

**80-летию ВолГАУ
посвящается...**

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 4 (76), 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

№ 4 (76), 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****№ 4 (76), 2024***Группы специальностей:*

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

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**THE MAGAZINE FOUNDER
Volgograd state
agrarian university**ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485****№ 4 (76), 2024***Specialty groups:*

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

ИЗВЕСТИЯНижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование**№ 4 (76), 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:

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

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

Бочарников В.С., доктор технических наук, Ученый секретарь, Волгоградский ГАУ

PROCEEDINGSof Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education**№ 4 (76), 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:

Шапоров 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 (ФНИЦ Агроэкологии РАН)
<http://www.cnshb.ru/AKDIL/akad/base/RK/000534.shtm>

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

**International Editorial Board
of the Scientific Journal**

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

Deputy Editor in Chief:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Петрович Милан, доктор биотехнических (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 эко-
номики, 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 сельскохозяйственного 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 агробиотехнологий, Волгоградский ГАУ

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

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

Зеленев А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральный исследовательский центр "Немчиновка"

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"

Chamurliiev 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 агробиотехнологий, Волгоградский ГАУ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Бочарников В.С., доктор технических наук, Ученый секретарь, Волгоградский ГАУ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2. Зоотехния и ветеринария

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2. Animal science and veterinary medicine

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Новиков А.Е., доктор технических наук, **член-корр. РАН**, ФГБНУ ВНИИОЗ, директор

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.3.3. Пищевые системы (биологические науки)

4.3.3. Food systems (biological sciences)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Дорогие друзья и коллеги!

Сегодня мы с Вами отмечаем знаменательную дату – 80-летие со дня основания Волгоградского государственного аграрного университета. Это поистине грандиозное событие, которое наполняет наши сердца гордостью и вдохновением!

На протяжении восьми десятилетий наш вуз является одним из ведущих инновационных и образовательных центров юга России. Здесь был создан научно-исследовательский институт «Фундаментальных и прикладных агrobiотехнологий» включающий 15 научных центров, открыты новые перспективные направления подготовки, укреплена материально-техническая база. Все это позволяет Волгоградскому ГАУ осуществлять научное сопровождение реализации государственной аграрной политики, способствовать развитию агропромышленного комплекса и решению задач по обеспечению продовольственной безопасности страны.

Особую гордость вызывает то, что наш журнал «Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование» входит в число ведущих рецензируемых изданий, где публикуются основные результаты диссертационных исследований. Более того, благодаря многолетней кропотливой работе в тесной координации с Российской Академией Наук, он был избран в качестве одного из лучших журналов, отвечающих международным требованиям, и включен в Russian Science Citation Index Web of Science (RSCI WOS) – российский индекс научного цитирования Web of Science. Это означает, что труды наших ученых стали доступны мировому научному сообществу, расширяя границы сотрудничества и обмена передовыми идеями.

Сегодня, в день 80-летнего юбилея, коллектив Волгоградского ГАУ встречает эту дату с большим оптимизмом и грандиозными планами на будущее. Я искренне желаю всем авторам и читателям журнала крепкого здоровья, творческого вдохновения, новых научных свершений и реализации самых смелых проектов! Пусть наши общие усилия и впредь способствуют развитию отечественного агропромышленного комплекса, укреплению продовольственной безопасности страны и повышению престижа российской науки на международной арене.

С праздником, дорогие коллеги!

Ректор Волгоградского ГАУ

Виталий Алексеевич Цепляев



Уважаемые коллеги!

Примите самые теплые и искренние поздравления в связи с 80-летием Волгоградского государственного аграрного университета! Это поистине знаменательная дата, ознаменовавшая восемь десятилетий плодотворной деятельности, направленной на развитие аграрной науки и подготовку высококвалифицированных специалистов для сельскохозяйственной отрасли.



Издаваемый журнал «Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование» является авторитетным профессиональным изданием, публикующим результаты научных исследований в области сельскохозяйственных, технических и биологических наук. Большое значение имеют статьи по агро- и биотехнологиям, агрохимии, почвоведению, генетике и селекции растений и животных, защите растений, частной зоотехнии, кормлению животных, механизации и электрификации сельского хозяйства, хранению и переработке сельхозпродукции. На наш взгляд, журнал вносит весомый вклад в развитие аграрной науки и сельскохозяйственного производства.

Особо хотелось бы отметить плодотворное сотрудничество Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции с Волгоградским ГАУ и журналом «Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса». Это взаимодействие является ярким примером успешной интеграции науки и образования, залогом дальнейшего прогресса в решении актуальных задач агропромышленного комплекса.

Выражаем искреннюю признательность руководству вуза, членам редакционного совета и коллегии, благодаря стараниям и совместной плодотворной работе которых журнал динамично развивается, входит в перечень ВАК, в Russian Science Citation Index Web of Science.

Желаем вузу и журналу дальнейшего процветания, а всем его сотрудникам и авторам – новых творческих находок и успехов, здоровья, счастья и семейного благополучия!

Главный редактор журнала, научный руководитель
ГНУ Поволжский НИИ производства и
переработки мясомолочной продукции
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
академик Российской академии наук,
Заслуженный деятель науки РФ

Иван Федорович Горлов

Директор ГНУ Поволжский НИИ производства и
переработки мясомолочной продукции
доктор биологических наук, профессор РАН,
член-корреспондент Российской академии наук

Марина Ивановна Сложенкина

**Уважаемые коллеги!**

Волгоградский государственный аграрный университет – это оплот знаний, олицетворение стремления к познанию и прогрессу. Его величественные стены хранят в себе истории побед, открытий и свершений, которые вдохновляют и восхищают. Годы кропотливой работы, самоотверженных усилий преподавательского состава и ученых увенчались впечатляющими результатами.

Сегодня ВолГАУ – это подлинная кузница высококвалифицированных специалистов для сельского хозяйства, чьи знания и практические навыки востребованы во всех уголках нашей страны. Преподаватели, щедро делясь своими обширными познаниями, возвращают поколение аграриев, способных творчески подходить к решению самых сложных задач.

Но не менее значимо и научное наследие, созданное учеными ВолГАУ. Прорывные разработки, такие как система сухого земледелия, легли в основу динамичного развития агропромышленного комплекса Волгоградской области. Регион уверенно входит в число ведущих аграрных регионов страны, демонстрируя впечатляющие объемы производства зерна, масличных культур и овощей. И все это стало возможным, в том числе, благодаря кропотливому труду ученых, объединенных под крылом ВолГАУ.

Неудивительно, что журнал «Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса» является авторитетной площадкой для обсуждения самых смелых научных идей. Именно здесь рождаются прорывные решения, которые, в конечном счете, находят свое воплощение в производстве, меняя к лучшему жизнь всего региона.

