилия от навесной сельскохозяйственной машины или орудия достигается устройством для измерения горизонтального усилия от сельскохозяйственной машины, навешиваемой на трактор, включающим промежуточную раму, навешиваемую на нижние и верхнюю тяги трехточечной гидронавесной системы трактора, несущую двуплечие рычаги, соосно закреплен-

ные на промежуточной раме, и измерительное средство, отличающимся тем, что оси поворота рычагов расположены вертикально, свободные концы двуплечих рычагов, соединенных с нижними тягами гидронавесной системы, снабжены сопряженными между собой зубчатыми секторами, на валу вращения одного из соединенных с нижними тягами рычагов установлено зубчатое колесо, сопряженное с шестерней, смонтированной на вертикально расположенной оси вращения кривошипа, соединенного с верхней тягой гидронавесной системы, при этом один конец вала упомянутого двуплечего рычага жестко закреплен на основании, а измерительное средство выполнено в виде датчика крутящего момента, размещенного между зубчатым колесом и концом вала, жестко закрепленным на промежуточной раме.

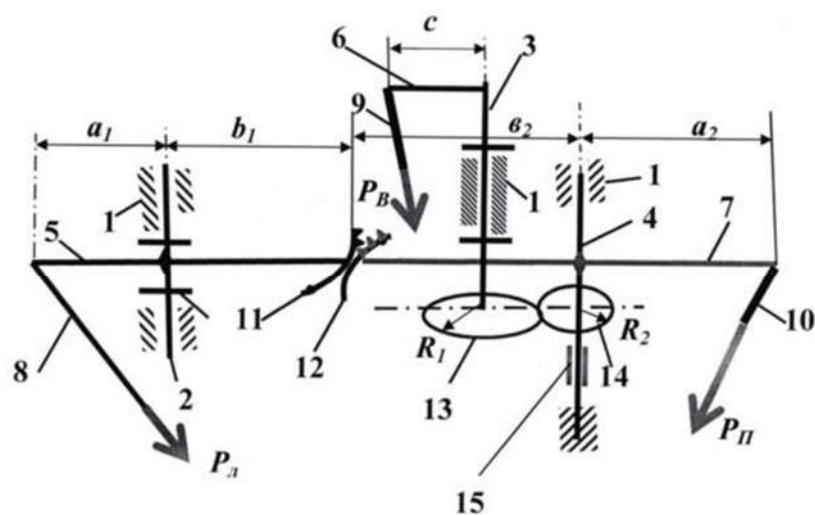


Рисунок 5 – Кинематическая схема устройства для измерения горизонтального усилия от сельскохозяйственной машины, навешиваемой на трактор  
Figure 5 – Kinematic diagram of a device for measuring the horizontal force from an agricultural machine mounted on a tractor



Рисунок 6 – Общий вид устройства для измерения горизонтального усилия от сельскохозяйственной машины, навешиваемой на трактор  
Figure 6 – General view of a device for measuring the horizontal force from an agricultural machine mounted on a tractor

Изобретение поясняется чертежами, где на рисунке 5 схематически представлена кинематическая схема заявленного устройства.

На промежуточной плите, несущей опоры с радиально упорными подшипниками 1 вертикально установлены валы 2, 3, 4, к которым жестко прикреплены двуплечие рычаги 5, 6, 7. К одним концам рычагов 5, 6, 7 подсоединяются три тяги гидронавесной системы трактора 8, 9, 10. На вторых концах двуплечих рычагов 5 и 7 закреплены зубчатые секторы 11 и 12. На валу 3 установлено зубчатое колесо 13, а на валу 4 – зубчатая шестерня 14. Вал 4 снизу жестко соединен с переходной плитой. На валу 4 ниже колеса 14 установлен датчик 15 крутящего момента, показания которого зависят от величины крутящего момента в валу под ним. Вертикальное расположение осей 2 и 4 поворота двуплечих рычагов и оси 3 вращения кривошипа, закрепленных в радиально упорных подшипниках 1, обеспечивает передачу на датчик 15 крутящего момента только суммарного горизонтального усилия

При работе устройства усилия от тяг 8, 9, 10 гидронавесной системы трактора приводят к перекачиванию зубчатых секторов 11 и 12, суммируя на валу 4 усилия от нижних тяг, а шестерни 13 и 14 также добавляют усилие от верхней тяги 9.

Крутящий момент от горизонтальной составляющей  $P_{\text{л}}$  составляет  $M_{\text{л}} = P_{\text{лг}} a_1 v_2 / v_1$ . Крутящий момент от правой горизонтальной  $P_{\text{п}}$  составляющей –  $M_{\text{п}} = P_{\text{пг}} a_2$ . Крутящий момент от верхней горизонтальной  $P_{\text{в}}$  составляющей  $M_{\text{в}} = P_{\text{вг}} a_1 R_2 / R_1$ .

Для того чтобы при одинаковых значениях усилий  $P_{\text{лг}}$ ,  $P_{\text{пг}}$ ,  $P_{\text{в}}$ , например, 10 кН, показания датчика крутящего момента были одинаковыми, необходимо выполнение соотношения:

$$100a_2 = 100a_1 \frac{v_2}{v_1} = 100c \frac{R_2}{R_1},$$

или

$$\frac{a_1 v_2}{a_2 v_1} = \frac{c R_2}{a_2 R_1} = 1$$

где  $a_1$  и  $a_2$  – длины внешних рычагов 5 и 7, мм;

$b_1$  и  $b_2$  – радиусы делительных окружностей зубчатых секторов 11 и 12, мм;

$c$  – радиус кривошипа 6, мм.

За счет заявленной совокупности признаков, включающей зубчатые секторы, шестерню и колесо, а также вертикальное расположение осей поворота двуплечих рычагов и вращения кривошипа, обеспечивающих передачу на датчик крутящего момента только суммарного горизонтального усилия, достигается описанный технический результат, (патент RU 2 776191 C1)

*Способ и устройство для определения точки приложения равнодействующей продольной силы, действующей на рабочий орган почвообрабатывающей машины*

Способ и устройство определения точки приложения равнодействующей продольной силы, действующей на рабочий орган почвообрабатывающей машины, включает закрепление на рабочем органе силоизмерительных элементов и определение величины равнодействующей продольных сил, действующих на рабочий орган, посредством тензодатчиков. Одновременно измеряют величину изгибающего момента от упомянутой равнодействующей относительно фиксированной точки, а мгновенное расстояние от фиксированной точки до точки приложения равнодействующей определяется по зависимости:

$$H = \frac{M}{P}$$

где  $H$  – мгновенное расстояние от фиксированной точки до точки приложения равнодействующей продольных сил, м;  $M$  – значение изгибающего момента в фиксированной точке, Н·м;  $P$  – значение равнодействующей продольных сил, Н.



Технический результат – определение точки приложения равнодействующей продольной силы, действующей на рабочий орган почвообрабатывающей машины, рисунок 7.

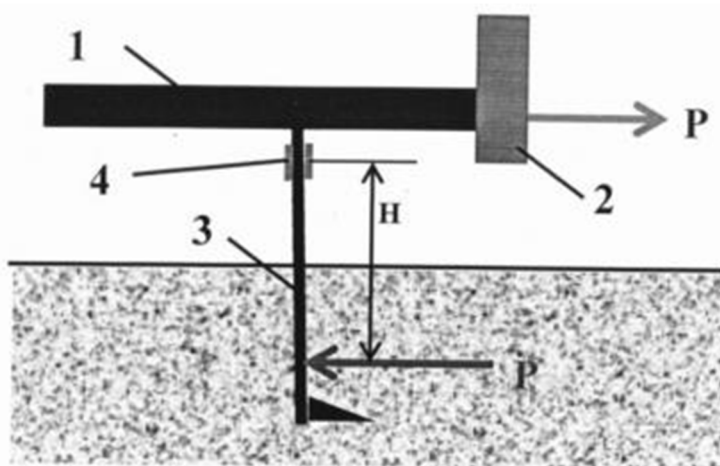


Рисунок 7 – Общий вид устройства для определения точки приложения равнодействующей продольной силы, действующей на рабочий орган почвообрабатывающей машины  
Figure 7 – General view of the device for determining the point of application of the resultant longitudinal force acting on the working body of a tillage machine

Задача, решаемая изобретением – расширение функциональных возможностей известных технических решений для определения равнодействующей продольной силы, действующей на рабочий орган почвообрабатывающей машины.

Технический результат – определение дополнительно точки приложения равнодействующей продольной силы, действующей на рабочий орган почвообрабатывающей машины.

Изобретение поясняется чертежом, где на рисунке 7 схематично изображен общий вид заявленного устройства.

Устройство содержит раму 1 с датчиком 2 значения равнодействующей продольных сил, действующих на рабочий орган 3, перемещаемый присоединенным трактором (на чертеже не показан). Устройство снабжено датчиком 4, например, тензометрического типа, измеряющим изгибающий момент от упомянутой равнодействующей относительно фиксированной точки. Датчики 2 и 4 связаны со входами устройства для вычисления (на чертеже не показано).

Заявленный способ реализуют следующим образом.

На рабочем органе 3 предварительно закрепляют силоизмерительные элементы 2 для определения величины равнодействующей продольных сил, действующих на рабочий орган 3, и 4. Выходы силоизмерительных элементов 2 и 4 подключают ко входам вычислительного устройства. В процессе перемещения рабочего органа 3 на него действуют усилия со стороны почвы, при этом одновременно измеряют равнодействующую  $P$  горизонтальных усилий и величину изгибающего момента  $M$  от упомянутой равнодействующей относительно фиксированной точки. Мгновенное расстояние  $H$  от фиксированной точки до точки приложения равнодействующей определяется вычислительным устройством по математической зависимости, приведенной в формуле изобретения.

За счет одновременного измерения равнодействующей продольных усилий, действующих на рабочий орган почвообрабатывающего агрегата, и момента от этой равнодействующей относительно фиксированной точки, и вычисления мгновенного значения положения равнодействующей продольных усилий, согласно приведенной математической зависимости, реализуемого посредством вычислительного устройства, достигается заявленный технический результат (патент RU 2801775 С1).





Рисунок 8 – Измерение горизонтальной составляющей тягового сопротивления чизельной стойки

Figure 8 – Measurement of the horizontal component of the traction resistance of the chisel strut

*Объект исследования и регистрируемые параметры*

В качестве объекта исследования был выбран чизельный машинно-тракторный агрегат, состоящий из трактора ДТ – 75М и чизельного плуга ОЧО-5. В процессе проведения натурных испытаний регистрировались следующие параметры: крюковая нагрузка трактора; действительная скорость движения агрегата. Крюковая нагрузка трактора замерялась при помощи тензометрических пальцев, установленных в верхней и нижних тягах навесной системы трактора. Действительная скорость движения агрегата методом «пятого колеса»

*Технические средства регистрации и обработки измеряемых величин*

Для регистрации и обработки силовых и кинематических величин, в процессе выполнения технологического процесса чизелевания, применялась измерительная система, состоящая из переносного компьютера; аналого-цифрового преобразователя Е 14-440М; многоканального усилителя сигнала ТОПАЗ -3-01 (рисунок 10).

Аналого-цифровой преобразователь Е 14-440М предназначен для регистрации аналоговых сигналов на переносных компьютерных устройствах. Его основной особенностью является использование цифрового процессора ADSP-2185, позволяющий производить различные трансформации входного сигнала до передачи их в компьютер. Назначение модуля заключается в трансформации входного аналогового сигнала в цифровую форму.

Поддержку модуля Е-440 осуществляет программный продукт L-Graph, который является многоканальным осциллографом-спектроанализатором-регистратором с достаточно простым интерфейсом.

Программное обеспечение «PowerGraph» предназначено для записи, обработки и хранения аналоговых сигналов, регистрируемых с помощью аналого-цифровых преобразователей (АЦП). ПО «PowerGraph» позволяет использовать персональный компьютер в качестве стандартных измерительных и регистрирующих приборов (вольтметры, самописцы, осциллографы, спектроанализаторы и т.д.).



Рисунок 10 – Система регистрации измеряемых параметров  
Figure 10 – System for recording measured parameters

Назначение ПО «PowerGraph»:

- сбор данных с различных измерительных устройств и приборов;
- регистрация и визуализация данных в режиме реального времени;
- редактирование, математическая обработка и анализ данных;
- хранение, импорт и экспорт данных.

Рабочее окно программного продукта «PowerGraph» представлено на рисунке 11, там же показаны осциллограммы измеряемых величин.