Позвольте присоединиться к наилучшим пожеланиям и выразить уверенность, что авторский коллектив журнала и впредь будет демонстрировать высочайший уровень профессионализма, публикуя яркие, содержательные материалы. Ведь от их деятельности во многом зависит дальнейшее развитие Волгоградской аграрной науки и, как следствие, процветание всего сельского хозяйства.

*Заместитель Губернатора Волгоградской области –
председатель комитета сельского хозяйства
Волгоградской области*

Василий Васильевич Иванов



Уважаемые коллеги!

От имени Отделения сельскохозяйственных наук РАН поздравляю коллектив Волгоградского государственного аграрного университета со знаменательным событием – 80-летием со дня основания вуза! Ваши ученые активно развивают аграрную науку засушливой зоны, востребованную во всем мире в связи с глобальным изменением климата. Результатами этих и других работ интересуются представители научного сообщества разных стран. Журнал «Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса» – это в полной мере академическое научное издание. Помимо Волгоградского ГАУ, его представляет ряд научных организаций, в том числе Прикаспийский аграрный научный центр РАН, ФНЦ Агроэкологии РАН. В редакционном совете работают авторитетные ученые – 13 академиков и член-корр. РАН, 11 зарубежных членов из Белоруссии, Венгрии, Ирана, Чехии, Сербии, Узбекистана и других стран. Необходимо отметить успешное продвижение издаваемого журнала в мировое научное пространство, повышение статуса опубликованных работ до уровня «международные публикации». Всё это говорит о том, что вопросам повышения авторитетности, конкурентоспособности, научного рейтинга, качества и уровня содержания журнала уделяется пристальное внимание. От всей души желаю крепкого здоровья, творческих успехов и вдохновения, новых побед и достижений на благо Российской науки и нашей великой страны!

*Академик Российской академии наук,
заместитель академика-секретаря Отделения
сельскохозяйственных наук РАН, руководитель
Секции земледелия, мелиорации, водного
и лесного хозяйства*

Алексей Анатольевич Завалин



Уважаемые коллеги!

Позвольте мне, как экс-ректору, выразить свои мысли и чувства по поводу этого знаменательного события в жизни Волгоградского государственного аграрного университета.

Восемьдесят лет – это поистине величественная дата, отмечающая многолетнюю историю становления и развития нашего славного вуза. Сколько поколений талантливых ученых, преподавателей и студентов прошло через его аудитории, лаборатории и учебные поля! Сколько открытий и инноваций было совершено в его стенах, сколько судеб было преобразовано благодаря полученным здесь знаниям и навыкам!

Волгоградский ГАУ – это не просто образовательное учреждение, это настоящий центр притяжения для всех, кто посвятил себя развитию сельского хозяйства и агропромышленного комплекса нашей страны. Это мощный интеллектуальный и производственный кластер, генерирующий прорывные идеи и претворяющий их в жизнь. Неслучайно университет сегодня по праву носит звание ведущего инновационного центра Нижнего Поволжья.

А журнал «Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование» на протяжении более полутора десятилетий служит авторитетной трибуной, где обсуждаются самые актуальные вопросы отечественного АПК, презентуются передовые научные разработки и практические решения. Именно здесь рождаются те механизмы, которые позволяют высшему аграрному образованию и всей отрасли становиться все более эффективными и адаптированными к вызовам современности.

В этот юбилейный год мы с гордостью оглядываемся на пройденный путь, отдавая дань уважения всем, кто своим трудом, талантом и преданностью делу создавал славную историю Волгоградского ГАУ. И с воодушевлением смотрим в будущее, полные решимости продолжать это благородное дело, наполняя его новыми яркими свершениями. Ведь именно от нас, причастных к этому великому делу, зависит, каким будет завтрашний день отечественного агропромышленного комплекса.

Сердечно поздравляю всех, кто связан с Волгоградским государственным аграрным университетом, с этой знаменательной датой! Желаю крепкого здоровья, вдохновения, новых научных прорывов и профессиональных побед! Пусть Ваши труды и устремления всегда находят отклик и поддержку, а журнал «Известия» продолжает оставаться авторитетной трибуной для обмена передовым опытом и генерации прогрессивных идей!

Академик Российской академии наук, профессор,
доктор сельскохозяйственных наук,
Заслуженный работник высшей школы РФ

Алексей Семенович Овчинников



Уважаемые коллеги!

Примите мои искренние поздравления с 80-летием Волгоградского государственного аграрного университета. За прошедшие годы университет превратился в один из лучших аграрных вузов страны. Стал поистине крупнейшей кузницей аграрных кадров-ученых и практиков.

Трудно найти уголок в нашей огромной России и странах ближнего зарубежья, где бы не трудились Ваши выпускники. Особенно хочу отметить слаженный труд профессорско-преподавательского состава университета в деле подготовки и воспитания студентов и аспирантов. Благодаря Вам в университете появился целый ряд научных школ, решающих важные научные проблемы по всем направлениям аграрной науки.

Университет сумел объединить научные кадры Волгоградской области в созданном «Нижеволжском аграрном университетском комплексе», что позволило решать крупные и сложные научные проблемы по адаптивно-ландшафтным системам земледелия, социально-экономическому развитию села, рациональному природопользованию на сельскохозяйственных землях и многое другое.

Желаю никогда не останавливаться на достигнутых успехах и всегда продолжать уверенно бороться за лидерство, безупречную репутацию и свои перспективы. Желаю Вам слаженной работы, рациональных решений, хороших идей, грамотных студентов и прекрасных и светлых дней на долгие годы.

*Академик РАН, профессор,
доктор сельскохозяйственных наук,
Заслуженный деятель науки
Российской Федерации и Республики Калмыкия*

Константин Николаевич Кулик



Уважаемые коллеги, друзья!

Сердечно поздравляю коллектив Волгоградского государственного аграрного университета со славным юбилеем – 80-летием со дня основания!

Восемьдесят лет вузу – это и славная история, и яркое настоящее, и твердая уверенность в завтрашнем дне. 80 лет – зрелый возраст, которому присущи успех созидания, поиски творчества, осмысленность дальнейшего развития.

У Волгоградского государственного аграрного университета долгая и славная история, отмеченная яркими событиями и выдающимися именами ученых, которые внесли огромный вклад в развитие мировой и отечественной науки своими фундаментальными и прикладными трудами, передовыми открытиями и исследованиями. Это Шульмейстер К. Г., Бегучев П. П., Веденяпина Н. С., Казакевич Л. И., Вакулин А. А., Тумин Г. М., Яхтенфельд П. А., Радов А. С., Иванов А. Ф., Листопад Г. Е., Гаврилов А. М. и многие другие выдающиеся ученые.

За прошедшие восемьдесят лет Волгоградский государственный аграрный университет стал одним из ведущих аграрных вузов страны, создал в своих стенах ведущие научные школы, воплощающие в жизнь прорывные идеи в самых различных областях АПК.

Широкая практическая, инновационная направленность исследований, современные технологии, новаторские проекты, которые реализует университет, позволяют уверенно идти в ногу со временем, заниматься глубокой научно-исследовательской работой.