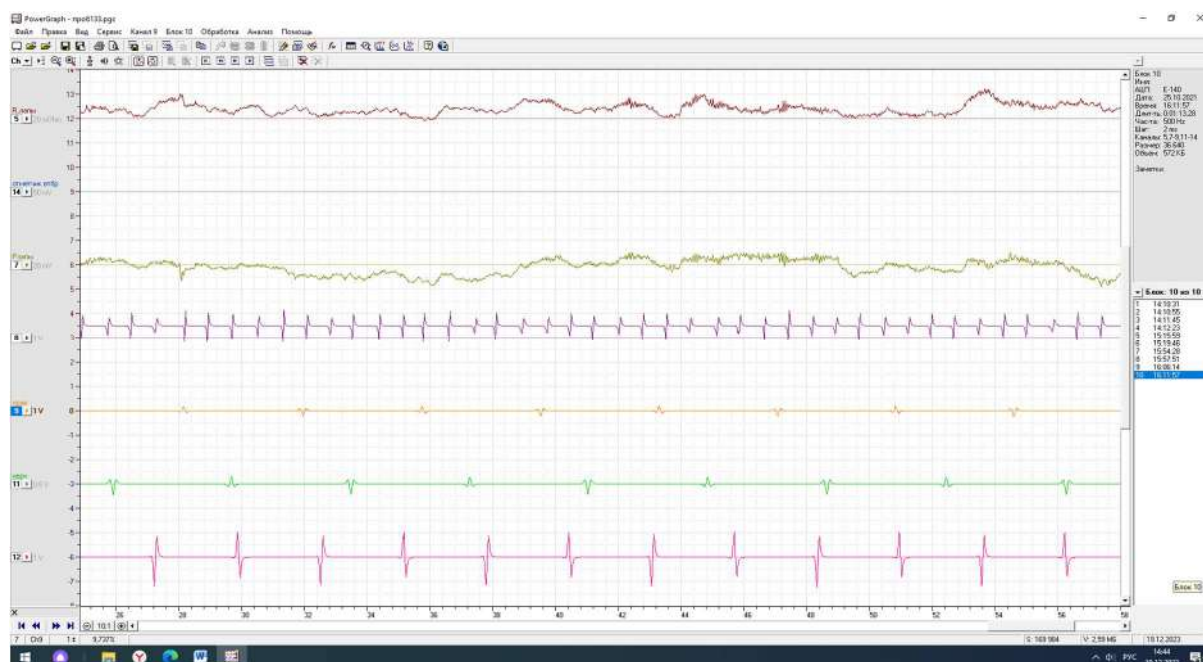


Рисунок 11 – Фрагмент регистрируемых параметров  
Figure 11 – Fragment of registered parameters

**Заключение.** 1. Разработана программа экспериментальных исследований чизельного агрегата, оборудованного рабочими органами с улучшенными геометрическими характеристиками, позволяющая оценить эффективность их применения.

2. В качестве основного материала для изготовления экспериментальных долот, был выбран высокоуглеродистый сплав ВЧ-50. Экспериментальные долота, после операций механической обработки, были подвергнуты термической обработке, состоящей из изотермической закалки, и низкого отпуска.

3. Предложено устройство для измерения горизонтального усилия от сельскохозяйственной машины, навешиваемой на трактор, а также способ и устройство для определения точки приложения равнодействующей продольной силы, действующей на рабочий орган почвообрабатывающей машины, что позволяет расширить функциональные возможности известных технических решений для определения равнодействующей продольной силы, действующей на рабочий орган почвообрабатывающей машины.

4. В качестве объекта исследования был выбран чизельный машинно-тракторный агрегат, состоящий из трактора ДТ – 75М и чизельного плуга ОЧО-5. В процессе проведения натурных испытаний регистрировались следующие параметры: крюковая нагрузка трактора; действительная скорость движения агрегата.

5. Для регистрации и обработки силовых и кинематических величин, в процессе выполнения технологического процесса чизелевания, применялась измерительная система, состоящая из переносного компьютера; аналого-цифрового преобразователя Е 14-440М; многоканального усилителя сигнала ТОПАЗ-3-01.

**Conclusions.** 1. A program of experimental studies of a chisel unit equipped with working bodies with improved geometric characteristics has been developed, which makes it possible to evaluate the effectiveness of their application.

2. High-carbon alloy HF-50 was chosen as the main material for the manufacture of experimental chisels. The experimental bits, after machining operations, were subjected to heat treatment consisting of isothermal quenching and low tempering.

3. A device is proposed for measuring the horizontal force from an agricultural machine mounted on a tractor, as well as a method and device for determining the point of application of the resultant longitudinal force acting on the working body of a tillage machine, which allows expanding the functionality of known technical solutions for determining the resultant longitudinal force acting on the working body of a tillage machine.

4. A chisel machine and tractor unit consisting of a tractor DT - 75M and a chisel plow OCHO–5 was chosen as the object of research. During the field tests, the following parameters were recorded: the hook load of the tractor; the actual speed of the unit.

5. For registration and processing of power and kinematic quantities, during the execution of the chiseling technological process, a measuring system consisting of a portable computer; an analog-to-digital converter E 14-440M; a multichannel signal amplifier TOPAZ-3-01 was used.

#### Библиографический список

1. Ветохин В. И. О динамике формы поверхности рабочих органов почворыхлителей. Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2010. № 6. С. 30-35.
2. Лобачевский Я. П., Старовойтов С. И. Оптимальный профиль передней поверхности чизельного рабочего органа. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 2. С. 26-30.
3. Лобачевский Я. П., Старовойтов С. И. Теоретические и технологические аспекты работы рыхлительного рабочего органа. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 5. С. 17-23.
4. Борисенко И. Б., Доценко А. Е. Технические и технологические особенности комбинированного рабочего органа. Нива Поволжья. 2015. № 3 (36). С. 89-96.
5. Борисенко И. Б., Соколова М. В. Технологическая схема рабочего органа для полосной глубокой обработки почвы. Нива Поволжья. 2014. № 3 (32). С. 44-48.
6. Izmailov A., Liskin I., Lobachevskii Ya., Sidorov S., Khoroshenkov V., Mironova A., Luzhnova E. Simulation of soil-cutting blade wear in an artificial abrasive environment based on the similarity theory. Russian Agricultural Sciences. 2017. V. 43. N 1. Pp. 71-74.
7. Лобачевский Я. П., Старовойтов С. И. Физические аспекты суглинистой почвы. Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2015. 92 с.
8. Лобачевский Я. П., Старовойтов С. И., Комогорцев В. Ф. Обоснование параметров почворежущих рабочих органов для условий эксплуатации на суглинистых почвах. Москва: Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 2018. 304 с.
9. Лискин И. В., Лобачевский Я. П., Миронов Д. А. и др. Результаты лабораторных исследований почворежущих рабочих органов. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 4. С. 41-47.
10. Лобачевский Я. П., Лачуга Ю. Ф., Измайл А. Ю., Шогенов Ю. Х. Научно-технические достижения агроинженерных научных организаций в условиях цифровой трансформации сельского хозяйства. Техника и оборудование для села. 2023. № 3 (309). С. 2-12.



11. Бабицкий Л. Ф., Соболевский И. В., Куклин В. А. Теоретические предпосылки к бионическому обоснованию параметров рабочих органов стернового культиватора. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20. № 2. С. 183-191.
12. Доценко А. Е., Борисенко И. Б. Оптимизация конструктивных и технологических параметров отвально-чизельного рабочего органа. Знание. 2015. № 12-1. С. 82-88.
13. Борисенко И. Б., Сидоров А. Н., Мезникова М. В., Сытилин М. Н. Технологический процесс основной обработки как фактор ресурсосбережения при возделывании сельскохозяйственных культур. Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2020. С. 112-118.
14. Dzyuba O., Dzyuba A., Polyakov A., Volokh V., Antoshchenkov R., Mykhailov A. Studying the influence of structural-mode parameters on energy efficiency of the plough PLN-3-35. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. No 3 (1-99). Pp. 55-65.
15. Бердышев В. Е., Цепляев А. Н., Шапоров М. Н., Харлашин А. В., Седов А. В., Цепляев В. А., Борисенко И. Б. Теория и расчет технологических параметров сельскохозяйственных машин. Волгоград, 2018.
16. Васьков А. А., Дорохов А. С., Романенко В. Н. Применение методов начертательной геометрии для графического построения развертывающихся рабочих поверхностей плугов. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина". 2012. № 1 (52). С. 42-44.
17. Васьков А. А., Дорохов А. С., Трушина Л. Н. Графическое построение рабочих поверхностей корпусов плугов. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина". 2012. № 2 (53). С. 51-53.
18. Борисенко И. Б., Иванцова Е. А., Плещачев Ю. Н., Сидоров А. Н. Новые технологии обработки почвы. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1 (25). С. 14-16.
19. Путрин А. С., Терехов О. Н., Циклер В. В., Утенков Г. Л. Основные характеристики движения почвенных частиц по криволинейной поверхности рабочего органа. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2008. № 1 (17). С. 93-98.
20. Бабицкий Л. Ф., Соболевский И. В., Куклин В. А. Обоснование оптимальных режимов работы культиваторных лап на виброударной подвеске. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 3 (58). С. 69-73.
21. Костылева Л. В., Гапич Д. С., Борисенко И. Б. Проблемные вопросы эксплуатации рабочих органов чизельных орудий и пути их решения. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 3 (39). С. 176-179.
22. Мазитов Н. К., Лобачевский Я. П., Рахимов Р. С. и др. Российская технология обработки почвы и посева на основе собственных конкурентоспособных инновационных машин. Достижения науки и техники АПК. 2014. № 7. С. 68-70.
23. Мазитов Н. К., Лобачевский Я. П., Дмитриев С. Ю. и др. Модернизированная технология и техника для обработки почвы и посева в экстремальных условиях. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 6. С. 63-67.
24. Лобачевский Я. П., Лискин И. В., Сидоров С. А. и др. Разработка и технология изготовления почвообрабатывающих рабочих органов. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 4. С. 3-8.
25. Измайлов А. Ю., Сидоров С. А., Лобачевский Я. П. и др. Новые материалы и технологии нанесения твердосплавных покрытий для деталей почвообрабатывающих машин. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 2. С. 66-69.
26. Лобачевский Я. П., Комогорцев В. Ф., Старовойтов С. И., Храмовских К. А. Анализ тягового сопротивления элементов цилиндрического плужного корпуса. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 2. С. 11-15.
27. Сидоров С. А., Лобачевский Я. П., Миронов Д. А., Золотарев А. С. Влияние геометрических и установочных параметров плужных рабочих органов на агротехнические и силовые характеристики. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 2. С. 10-16.
28. Измайлов А. Ю., Лискин И. В., Лобачевский Я. П. и др. Применение теории подобия для моделирования износа почворежущих лезвий в искусственной абразивной среде. Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 6. С. 48-51.

#### References

1. Vetokhin V. I. On the Dynamics of the Shape of the Surface of the Working Organs of Soil Cultivators. Tractors and agricultural machinery. 2010. № 6. Pp. 30-35.
2. Lobachevsky Y. P., Starovoitov S. I. Optimal Profile of the Front Surface of the Chisel Working Body. Agricultural Machinery and Technologies. 2018. V. 12. № 2. Pp. 26-30.
3. Lobachevsky Y. P., Starovoitov S. I. Theoretical and Technological Aspects of the Work of the Loosening Working Organ. Agricultural Machinery and Technologies. 2016. № 5. Pp. 17-23.
4. Borisenko I. B., Dotsenko A. E. Technical and Technological Features of the Combined Working Body. Niva of the Volga region. 2015. № 3 (36). Pp. 89-96.
5. Borisenko I. B., Sokolova M. V. Technological Scheme of the Working Body for Strip Deep Soil Cultivation. Niva of the Volga region. 2014. № 3 (32). Pp. 44-48.
6. Izmailov A., Liskin I., Lobachevskii Ya., Sidorov S., Khoroshenkov V., Mironova A., Luzhnova E. Simulation of soil-cutting blade wear in an artificial abrasive environment based on the similarity theory. Russian Agricultural Sciences. 2017. V. 43. No 1. Pp. 71-74.
7. Lobachevsky Y. P., Starovoitov S. I. Physical Aspects of Loamy Soil. Bryansk: Bryansk State Agrarian University, 2015. 92 p.
8. Lobachevsky Y. P., Starovoitov S. I., Komogortsev V. F. Substantiation of Parameters of Soil-Cutting Working Bodies for Operating Conditions on Loamy Soils. Moscow: Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 2018. 304 p.
9. Liskin I. V., Lobachevsky Y. P., Mironov D. A., et al. Results of Laboratory Studies of Soil-Cutting Working Bodies. Agricultural Machinery and Technologies. 2018. V. 12. № 4. Pp. 41-47.