Благодаря целеустремленности, огромной созидательной энергии, творческому поиску, высокому профессионализму, умению бережно хранить заложенные традиции ваш коллектив неизменно добивается успехов в осуществлении самых смелых планов и идей.

В этот памятный день примите наши сердечные поздравления, пожелания счастья, здоровья, новых творческих успехов в Вашем трудном, но благородном труде педагогов, ученых-аграриев на благо России, отечественной аграрной отрасли. Желаю Вам новых успехов и всего наилучшего!

*Академик Российской академии наук,
профессор, доктор сельскохозяйственных наук,
Заслуженный деятель науки
Российской Федерации*

Иван Пантелеевич Кружилин



Уважаемые коллеги, друзья!

От имени коллектива Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия примите теплые и сердечные поздравления с выдающимся событием – 80-летием со дня образования Волгоградского государственного аграрного университета!

Сегодня ВолГАУ – одно из крупнейших учебных заведений Волгоградской области, ведущее подготовку специалистов в сфере сельского хозяйства, в ЮФО. Много лет коллектив университета является образцом высокой работоспособности, профессионализма и преданности аграрной науке.

Наши коллективы уже многие годы объединяют научные, деловые контакты и теплые взаимоотношения, которые способствуют импульсу творческих начал во многих вопросах научной деятельности.

Наш институт тесно сотрудничает с университетом в рамках научных исследований, подготовки аспирантов в области орошаемого земледелия и мелиорации. У нас трудятся ваши выпускники, с благодарностью вспоминая свою «alma mater». В ваших стенах защитили диссертации сотрудники нашего института.

Искренне признательны Вам за многолетнее сотрудничество, надеемся на дальнейшее расширение и углубление совместных исследований.

Ваш труд, любовь к земле приумножают богатство нашей Родины, а молодость души, устремленность в будущее позволяют надеяться на новые успехи и значительный вклад в аграрную науку страны.

В этот торжественный день от всей души желаем крепкого здоровья, счастья, радости, добра, неиссякаемого энтузиазма, вдохновения, благополучия, новых творческих успехов на благо агропромышленного комплекса России!

*Член-корреспондент РАН,
профессор РАН, доктор технических наук,
директор ФГБНУ ВНИИОЗ*

Андрей Евгеньевич Новиков



**Уважаемый Виталий Алексеевич!
Уважаемые коллеги!**

Примите от меня самые искренние поздравления в связи с 80-летием Волгоградского государственного аграрного университета!

Ваш институт, академия, а ныне – университет, является одним из крупнейших образовательных и научных центров аграрной сферы в Российской Федерации. За годы своей работы университет стал колыбелью тысяч профессионалов в области сельского хозяйства, родным домом множества выпускников, внесших значимый вклад в развитие аграрного сектора нашей страны.

Я искренне горжусь тем фактом, что также в свое время обучалась и закончила это уникальное учебное заведение. И с уверенностью могу сказать, что студенческие годы – одни из лучших и запоминающихся в жизни каждого человека. Это была школа жизни, давшая мне не только уверенные знания во многих сферах, но и настоящих друзей, мудрых наставников – всех тех, кто помог мне на старте формирования моего жизненного пути.

Огромная и первостепенная заслуга в этом, конечно, принадлежит преподавателям вуза, беззаветно преданных своему делу, компетентность, профессионализм и глубокие знания насущных проблем аграрного комплекса, которые будут и впредь способствовать развитию и укреплению России.

Также, невозможно не отметить громадный научный потенциал и наработки университета. За истекшие годы здесь были сформированы известные научные школы, внесшие значительный вклад в разработку прогрессивных технологий возделывания с.-х. культур на основе точного земледелия, повышение плодородия земель на основе развития мелиорации, применение инновационных технологий в программировании урожая, селекции и семеноводстве и многое другое.

С юбилеем Вас, дорогие друзья! Пусть за каждой новой вехой Вашего развития стоят только успехи и достижения. Желаю Вам дальнейших свершений, вдохновения и плодородия на именно тех полях, которые требуют заботы и знаний. Пусть каждый год приносит новые таланты, а Ваши сердца наполняет гордость за служение науке и родной земле!

*С уважением, директор ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»,
член-корреспондент Российской академии наук*

Наталья Владимировна Тютюма

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

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-01

CORRELATION-REGRESSION ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE LEVEL OF MINERAL NUTRITION ON THE YIELD OF POTATOES GROWN UNDER IRRIGATION

¹Tyutyuma N. V., ^{1,3}Aitpaeva A. A., ²Voronov S. I., ¹Bulakhtina G. K.

¹Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Solenoye Zaymische, Astrakhan Region, Russian Federation

²Federal Research Center "Nemchinovka"
Moscow, Russian Federation

³Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering
Astrakhan, Russian Federation

Corresponding author E-mail: arman.bisaliyev2012@yandex.ru

Received 29.04.2024

Submitted 30.06.2024

Abstract

Introduction. The relevance of the research is determined by the need to identify the relationship between potato yield and the level of mineral nutrition. **Object.** The object of the study is potatoes grown under irrigation with different doses of mineral fertilizers. **Materials and methods.** The study used methods of systemic, complex and correlation-regression analysis. **The research results** showed that with an increase in the amount of applied mineral fertilizers, the potato yield increased, but only up to a certain point, after which its decline was recorded. This trend was observed under all studied irrigation regimes. The correlation coefficient calculated using the Pearson method indicates a strong relationship between the yield of potatoes and the level of mineral nutrition (0.83 – with an irrigation regime of 70...75% NV, 0.86 – with an irrigation regime of 75...80% NV and 0,8 – with an irrigation regime of 80...85% NV).

Keywords: correlation-regression analysis, potatoes, mineral nutrition of potatoes, irrigation of potatoes, cultivation of potatoes.

Citation. Tyutyuma N. V., Aitpaeva A. A., Voronov S. I., Bulakhtina G. K. Correlation-regression analysis of the influence of the level of mineral nutrition on the yield of potatoes grown under irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 22-30 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-01.

The author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution or analysis of this study. The author of this article has read and approved the submitted final version.

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

Acknowledgments. We express our gratitude to Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences Ivan Panteleevich Kruzhilin for valuable comments during the research and preparation of the article.