10. Lobachevsky Y. P., Lachuga Y. F., Izmailov A. Yu., Shogenov Y. Kh. Scientific and Technical Achievements of Agroengineering Scientific Organizations in the Context of Digital Transformation of Agriculture. Machinery and equipment for the village. 2023. № 3 (309). Pp. 2-12.
11. Babitsky L. F., Sobolevsky I. V., Kuklin V. A. Theoretical prerequisites for bionic justification of the parameters of the working bodies of a stubble cultivator. Agrarian Science of the Euro-North-East. 2019. V. 20. № 2. Pp. 183-191.
12. Dotsenko A. E., Borisenko I. B. Optimization of Structural and Technological Parameters of the Moldboard-Chisel Working Body. Knowledge. 2015. № 12-1. Pp. 82-88.
13. Borisenko I. B., Sidorov A. N., Meznikova M. V., Sytilin M. N. Technological Process of Basic Processing as a Factor of Resource Saving in the Cultivation of Agricultural Crops. Optimization of Agricultural Land Use and Strengthening of the Export Potential of the Agro-Industrial Complex of the Russian Federation on the Basis of Convergent Technologies: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd, 2020. Pp. 112-118.
14. Dzyuba O., Dzyuba A., Polyakov A., Volokh V., Antoshchenkov R., Mykhailov A. Studying the influence of structural-mode parameters on energy efficiency of the plough PLN-3-35. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. No 3 (1-99). Pp. 55-65.
15. Berdyshev V. E., Tseplyaev A. N., Shaprov M. N., Kharlashin A. V., Sedov A. V., Tseplyaev V. A., Borisenko I. B. Theory and Calculation of Technological Parameters of Agricultural Machines. Volgograd, 2018.
16. Vaskov A. A., Dorokhov A. S., Romanenko V. N. Application of Descriptive Geometry Methods for Graphic Construction of Unfolding Plough Working Surfaces. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin". 2012. № 1 (52). Pp. 42-44.
17. Vaskov A. A., Dorokhov A. S., Trushina L. N. Graphic construction of working surfaces of plough bodies. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin". 2012. № 2 (53). Pp. 51-53.
18. Borisenko I. B., Ivantsova E. A., Pleskachev Yu. New technologies of tillage. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2012. № 1 (25). Pp. 14-16.
19. Putrin A. S., Terekhov O. N., Tsikler V. V., Utenkov G. L. Main Characteristics of Soil Particle Motion on the Curved Surface of the Working Body. Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2008. № 1 (17). Pp. 93-98.
20. Babitskii L. F., Sobolevskii I. V., Kuklin V. A. Substantiation of Optimal Operating Modes of Cultivator Tines on Vibration Impact Suspension. Agrarian Science of the Euro-North-East. 2017. № 3 (58). Pp. 69-73.
21. Kostyleva L. V., Gapich D. S., Borisenko I. B. Problematic Issues of Operation of Working Organs of Chisel Guns and Ways to Solve Them. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2015. № 3 (39). Pp. 176-179.
22. Mazitov N. K., Lobachevsky Y. P., Rakhimov R. S., et al. Russian Technology of Soil Cultivation and Sowing Based on Own Competitive Innovative Machines. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2014. № 7. Pp. 68-70.
23. Mazitov N. K., Lobachevsky Y. P., Dmitriev S. Yu., et al. Modernized Technology and Technique for Soil Treatment and Sowing in Extreme Conditions. Proceedings of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2014. № 6. Pp. 63-67.
24. Lobachevsky Y. P., Liskin I. V., Sidorov S. A., et al. Development and Technology of Production of Soil Cultivating Working Bodies. Agricultural Machinery and Technologies. 2016. № 4. Pp. 3-8.
25. Izmailov A. Yu., Sidorov S. A., Lobachevsky Y. P., et al. New Materials and Technologies for Carbide Coating for Tillage Machine Parts. Bulletin of Russian Agricultural Science. 2016. № 2. Pp. 66-69.
26. Lobachevsky Y. P., Komogortsev V. F., Starovoitov S. I., Khramovskikh K. A. Analysis of Traction Resistance of Cylindroidal Plough Body Elements. Agricultural Machinery and Technologies. 2016. № 2. Pp. 11-15.
27. Sidorov S. A., Lobachevsky Y. P., Mironov D. A., Zolotarev A. S. Influence of Geometric and Installation Parameters of Plough Working Bodies on Agrotechnical and Power Characteristics. Agricultural Machinery and Technologies. 2020. V. 14. № 2. Pp. 10-16.
28. Izmailov A. Yu., Liskin I. V., Lobachevsky Y. P., et al. Application of similarity theory for modeling the wear of soil-cutting blades in an artificial abrasive environment. Russian Agricultural Science. 2016. № 6. Pp. 48-51.

#### Информация об авторах

**Швабауэр Юрий Александрович**, аспирант кафедры "Электроснабжение и энергетические системы" ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

**Субботин Станислав Игоревич**, аспирант кафедры "Электроснабжение и энергетические системы" ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

**Гапич Дмитрий Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой "Электроснабжение и энергетические системы" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

**Фомин Сергей Денисович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd\_58@mail.ru

#### Author's Information

**Shvabauer Yuriy Aleksandrovich**, PhD student of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

**Subbotin Stanislav Igorevich**, PhD student of the Department of Power Supply and Energy Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

**Gapich Dmitry Sergeevich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Power Supply and Energy Systems Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: Gds-08@mail.ru

**Fomin Sergey Denisovich**, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd\_58@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Воронов С. И., Плескачев Ю. Н., Астарханова Т. С., Нахаев М. Р.</b><br>Биоэнергетическая оценка возделывания зерновых культур на плакорных ландшафтах<br><b>Voronov S. I., Pleskachev Yu. N., Astarkhanova T. S., Nakhaev M. R.</b><br>Bioenergetic assessment of cultivation of grain crops on placor landscapes .....                                                                                                                                                                                                                                                            | 13 |
| <b>Тютюма Н. В., Петров Н. Ю., Ефремова Е. Н.</b><br>Экономическая эффективность возделывания сахарного сорго в условиях Волгоградской области<br><b>Tyutyuma N. V., Petrov N. Y., Efremova E. N.</b><br>Economic efficiency of sugar sorghum cultivation in the conditions of the Volgograd region .....                                                                                                                                                                                                                                                                             | 20 |
| <b>Бондаренко А. Н.</b><br>Интегрированная система защиты посадок картофеля от проволочника<br><b>Bondarenko A. N.</b><br>Integrated wireworm protection system for potato plantings .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 26 |
| <b>Гущина В. А., Смирнов А. Д., Егорова Г. С.</b><br>Урожайность стеблей и выход волокна конопли посевной в зависимости от листовых подкормок<br><b>Gushchina V. A., Smirnov A. D., Egorova G. S.</b><br>The yield of stems and yield of hemp fiber depending on foliar fertilization .....                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 36 |
| <b>Захарова О. А., Кучер Д. Е., Садовая И. И., Черкасов О. В., Кучер О. Д.</b><br>Оценка влияния засухи и высоких температур на прохождение основных фаз вегетации и показатели продуктивности овса посевного при внесении органического удобрения на основе отходов животноводства<br><b>Zakharova O. A., Kucher D. E., Sadovaya I. I., Cherkasov O. V., Kucher O. D.</b><br>Assessment of the impact of drought and high temperatures on the passage of the main vegetation phases and productivity indicators of oats when applying organic fertilizer based on animal waste ..... | 45 |
| <b>Зеленев А. В., Смутнев П. А., Неймышева А. Н., Карякин В. В.</b><br>Уровень исследований потенциальных сортов посевного проса в Волгоградской области<br><b>Zelenev A. V., Smutnev P. A., Neymysheva A. N., Karyakin V. V.</b><br>Level of research of potential varieties of millet in the Volgograd region .....                                                                                                                                                                                                                                                                 | 52 |
| <b>Иванцова Е. А., Комарова И. А.</b><br>Геоинформационный анализ и оценка современного состояния орошаемых земель территории Сарпинской низменности<br><b>Ivantsova E. A., Komarova I. A.</b><br>Geoinformation analysis and assessment of the current state of irrigated land in the Sarpinskaya lowland territory .....                                                                                                                                                                                                                                                            | 60 |
| <b>Капранов В. Н., Зеленев А. В., Киселёв Е. Ф., Тегесов Д. С., Плескачев Н. Ю.</b><br>Норма высева – фактор, определяющий агроэкономическую эффективность возделывания гибрида F1 озимой ржи Немчиновский 1 в технологиях разного уровня интенсивности<br><b>Kapranov V. N., Zelenev A. V., Kiselev E. F., Tegesov D. S., Pleskachev N. Yu.</b><br>Seeding rate is a factor that determines the agro-economic efficiency of cultivation of the F1 hybrid of winter rye Nemchinovsky 1 in technologies of different levels of intensity.....                                          | 67 |
| <b>Бахтыгалиев Е. С.</b><br>Влияние водного и питательного режимов почвы на продуктивность различных видов люцерны<br><b>Bakhtygaliyev E. S.</b><br>Influence of water and nutritional regimes of soil on the productivity of various species of alfalfa .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 75 |

**Володина И. А., Марунова Л. К.**

Отзывчивость бобовых трав: люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) и донника белого однолетнего (*Melilotus albus* Medic) на влияние отечественного регулятора роста «Мивал-Агро»

**Volodina I. A., Marunova L. K.**

Responsiveness of leguminous grasses: alfalfa (*Medicago varia* Mart.) and annual white sweet donnik (*Melilotus albus* Medic) on the influence of the domestic growth regulator Mival-Agro ..... 84

**Евчук М. В., Петров Н. Ю., Батыров В. А., Джиргалова Е. А., Хулхачиева Л., Болаев Б. К., Арылов Ю. Н.**

Влияние биопрепаратов на продуктивность сорговых культур на светло-каштановой почве Калмыкии

**Evchuk M. V., Petrov N. Yu., Batyrov V. A., Dzhirgalova E. A., Khulkhachieva L., Bolaev B. K., Arylov Yu. N.**

Effect of Biological Preparations on Productivity of Sorghum Crops on Light Chestnut Soil of Kalmykia ..... 95

**Захарова Е. А., Петров Н. Ю., Кузнецова Е. А., Петров Ю. Н., Кузнецова Н. В., Горбачева Ю. И.**  
Применение Силипланта как регулятора роста при возделывании картофеля в аридной зоне Северного Прикаспия

**Zakharova E. A., Petrov N. Yu., Kuznetsova E. A., Petrov Yu. N., Kuznetsova N. V., Gorbacheva Yu. I.**  
The use of Siliplant as a growth regulator in potato cultivation in the arid zone of the Northern Caspian region ..... 103

**Камалеев Р. Д., Гречишкина О. С.**

Перспективный сорт ярового ячменя Лекарь 3

**Kamaleev R. D., Grechishkina O. S.**

Promising variety of spring barley Lekar 3 ..... 109

**Кочкарь М. М., Воробьева О. М., Вдовенко А. В., Генералова Н. М.**

Геоинформационный анализ рельефа водосбора Сарпинских озер

**Kochkar M. M., Vorobieva O. M., Vdovenko A. V., Generalova N. M.**

Geoinformation analysis of the relief of the Sarpinsky lakes catchment area ..... 116

**Кулик А. К., Власенко М. В.**

Глобальная стратегия планирования восстановления деградированных и опустыненных экосистем

**Kulik A. K., Vlasenko M. V.**

Global planning strategy for the restoration of degraded and desertified ecosystems. .... 125

**Сидоров А. Н., Чамурлиев О. Г., Чамурлиев Г. О., Холод А. А., Васина И. А.**

Изучение эффективности инновационных марок минеральных удобрений при возделывании нута на светло-каштановых почвах Волгоградской области

**Sidorov A. N., Chamurliiev O. G., Chamurliiev G. O., Kholod A. A., Vasina I. A.**

Studying the effectiveness of innovative brands of mineral fertilizers in the cultivation of chickpeakes on light chestnut soils in the Volgograd region ..... 141

**Зыков А. В., Егорова К. И., Юнин В. А.**

Анализ влияния различных доз удобрения Биагум на морфологические параметры однолетних саженцев яблонь

**Zykov A. V., Egorova K. I., Yunin V. A.**

Analysis of the effect of different doses of Biagum fertilizer on the morphological parameters of annual apple seedlings ..... 148

**Наумова Н. А.**

Элементы продуктивности и хозяйственно ценные признаки ячменя ярового в условиях светло-каштановых почв Северо-Западного Прикаспия

**Naumova N. A.**

Elements of productivity and economically valuable traits of spring barley in light chestnut soils of the North-Western Caspian region ..... 157

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ / ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