УДК 635.1/8

КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ, ВЫРАЩИВАЕМОГО НА ОРОШЕНИИ

¹Тютюма Н. В., доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН

^{1,3}Айтпаева А. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

²Воронов С. И., доктор биологических наук, член-корреспондент РАН

¹Булахтина Г. К., кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»
с. Солёное Займище, Астраханская область, Российская Федерация

²Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»
г. Москва, Российская Федерация

³ГБОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет»
г. Астрахань, Российская Федерация

Актуальность исследований определяется необходимостью выявления взаимосвязей между урожайностью картофеля и уровнем минерального питания. **Объект.** Объектом исследования является картофель, выращиваемый на орошении при различных дозах внесения минеральных

удобрений. **Материалы и методы.** В исследовании использовались методы системного, комплексного и корреляционно-регрессионного анализа. **Результаты исследований** показали, что при возращании количества вносимых минеральных удобрений урожайность картофеля увеличивалась, но только до определенного момента, после которого фиксировался ее спад. Данная тенденция наблюдалась при всех изучаемых режимах орошения. Коэффициент корреляции, рассчитанный по методике Пирсона, свидетельствует о сильной зависимости между урожайностью картофеля и уровнем минерального питания (0,83 – при режиме орошения 70...75% НВ, 0,86 – при режиме орошения 75...80% НВ и 0,8 – при режиме орошения 80...85% НВ).

Ключевые слова: корреляционно-регрессионный анализ, картофель, минеральное питание картофеля, орошение картофеля, возделывание картофеля.

Цитирование. Тютюма Н. В., Айтпаева А. А., Воронов С. И., Булахтина Г. К. Корреляционно-регрессионный анализ влияния уровня минерального питания на урожайность картофеля, выращиваемого на орошении. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 22-30. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-01.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Выражаем благодарность доктору сельскохозяйственных наук, профессору, академику РАН Кружилину Ивану Пантелеевичу за ценные замечания в рамках проведения исследований и подготовки статьи.

Введение. В современных условиях в Астраханской области наблюдается деградация пахотных земель [1, С. 127], что во многом связано с тем, что значительная часть пашни занята под ранним и поздним картофелем. Лидерами в производстве картофеля являются Хараблинский и Лиманский районы. В регионе в 2023 году хозяйствами всех категорий произведено 461 тыс. т картофеля, средний уровень урожайности достиг 33,8 т/га. Вплоть до 2022 года посадки картофеля на территории Харабалинского района Астраханской области имели тенденцию к постоянному увеличению. Однако впоследствии закупочные цены на картофель в регионе снизились, что негативно отразилось на финансово-экономических показателях деятельности картофелеводческих хозяйств. Посадки картофеля в 2023 году не увеличились. Крестьянско-фермерские хозяйства, являющиеся лидерами в производстве изучаемой культуры пока не отказались от монокультуры картофеля, но наряду с ним, рассматривают и другие направления развития. Вместе с тем, для сохранения имеющихся площадей, занятых под картофелем, необходимы исследования, направленные на:

- разработку инновационных технологий выращивания изучаемой культуры, в том числе с использованием цифровых инструментов;
- сравнительный анализ адаптационных характеристик различных сортов картофеля отечественной и зарубежной селекции;
- его отзывчивость на орошение, минеральные удобрения и биопрепараты.

Российскими и зарубежными учеными накоплен опыт выращивания картофеля во многих регионах и странах [2-11]. В то же время до сих пор недостаточно исследований о корреляционной зависимости между урожаем картофеля и факторами, влияющими на него. В связи с этим тема исследований является актуальной.

Материалы и методы. В исследовании использовались методы системного, комплексного и корреляционно-регрессионного анализа. Цель исследований сводилась к выявлению взаимосвязей между урожайностью картофеля, выращиваемого на орошении и уровнем минерального питания. Опыты закладывались в Харабалинском районе Астраханской области в период с 2018 по 2020 гг. Повторность в опытах трехкратная, варианты размещения методом рендомизированных повторений, учетная площадь делянки 50 м². Закладка опытов и сопутствующие наблюдения были выполнены по методике полевого опыта Б. А. Доспехова [12].

Результаты исследований. В большинстве хозяйств Харабалинского района Астраханской области картофель выращивают на капельном орошении. Урожайность сортов в зависимости от режима орошения и уровня минерального питания колеблется от 20 до 35 т/га (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность картофеля в зависимости от режима орошения и уровня минерального питания (в среднем за 2018-2020 гг.)

Table 1 – Potato yield depending on irrigation regime and level of mineral nutrition (average for 2018-2020)

№, п/п	Фактор А (орошение) / Factor A (irrigation)	Фактор Б (удобрения) / Factor B (fertilizers)		Урожайность, т/га / Yield, t/ha
		Основное удобрение / Basic fertilizer	Подкормки / Feeding	
1	70...75% НВ	Без удобрения / No fertilizer		20,0
		N ₁₃₅ P ₆₅ K ₃₅	N ₁₀ P ₂₅ K ₂₀	22,0
		N ₁₄₅ P ₇₀ K ₄₀	N ₂₀ P ₃₀ K ₂₅	26,0
		N ₁₅₅ P ₇₅ K ₄₅	N ₃₀ P ₃₅ K ₃₀	24,0
2	75...80% НВ	Без удобрения / No fertilizer		22,7
		N ₁₃₅ P ₆₅ K ₃₅	N ₁₀ P ₂₅ K ₂₀	24,4
		N ₁₄₅ P ₇₀ K ₄₀	N ₂₀ P ₃₀ K ₂₅	28,0
		N ₁₅₅ P ₇₅ K ₄₅	N ₃₀ P ₃₅ K ₃₀	26,5
3	80...85% НВ	Без удобрения / No fertilizer		27,0
		N ₁₃₅ P ₆₅ K ₃₅	N ₁₀ P ₂₅ K ₂₀	29,0
		N ₁₄₅ P ₇₀ K ₄₀	N ₂₀ P ₃₀ K ₂₅	35,0
		N ₁₅₅ P ₇₅ K ₄₅	N ₃₀ P ₃₅ K ₃₀	32,0

Капельное орошение относится к числу наиболее экономных способов орошения земель благодаря локально-точечному распределению поливной воды с низкой интенсивностью подачи её через капельницы. Исследования показали, что расчётные величины поливных норм при повышении предполивного порога влажности почвы с 70% НВ до 85% НВ уменьшались соответственно с 250 до 175 м³/га (таблица 2).

Таблица 2 – Режим орошения картофеля (в среднем за 2018-2020 гг.)

Table 2 – Potato irrigation regime (average for 2018-2020)

№, п/п	Фактор А (орошение) / Factor A (irrigation)	Фактор Б (удобрения) / Factor B (fertilizers)		Поливная норма, м ³ /га / Irrigation rate, m ³ /ha	Оросительная норма, м ³ /га / Irrigation rate, m ³ /ha
		Основное удобрение / Basic fertilizer	Подкормки / Feeding		
1	70...75% НВ	Без удобрения / No fertilizer		250	2000
		N ₁₃₅ P ₆₅ K ₃₅	N ₁₀ P ₂₅ K ₂₀	250	2000
		N ₁₄₅ P ₇₀ K ₄₀	N ₂₀ P ₃₀ K ₂₅	250	2000
		N ₁₅₅ P ₇₅ K ₄₅	N ₃₀ P ₃₅ K ₃₀	250	2000
2	75...80% НВ	Без удобрения / No fertilizer		210	2310
		N ₁₃₅ P ₆₅ K ₃₅	N ₁₀ P ₂₅ K ₂₀	210	2310
		N ₁₄₅ P ₇₀ K ₄₀	N ₂₀ P ₃₀ K ₂₅	210	2310
		N ₁₅₅ P ₇₅ K ₄₅	N ₃₀ P ₃₅ K ₃₀	210	2310
3	80...85% НВ	Без удобрения / No fertilizer		175	2450
		N ₁₃₅ P ₆₅ K ₃₅	N ₁₀ P ₂₅ K ₂₀	175	2450
		N ₁₄₅ P ₇₀ K ₄₀	N ₂₀ P ₃₀ K ₂₅	175	2450
		N ₁₅₅ P ₇₅ K ₄₅	N ₃₀ P ₃₅ K ₃₀	175	2450

Продолжительность полива при этом сокращалась соответственно с 6 до 4 часов при увеличении оросительной нормы в среднем за три года исследований с 2000...2450 м³/га.

Внесение расчетных доз минеральных удобрений способствовало получению урожая на уровне 35 т/га.

Корреляционную зависимость между урожайностью картофеля, выращиваемого на орошении и дозой внесения минеральных удобрений можно выразить при помощи уравнения линейной регрессии. Для его построения воспользуемся данными, представленными в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для построения уравнения линейной регрессии
(режим орошения картофеля 70...75% НВ).

Table 3 – Initial data for constructing a linear regression equation (potato irrigation regime 70...75% НВ)

X1 (доза минеральных удобрений, т/га в физическом весе / X1 (dose of mineral fertilizers, t/ha in physical weight	Y1 (урожайность картофеля т/га) / Y1 (potato yield t/ha)	X1Y1	X1 ²	Y1 ²
0,00	20	0,0	0,00	400
1,81	22	39,8	3,28	484
2,06	26	53,6	4,24	676
2,31	24	55,4	5,34	576
Σ6,18	Σ92	Σ 148,8	Σ 12,86	Σ2136

Коэффициенты функции $y=ax+b$ находим из решения системы уравнений:

$$\begin{cases} 12,86a + 6,18b = 148,8 \\ 6,18a + 4b = 92 \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 12,86 & 6,18 \\ 6,18 & 4 \end{vmatrix} = 12,86 \times 4 - 6,18 \times 6,18 = 51,44 - 38,19 = 13,25 \neq 0,$$

значит система имеет единственное решение:

$$\Delta a = \begin{vmatrix} 148,8 & 6,18 \\ 92 & 4 \end{vmatrix} = 148,8 \times 4 - 92 \times 6,18 = 595,2 - 568,6 = 26,6$$

$$A = \Delta a / \Delta = 26,6 / 13,25 = 2,0$$

$$\Delta b = \begin{vmatrix} 12,86 & 148,8 \\ 6,18 & 92 \end{vmatrix} = 12,86 \times 92 - 6,18 \times 148,8 = 1183,12 - 919,6 = 263,5$$

$$B = \Delta b / \Delta = 263,5 / 13,25 = 19,9$$

Таким образом, уравнение регрессии имеет вид $y = 2x + 19,9$.

По результатам анализа выполняем построение диаграммы рассеяния (рисунок 1).



Рисунок 1 – Урожайность картофеля в зависимости от уровня минерального питания
(вариант орошения 70...75% НВ)

Figure 1 – Potato yield depending on the level of mineral nutrition (irrigation option 70...75% НВ)

Анализ диаграммы показал, что урожайность картофеля с ростом дозы внесения минеральных удобрений увеличивалась до определенного момента (доза минеральных удобрений 2,06 т/га, урожайность 26 т/га), после которого улучшение условий минерального питания не приводило к повышению урожайности.

Для выявления корреляционной зависимости между уровнем минерального питания и урожайностью картофеля, выращиваемого на орошении при поддержании нижнего порога влажности почвы не ниже 70...75% НВ, определяем коэффициент корреляции по Пирсону:

$$\bar{X} = 6,18/4 = 1,55$$

$$\bar{Y} = 92/4 = 23$$

$$SS_{xx} = 12,86 - (6,18 \times 6,18/4) = 3,3$$

$$SS_{yy} = 2136 - (92 \times 92/4) = 20$$

$$SS_{xy} = 148,8 - (6,18 \times 92/4) = 6,7$$

Коэффициент корреляции Пирсона

$$r = 6,7 / \sqrt{3,3 \times 20} = 0,83$$

Значение коэффициента корреляции в интервале от 0,7...0,9 указывает на сильную (высокую) положительную линейную связь между уровнем минерального питания и урожайностью картофеля, выращиваемого на орошении при поддержании нижнего порога влажности почвы не ниже 70...75% НВ.

Корреляционную зависимость между урожайностью картофеля, выращиваемого на орошении (режим орошения 75...80% НВ) и дозой внесения минеральных удобрений можно выразить при помощи уравнения линейной регрессии. Для его построения воспользуемся данными, представленными в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные для построения уравнения линейной регрессии (режим орошения картофеля 75...80% НВ).

Table 4 – Initial data for constructing a linear regression equation (potato irrigation regime 75...80% НВ)

X1 (доза минеральных удобрений, т/га в физическом весе) / (dose of mineral fertilizers, t/ha in physical weight)	Y1 (урожайность картофеля, т/га) / (potato yield, t/ha)	X1Y1	X1 ²	Y1 ²
0,00	22,7	0,0	0,00	515
1,81	24,4	44,2	3,28	595
2,06	28,0	57,7	4,24	784
2,31	26,5	61,2	5,34	702
Σ6,18	Σ101,6	Σ 163,1	Σ 12,86	Σ2596

Коэффициенты функции $y = ax + b$ находим из решения системы уравнений:

$$\begin{cases} 12,86 a + 6,18 b = 163,1 \\ 6,18 a + 4 b = 101,6 \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{pmatrix} 12,86 & 6,18 \\ 6,18 & 4 \end{pmatrix} = 12,86 \times 4 - 6,18 \times 6,18 = 51,44 - 38,19 = 13,25 \neq 0,$$

значит система имеет единственное решение:

$$\Delta a = \begin{pmatrix} 163,1 & 6,18 \\ 101,6 & 4 \end{pmatrix} = 163,1 \times 4 - 101,6 \times 6,18 = 652,4 - 627,9 = 24,5$$

$$a = \Delta a / \Delta = 24,5 / 13,25 = 1,8$$

$$\Delta b = \begin{pmatrix} 12,86 & 163,1 \\ 6,18 & 101,6 \end{pmatrix} = 12,86 \times 101,6 - 6,18 \times 163,1 = 1306,6 - 1007,9 = 298,7$$

$$b = \Delta b / \Delta = 298,7 / 13,25 = 22,5$$

Таким образом, уравнение регрессии имеет вид $y = 1,8 x + 22,5$.

По результатам анализа выполняем построение диаграммы рассеяния (рисунок 2).