- Горлов И. Ф., Николаев Д. В., Суркова С. А., Воронцова Е. С., Обрушникова Л. Ф.**  
Особенности производства молока коров красной степной породы при использовании лактулозосодержащих кормовых добавок  
**Gorlov I. F., Nikolaev D. V., Surkova S. A., Vorontsova E. S., Obrushnikova L. F.**  
Features of milk production of the Red Steppe breed cows when using lactulose-containing feed additives ..... 164
- Варакин А. Т., Мокроусов В. Е., Гайирбегов Д. Ш., Симонов Г. А., Воронцова Е. С., Коноблей Т. В.**  
Обмен веществ у телят-молочников в зависимости от уровня крезацина в рационах  
**Varakin A. T., Mokrousov V. E., Gayirbegov D. Sh., Simomov G. A., Vorontsova E. S., Konoblei T. V.**  
Metabolism in dairy calves depending on the level of crezacin in diets ..... 170
- Гукежев В. М., Жашуев Ж. Х., Габаев М. С.**  
Влияние пола потомства на продуктивные и репродуктивные показатели дочерей быков  
**Gukezhev V. M., Zhashuev Zh. Kh., Gabaev M. S.**  
The influence of offspring sex on the productive and reproductive performance of bull daughters ..... 178
- Карапетян А. К., Чехранова С. В., Николаев С. И., Вуевский Н. О., Даниленко И. Ю.**  
Эффективность применения зерна люпина в рационах дойных коров  
**Karapetyan A. K., Chehranova S. V., Vuyevsky N. O., Nikolaev S. I., Danilenko I. Y.**  
The efficiency of the use of lupine grain in the diets of dairy cows ..... 187
- Колосов Ю. А., Чамурлиев Н. Г., Абонеев В. В., Гаглоев А. Ч., Шперов А. С.**  
Характер наследования шерстной продуктивности у мериносовых овец улучшенных генотипов  
**Kolosov Yu. A., Chamurliiev N. G., Aboneev V. V., Gagloev A. Ch., Shperov A. S.**  
The nature of inheritance of wool productivity in merino sheep of improved genotypes ..... 194
- Николаев С. И., Дронов Р. Н., Карапетян А. К., Шкаленко В. В., Чехранова С. В., Даниленко И. Ю.**  
Влияние белкового концентрата "Агро-Матик" на физиологические и зоотехнические показатели молодок яичного направления продуктивности  
**Nikolaev S. I., Dronov R. N., Karapetyan A. K., Shkalenko V. V., Chekhranova S. V., Danilenko I. Yu.**  
Influence of protein concentrate "Agro-Matik" on physiological and zootechnical indicators of pullets of egg productivity ..... 201
- Панин В. А., Харламов А. В., Ильин В. В.**  
Возрастные изменения продуктивных качеств и элементного статуса коз оренбургской породы  
**Panin V. A., Kharlamov A. V., Ilyin V. V.**  
Age-related changes in productive qualities and elemental status of Orenburg breed goats ..... 208
- Чехранова С. В., Николаев С. И., Елизаров Д. Ю., Карапетян А. К., Даниленко И. Ю.**  
Использование адресных премиксов в кормлении дойных коров  
**Chehranova S. V., Nikolaev S. I., Elizarov D. Yu., Karapetyan A. K., Danilenko I. Yu.**  
The use of targeted premixes in feeding dairy cows ..... 217
- Горлов И. Ф., Калинина Н. В., Комарова З. Б., Сложенкина М. И., Струк Е. А., Абрамов С. В.**  
Влияние пребиотической кормовой добавки на физиологические, продуктивные показатели и состав микробиома кишечника кур-несушек кросса Хайсекс Браун  
**Gorlov I. F., Kalinina N. V., Komarova Z. B., Slozhenkina M. I., Struk E. A., Abramov S. V.**  
The influence of a prebiotic feed additive on the physiological, productive parameters and composition of the intestinal microbiome of laying hens of the Hisex Brown cross ..... 223
- Бахчевников О. Н., Брагинец С. В., Кравченко Н. С., Пахомов В. И.**  
Колосья зерновых культур ранних фаз спелости как источник повышения питательной ценности кормов для рыб  
**Bakhchevnikov O. N., Braginets S. V., Kravchenko N. S., Pakhomov V. I.**  
Cereal crops ears of early ripening stages as a source of increasing the nutritive value of fish feeds ..... 230