Рисунок 2 – Урожайность картофеля в зависимости от минерального питания (вариант орошения 75...80% НВ)

Figure 2 – Potato yield depending on mineral nutrition (irrigation option 75-80% NV)

Исследования показали, что урожайность картофеля в зависимости от дозы внесения минеральных удобрений при режиме орошения 75...80% НВ возрастала до максимального уровня в 28 т/га (доза внесения минеральных удобрений 2,06 т/га), после которого был зафиксирован ее спад.

Для выявления корреляционной зависимости между уровнем минерального питания и урожайностью картофеля, выращиваемого на орошении при поддержании нижнего порога влажности почвы не ниже 75...80% НВ, определяем коэффициент корреляции по Пирсону:

$$\bar{X} = 6,18/4 = 1,55$$

$$\bar{Y} = 101,6/4 = 25,4$$

$$SS_{xx} = 12,86 - (6,18 \times 6,18/4) = 3,3$$

$$SS_{yy} = 2596 - (101,6 \times 101,6/4) = 15,4$$

$$SS_{xy} = 163,1 - (6,18 \times 101,6/4) = 6,1$$

Коэффициент корреляции Пирсона

$$r = 6,1 / \sqrt{3,3 \times 15,4} = 0,86$$

Значение коэффициента корреляции в интервале от 0,7...0,9 указывает на сильную (высокую) положительную линейную связь между уровнем минерального питания и урожайностью картофеля, выращиваемого на орошении при поддержании нижнего порога влажности почвы не ниже 75...80% НВ.

Корреляционную зависимость между урожайностью картофеля, выращиваемого на орошении (режим орошения 80...85% НВ) и дозой внесения минеральных удобрений можно выразить при помощи уравнения линейной регрессии. Для его построения воспользуемся данными, представленными в таблице 5.

Таблица 5 – Исходные данные для построения уравнения линейной регрессии
(режим орошения картофеля 80...85% НВ).

Table 5 – Initial data for constructing a linear regression equation (potato irrigation regime 80...85% НВ)

X1 (доза минеральных удобрений, т/га в физическом весе) / (dose of mineral fertilizers, t/ha in physical weight)	Y1 (урожайность картофеля, т/га) / (potato yield, t/ha)	X1Y1	X1 ²	Y1 ²
0,00	27	0,0	0,00	729
1,81	29	52,5	3,28	841
2,06	35	72,1	4,24	1024
2,31	32	73,9	5,34	1225
Σ6,18	Σ123	Σ 198,5	Σ 12,86	Σ 3819

Коэффициенты функции $y = ax + b$ находим из решения системы уравнений:

$$\begin{cases} 12,86a + 6,18b = 198,5 \\ 6,18a + 4b = 123 \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 12,86 & 6,18 \\ 6,18 & 4 \end{vmatrix} = 12,86 \times 4 - 6,18 \times 6,18 = 51,44 - 38,19 = 13,25 \neq 0,$$

значит система имеет единственное решение:

$$\Delta a = \begin{vmatrix} 198,5 & 6,18 \\ 123 & 4 \end{vmatrix} = 198,5 \times 4 - 123 \times 6,18 = 794 - 760,14 = 33,9$$

$$A = \Delta a / \Delta = 33,9 / 13,25 = 2,6$$

$$\Delta b = \begin{vmatrix} 12,86 & 198,5 \\ 6,18 & 123 \end{vmatrix} = 123 \times 12,86 - 6,18 \times 198,5 = 1581,8 - 1226,7 = 355,1$$

$$B = \Delta b / \Delta = 355,1 / 13,25 = 26,8$$

Таким образом, уравнение регрессии имеет вид $y = 2,6x + 26,8$.

Следующим этапом выполняем построение диаграммы рассеяния (рисунок 3).

Анализ рисунка 3 подтверждает тот факт, что рост эффективности от применения минеральных удобрений при выращивании картофеля на орошении (режим орошения 80...85% НВ) достигает пика в 35 т/га (доза минеральных удобрений 2,06 т/га в физическом весе), после которого, несмотря на увеличение дозы вносимых минеральных удобрений, наблюдается снижение урожайности картофеля.

Урожайность картофеля в зависимости от дозы внесения минеральных удобрений при поддержании нижнего порога влажности почвы не ниже 80...85% НВ



Рисунок 3 – Урожайность картофеля в зависимости от минерального питания (вариант орошения 80...85% НВ)

Figure 3 – Potato yield depending on mineral nutrition (irrigation option 80...85% NV)

Для выявления корреляционной зависимости между уровнем минерального питания и урожайностью картофеля, выращиваемого на орошении при поддержании нижнего порога влажности почвы не ниже 80...85% НВ, определяем коэффициент корреляции по Пирсону:

$$\bar{X} = 6,18/4 = 1,55$$

$$\bar{Y} = 123/4 = 30,75$$

$$SS_{xx} = 12,86 - (6,18 \times 6,18/4) = 3,3$$

$$SS_{yy} = 3819 - (123 \times 123/4) = 36,75$$

$$SS_{xy} = 198,5 - (6,18 \times 123/4) = 8,5$$

Коэффициент корреляции Пирсона

$$r = 8,5 / \sqrt{3,3 \times 36,75} = 0,8$$

Значение коэффициента корреляции в интервале от 0,7...0,9 указывает на сильную (высокую) положительную линейную связь между уровнем минерального питания и урожайностью картофеля, выращиваемого на орошении при поддержании нижнего порога влажности почвы не ниже 80...85% НВ.

Анализ таблиц показал, что увеличение предполивного порога влажности почвы оказывает положительное влияние на рост продуктивности картофеля в Харабалинском районе Астраханской области.

Таким образом, рекомендуемые по результатам исследований варианты сочетания регулируемых факторов для получения 25...35 т/га картофеля, экономически и экологически обоснованы. Чистый доход от реализации 35 т/га картофеля, посаженного весной и реализованного в начале лета в среднем за 3 года составил 225 тыс. руб. при рентабельности 75%.

Выводы. Результаты трехлетних испытаний свидетельствуют о том, что рост урожайности картофеля в зависимости от уровня минерального питания происходит только до определенного (порогового) момента, после которого наблюдается спад урожайности на фоне возрастания дозы вносимых удобрений. Данный факт подтверждает гипотезу о том, что в конкретных почвенно-климатических условиях возможно получать максимальные урожаи сортов картофеля, но только в пределах реализации их генетического потенциала продуктивности. Дальнейшее улучшение условий выращивания не приведет к росту урожайности, а будет лишь способствовать неэкономному расходованию ресурсов и удорожанию себестоимости.

Conclusions. The results of three-year tests indicate that an increase in potato yield, depending on the level of mineral nutrition, occurs only up to a certain (threshold) point, after which a decline in yield is observed against the background of an increase in the dose of applied fertilizers. This fact confirms the hypothesis that in specific soil and climatic conditions it is possible to obtain maximum yields of potato varieties, but only within the limits of realizing their genetic productivity potential. Further improvements in growing conditions will not lead to an increase in yields, but will only contribute to the wasteful use of resources and higher costs.

Библиографический список

1. Плескачев Ю. Н., Костин М. В. Деградация земель в Нижнем Поволжье. Полевые исследования. 2020. № 7. С. 124-133.
2. Башлакова О. Н., Синцова Н. Ф. Сравнительная оценка гибридов картофеля в экологическом испытании. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 1. С. 25-27.
3. Бронштейн П. М., Спиридонов А. М. Влияние новых комплексных удобрений на урожайность отечественных сортов картофеля разной спелости в условиях Северо-Запада РФ. Роль молодых учёных и исследователей в решении актуальных задач АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и обучающихся. СПб., 2019. С. 56-59.
4. Иванов А. И., Иванова Ж. А., Якушева О. И., Филиппов П. А. Отзывчивость картофеля на удобрение и потери урожая от фитофтороза в условиях Северо-Запада России. Картофель и овощи. 2019. № 8. С. 23-26.
5. Иванов А. И., Филиппова П. С., Филиппов П. А. Некоторые возможности управления продуктивностью и качеством картофеля использованием йода. Проблемы агрохимии и экологии, 2019. № 4. С. 43-49.
6. Комаров А. А., Суханов П. А., Комаров А. А. Результаты производственных испытаний действия гуминовых удобрений на урожайность картофеля. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (54). С. 74-79.
7. Котова З. П., Евдокимова З. З., Калашник М. В., Головина Л. Н., Челнокова В. В. Подбор перспективных гибридов картофеля по параметрам их адаптивности для условий Европейского Севера. Аграрный вестник Урала. 2019. № 7 (186). С. 26-32.
8. Mulugeta M., Mekonnen T., Muluneh B. Effects of Blended NPS Fertilizer and Composted Cattle Manure Rates on Potato (*Solanum tuberosum* L.) Production. A Review International Journal of Agriculture & Agribusiness. 2019. Vol. 5. I. 2. Pp. 118-129.
9. Mancinelli R., Marinari S., Allam M., Radicetti E. Potential Role of Fertilizer Sources and Soil Tillage Practices to Mitigate Soil CO₂ Emissions in Mediterranean Potato Production Systems/ MDPI, 2020. V. 12 (20). 8543.
10. Semeshkina P. S., Dadaeva T. A. Yield of winter wheat and peas depending on the use of biologically active substances. Innovative developments for the development of agricultural areas in the region. 2019. Pp. 167-171.
11. Zotikov V. I., Cukanova Z. R., Moloshonok A. A. Realization of biological potential and features of seed production of modern varieties of peas. Leguminous and cereal crops. 2019. № 2 (30). Pp. 20-26.
12. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.

References

1. Pleskachev Yu. N., Kostin M. V. Land degradation in the Lower Volga region. Field research. 2020. No. 7. Pp. 124-133.
2. Bashlakova O. N., Sintsova N. F. Comparative assessment of potato hybrids in environmental testing. Bulletin of Russian Agricultural Science. 2021. No. 1. Pp. 25-27.
3. Bronshtein P. M., Spiridonov A. M. The influence of new complex fertilizers on the yield of domestic potato varieties of different ripeness in the North-West of the Russian Federation. The role of young scientists and researchers in solving current problems of the agro-industrial complex: materials of the international scientific and practical conference of young scientists and students. St. Petersburg, 2019. Pp. 56-59.
4. Ivanov A. I., Ivanova Zh. A., Yakusheva O. I., Filippov P. A. Responsiveness of potatoes to fertilizer and yield losses from late blight in the conditions of North-West Russia. Potatoes and vegetables. 2019. No. 8. Pp. 23-26.
5. Ivanov A. I., Filippova P. S., Filippov P. A. Some possibilities for managing the productivity and quality of potatoes using iodine. Problems of agrochemistry and ecology. 2019. No. 4. Pp. 43-49.
6. Komarov A. A., Sukhanov P. A., Komarov A. A. Results of production tests of the effect of humic fertilizers on potato yields. News of the St. Petersburg State Agrarian University. 2019. No. 1 (54). Pp. 74-79.
7. Kotova Z. P., Evdokimova Z. Z., Kalashnik M. V., Golovina L. N., Chelnokova V. V. Selection of promising potato hybrids according to the parameters of their adaptability for the conditions of the European North. Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 7 (186). Pp. 26-32.
8. Mulugeta M., Mekonnen T., Muluneh B. Effects of Blended NPS Fertilizer and Composted Cattle Manure Rates on Potato (*Solanum tuberosum* L.) Production. A Review International Journal of Agriculture & Agribusiness. 2019. Vol. 5. I. 2. Pp. 118-129.
9. Mancinelli R., Marinari S., Allam M., Radicetti E. Potential Role of Fertilizer Sources and Soil Tillage Practices to Mitigate Soil CO₂ Emissions in Mediterranean Potato Production Systems/ MDPI, 2020. V. 12 (20). 8543.
10. Semeshkina P. S., Dadaeva T. A. Yield of winter wheat and peas depending on the use of biologically active substances. Innovative developments for the development of agricultural areas in the region. 2019. Pp. 167-171.
11. Zotikov V. I., Cukanova Z. R., Moloshonok A. A. Realization of biological potential and features of seed production of modern varieties of peas. Leguminous and cereal crops. 2019. № 2 (30). Pp. 20-26.
12. Dosphehov B. A. Methodology of field experience. M.: Kolos, 1985. 351 p.

Информация об авторах

Тютюма Наталья Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, член-корреспондент РАН, директор ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, кв.-л Северный, д. 8), ORCID ID № 0000-0001-6582-2628, e-mail: pnliiaz@mail.ru

Айтпаева Айгуль Алдунгаровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент по специальности «Экономика и управление народным хозяйством», доцент кафедры «Экспертиза, эксплуатация и управление недвижимостью», начальник управления научно-исследовательской работы и международных связей Астраханского государственного архитектурно-строительного университета (Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 18.); научный сотрудник ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, кв.-л Северный, д. 8), ORCID 0000-0003-3898-5813, e-mail: arman.bisalieva2012@yandex.ru

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

Булахтина Галина Константиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, отдел рационального природопользования, заведующая отделом, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, кв.-л Северный, д. 8), ORCID 0000-0001-8949-8666, e-mail: gbulaht@mail.ru

Author's Information

Tyutyuma Natalya Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal State Budgetary Institution "Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 416251, Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solenoe Zaymische Village, Severny Sq.-l, 8), ORCID ID № 0000-0001-6582-2628, e-mail: pniiaz@mail.ru

Aitpayeva Aigul Aldungarovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor in the specialty "Economics and Management of the National Economy", Associate Professor of the Department of "Expertise, Operation and Management of Real Estate", Head of the Department of Research Work and International Relations of the Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishcheva St., 18); Researcher at the Federal State Budgetary Institution "Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 416251, Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solenoe Zaymische Village, Severny Sq.-l, 8), ORCID 0000-0003-3898-5813, e-mail: arman.bisaliyev2012@yandex.ru