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Бедило Н. А., Юрин Д. А., Оsepчук Д. В., Скамарохова А. С.</b><br>Анализ современного состояния естественных лугов для ведения мясного скотоводства в Кущевском районе Краснодарского края<br><b>Bedilo N. A., Yurin D. A., Osepchuk D. V., Skamarokhova A. S.</b><br>Analysis of the current state of natural meadows for beef cattle breeding in the Kushchevsky district of the Krasnodar region .....                                                                                                               | 240 |
| <b>Фирсов Г. М., Ряднов А. А., Ряднова Т. А., Морозова З. Ч., Будтуев О. В.</b><br>Динамика разнообразия бактериального сообщества содержимого матки у коров при бактериальных инфекциях<br><b>Firsov G. M., Ryadnov A. A., Ryadnova T. A., Morozova Z. Ch., Budtuev O. V.</b><br>Dynamics of diversity of the bacterial community of cows' uterus contents in bacterial infections .....                                                                                                                                  | 248 |
| <b>Церенов И. В., Горлов И. Ф., Николаев Д. В., Пономарев В. В., Громова А. О., Акимова Ю. В., Квашнина М. А.</b><br>Оценка влияния разных внутрипородных типов овец калмыцкой курдючной породы на естественную резистентность их организма<br><b>Tserenov I. V., Gorlov I. F., Nikolaev D. V., Ponomarev V. V., Gromova A. O., Akimova Yu. V., Kvashnina M. A.</b><br>Assessment of the influence of different interbreed types of sheep of the kalmyk fat-tailed breed on the natural resistance of their organism ..... | 257 |
| <b>Тарасова К. Ю., Швецов Н. Н., Чехранова С. В., Николаев С. И., Елизаров Д. Ю.</b><br>Влияние премикса «РумиМикс-3» на молочную продуктивность и показатели рубцового содержимого коров<br><b>Tarasova K. Yu., Shvetsov N. N., Chehranova S. V., Nikolaev S. I., Yelizarov D. Yu.</b><br>Effect of RumiMix-3 premix on milk productivity and rumen content of cows .....                                                                                                                                                 | 264 |
| <b>АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ /<br/>AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |
| <b>Овчинников А. С., Бочарников В. С., Козинская О. В., Бочарникова О. В., Денисова М. А.</b><br>Модернизация короткоструйной дефлекторной насадки для получения искусственного дождя<br><b>Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Kozinskaya O. V., Bocharnikova O. V., Denisova M. A.</b><br>Modernization of a short-jet deflector nozzle for producing artificial rain .....                                                                                                                                            | 273 |
| <b>Ряднов А. И., Федорова О. А., Павловский Д. С.</b><br>Снижение непроизводительных затрат времени смены при уборке метелочных культур соргоуборочным комбайном<br><b>Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Pavlovsky D. S.</b><br>Reducing unproductive shift time when harvesting panicle crops with a sorghum harvester .....                                                                                                                                                                                                 | 279 |
| <b>Аксенов А. Г., Хамуев В. Г., Борзенко С. И., Герасименко С. А.</b><br>Определение технологического параметра толщины акселераторов воздушного потока в пневмоканале для очистки послеуборочной обработки сои<br><b>Aksenov A. G., Khamuev V. G., Borzenko S. I., Gerasimenko S. A.</b><br>Determination of the technological parameter of the thickness of the air flow accelerators in the pneumatic channel for cleaning soybean post-harvest waste .....                                                             | 289 |
| <b>Бандурин М. А., Приходько И. А., Гераськина Т. В.</b><br>Системная оптимизация природоподобной технологии сбалансированного водопользования на рисовых оросительных системах нижней Кубани<br><b>Bandurin M. A., Prikhodko I. A., Geraskina T. V.</b><br>System optimization of nature-like technology for balanced water use in rice irrigation systems of Lower Kuban .....                                                                                                                                           | 297 |
| <b>Бочарников В. С., Денисова М. А., Тронеv С. В., Овчинников А. С., Бочарникова О. В., Козинская О. В.</b><br>Степень извлечения химических примесей при оптимизации конструктивных параметров сорбционной загрузки<br><b>Bocharnikov V. S., Denisova M. D., Tronev S. V., Ovchinnikov A. S., Bocharnikova O. V., Kozinskaya O. V.</b><br>Degree of extraction of chemical impurities when optimizing the design parameters of sorption loading .....                                                                     | 309 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <p><b>Григораш О. В., Даус Ю. В., Денисенко Е. А., Коломейцев А. Э.</b><br/>         Инвертор для автономных систем электроснабжения<br/> <b>Grigorash O. V., Daus Yu. V., Denisenko E. A., Kolomeitsev A. E.</b><br/>         The Inverter for autonomous power supply systems .....</p>                                                                                                                                                                                                | <p>315</p> |
| <p><b>Лебедь Н. И., Цепляев А. Н., Токарев К. Е., Ханин Ю. И., Фомин С. Д.</b><br/>         Моделирование системы управления измельчителя плодовоовощной продукции<br/> <b>Lebed N. I., Tseplyaev A. N., Tokarev K. E., Khanin Yu. I., Fomin S. D.</b><br/>         Simulation of the control system of the fruit and vegetable chopper .....</p>                                                                                                                                        | <p>323</p> |
| <p><b>Ракутько С. А.</b><br/>         Становление и развитие энергоэкологии светокультуры как нового научного направления<br/>         в институте агроинженерных и экологических проблем<br/> <b>Rakutko S. A.</b><br/>         Formation and development of energy and ecology convergence in greenhouse horticulture<br/>         as a new scientific field at the institute of agricultural engineering and environmental problems .....</p>                                         | <p>331</p> |
| <p><b>Ряднов А. И., Руденко В. Н., Павловский Д. С., Федоров А. В.</b><br/>         Результаты оценки производительности технических средств на уборке<br/>         сельскохозяйственных культур<br/> <b>Ryadnov A. I., Rudenko V. N., Pavlovsky D. S., Fedorov A. V.</b><br/>         Results of the assessment of the performance of technical means for harvesting agricultural crops .....</p>                                                                                       | <p>346</p> |
| <p><b>Фомин С. Д., Гапич Д. С., Субботин С. И., Швабауэр Ю. А.</b><br/>         Тяговое сопротивление секции чизельного плуга с рабочими органами различной<br/>         геометрической формы<br/> <b>Fomin S. D., Gapich D. S., Subbotin S. I., Shvabauer Yu. A.</b><br/>         Traction resistance of a chisel plow section with working bodies of various geometric shapes .....</p>                                                                                                | <p>358</p> |
| <p><b>Кирюхин С. В., Курбанов Р. К., Гуринович С. О., Панарина В. И., Захарова Н. И.</b><br/>         Применение вегетационных индексов для сравнительной оценки полевой всхожести сои<br/> <b>Kiryukhin S. V., Kurbanov R. K., Gurinovich S. O., Panarina V. I., Zakharova N. I.</b><br/>         Application of vegetation indices for comparative evaluation of soybean field germination .....</p>                                                                                   | <p>367</p> |
| <p><b>Пенькова Р. И., Майер А. В.</b><br/>         Теоретические аспекты совместного выращивания овощной, и грибной продукции<br/>         в закрытом грунте<br/> <b>Penkova R. I., Mayer A. V.</b><br/>         Theoretical aspects of joint cultivation of vegetable and mushroom products indoors .....</p>                                                                                                                                                                           | <p>377</p> |
| <p><b>Мясников А. С., Фомин С. Д., Гапич Д. С.</b><br/>         Энергозатраты на передвижение комбинированным способом экспериментального<br/>         транспортного средства по деформируемой поверхности<br/> <b>Myasnikov A. S., Fomin S. D., Gapich D. S.</b><br/>         Energy consumption for the combined movement of an experimental vehicle<br/>         on a deformable surface .....</p>                                                                                    | <p>383</p> |
| <p><b>Швабауэр Ю. А., Субботин С. И., Гапич Д. С., Фомин С. Д.</b><br/>         Экспериментальная установка для исследования чизельного агрегата, оборудованного<br/>         рабочими органами с улучшенными геометрическими характеристиками<br/> <b>Shvabauer Yu. A., Subbotin S. I., Gapich D. S., Fomin S. D.</b><br/>         Experimental installation for the study of a chisel unit equipped with working bodies with improved<br/>         geometric characteristics .....</p> | <p>394</p> |
| <p><b>СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS .....</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p>407</p> |

## 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](mailto: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 истолкованным как влияющий на результаты оценки их рукописи. Все источники финансовой поддержки должны быть раскрыты.

Рекомендуемый объем статьи: **основной текст** (без названия, авторов, аннотации, ключевых слов и библиографического списка) – от **15 тыс.** знаков с пробелами (от 2000 слов), полный текст – от 30 тыс. знаков с пробелами (от 4000 слов) (**10-12** стр.).

## ОФОРМЛЕНИЕ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

Библиографические ссылки на список литературы должны быть оформлены с указанием в строке текста в квадратных скобках цифрового порядкового номера. В случае ссылки на точную цитату – необходимо дополнительно указать через запятую номера соответствующих страниц, например, [7, с. 36].

Список литературы нумеруется в порядке упоминания в тексте, он должен быть оформлен в соответствии с рекомендованным 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 (NAMSI) (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 № 2 (74), 2024**

Ответственный редактор – *Д. А. Шишлянникова*  
Технический редактор – *Т. А. Ситникова*  
Компьютерная верстка – *А. В. Харлашин*  
Перевод – *Н. В. Тураева*

Реестровая запись: серия ПИ № ФС77-80865 выдано 23.04.2021  
Федеральной службой по надзору в сфере 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](mailto:izvestiya-volgau@mail.ru)  
Дата выхода 27.04.2024.  
Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 155.  
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 № 2 (74), 2024**

Executive editor – *D. A. Shishlyannikova*  
Technical editor – *T. A. Sitnikova*  
Desktop publishing – *A. V. Kharlashin*  
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](mailto:izvestiya-volgau@mail.ru)  
Release Date 27.04.2024.  
Edition 1000 (first factory 100). Order 155.  
Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»  
400002, Volgograd, University Avenue, 26.

Free price