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

Bulakhtina Galina Konstantinovna, Candidate of Agricultural Sciences, Department of Environmental Management, Head of Department, Federal State Budgetary Scientific Institution "Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 416251, Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solenoe Zaymische Village, Severny Sq.-l, 8), ORCID 0000-0001-8949-8666, e-mail: gbulaht@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-02

ASSESSMENT OF CANTEEN BEET RESISTANCE TO CERCOSPOROSIS

Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V.*Federal State Budgetary Scientific Institution**«Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of Russian Academy of Sciences»
Solenoye Zaymische, Chernoyarsky District, Astrakhan Region, Russian Federation*Corresponding author E-mail: pniiaz@mail.ru

Received 25.04.2024

Submitted 02.07.2024

Summary

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

Abstract

Introduction. The main problem facing modern farmers is the harm done to beet plantings by table cercosporosis. It is important to note that one of the most effective methods of combating the phytopathogens of canteen beets is treatment with modern fungicides. This disease poses a serious danger to the entire agricultural sector. **Object.** Canteen beet variety and hybrid: Cardial and Creolca F1. **Materials and methods.** Canteen beet variety and hybrid: Cardial and Creolca F1. Materials and methods. For several years now, scientists of the Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences have been carrying out significant work to identify and eliminate the consequences caused by beet planting in the canteen by cercosporosis. Field studies were carried out on the irrigated land use area of the Federal State Budgetary Scientific Institution "PAFNTs RAS" from 2021 to 2023. During the scientific experiment, standard agricultural technology was used in accordance with zonal recommendations for the Lower Volga region when growing canteen beets. The solution of the tasks and the implementation of scientific research were based on the application of appropriate methods of field experience and methods for accounting for the yield of table beets. As a result of the work, an optimized system for protecting the planting of canteen beets was proposed, and the main indicators of the economic efficiency of protective measures against this type of disease were presented. As part of the studies, the effects of new generation drugs, such as Abiga-Peak fungicides, VS and Benazol, SP on the development and spread of cercosporosis, were studied. **Results and conclusions.** On average, when analyzing the planting of canteen beets, it was found that the maximum effect from the use of fungicides was achieved from the use of Benazol, JV on the hybrid of canteen beets Cardial F1. The prevalence of the disease after the second treatment and before cleaning was 1.1% for this option, the spread of the disease was 0.03%, the biological efficacy after the second treatment was 92.9%, and 95.7% before cleaning. The results of economic efficiency made it possible to single out a highly profitable option with treatment with Benazol, a joint venture with a hybrid of table beets Cardial F1

with indicators of commercial root crops – 55.8 t/ha. At the same time, the net income per 1 ha was 545.1 thousand rubles per hectare for this sample, the profitability of production was 118.7%, with total production costs of 459.3 thousand rubles per hectare.

Keywords: canteen beet, fungicides, cercosporosis, phytopathogens, beet diseases.

Citation. Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. Assessment of canteen beet resistance to cercosporosis. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 30-38 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-02.

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

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

УДК 633.412:632.4

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ К ЦЕРКОСПОРОЗУ

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

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

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. Главной проблемой, стоящей перед современными фермерами, является вред, который наносит посадкам свеклы столовой церкоспороз. Важно отметить, что одним из наиболее эффективных методов борьбы с фитопатогенами свеклы столовой является обработка современными фунгицидами. Это заболевание представляет серьезную опасность для всего сельскохозяйственного сектора. **Объект.** Сорт и гибрид свеклы столовой: Кардиал и Креолка F₁. **Материалы и методы.** Научными аграриями Прикаспийского аграрного федерального научного центра Российской академии наук в течение нескольких лет проводится значительная работа по выявлению и устранению последствий, причиненных посадкам свеклы столовой церкоспорозом. Полевые исследования проводились на орошаемом участке землепользования ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в период с 2021 по 2023 год. В ходе научного эксперимента использовалась стандартная агротехника согласно зональным рекомендациям для Нижневолжского региона при выращивании свеклы столовой. Решение поставленных задач и выполнение научных исследований базировались на применении соответствующих методов полевого опыта и методов учета урожайности свеклы столовой. В результате работы была предложена оптимизированная система защиты посадок свеклы столовой, а также представлены основные показатели экономической эффективности защитных мероприятий против данного вида заболевания. В рамках исследований было изучено воздействие препаратов нового поколения, таких как фунгициды Абига-Пик, ВС и Беназол, СП на развитие и распространение церкоспороза. **Результаты и выводы.** В среднем при анализе посадок свеклы столовой было установлено, что максимальный эффект применения используемых фунгицидов был достигнут от применения препарата Беназол, СП на гибриде столовой свеклы Кардиал F₁. Распространенность болезни после второй обработки и перед уборкой составляла по данному варианту 1,1%, распространение болезни 0,03%, биологическая эффективность после второй обработки – 92,9%, и перед уборкой – 95,7%. Результаты экономической эффективности позволили выделить высокорентабельный вариант с обработкой препаратом Беназол, СП у гибрида столовой свеклы Кардиал F₁ с показателями товарных корнеплодов – 55,8 т/га. При этом чистый доход на 1 га составлял у данного образца 545,1 тыс. р/га, рентабельность производства 118,7%, при общих затратах на производство 459,3 тыс.р./га.

Ключевые слова: свекла столовая, фунгициды, церкоспороз, фитопатогены, болезни свеклы.

Цитирование. Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Оценка устойчивости свеклы столовой к церкоспорозу. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 30-38. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-02.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Агрохимические приемы защиты как столовой, так и сахарной свеклы от фитопатогенов, а именно от церкоспороза занимают ведущее положение в системе интегрированной защиты растений корнеплодов [8, 9, 10].

Главной причиной снижения урожайности столовой свеклы является поражение её грибными и бактериальными заболеваниями [1, 4, 6].

На сегодняшний день аграриям предложен широкий спектр препаратов для борьбы с фитопатогенами при возделывании корнеплодов [3, 5, 7, 11].

К примеру, в статье Волковой Г. В. и Таранчевой О. В. представлены результаты исследования эффективности биологического (БФТИМ КС-2, Ж) и химического фунгицидов (Альто Супер, КЭ) в борьбе с церкоспорозом сахарной свеклы в условиях центральной зоны Краснодарского края. Проведенные двукратные и трехкратные воздействия препаратов привели к сокращению заболевания в 2,5...2,6 раза, а урожай сахарной свеклы увеличился на 22,9%...24,8% по сравнению с контрольной группой (необработанной) [2].

Основной **целью** научно-практической работы являлась разработка ресурсосберегающей системы защиты посевов свеклы столовой в борьбе с церкоспорозом при капельном способе полива.

В основные **задачи** научного исследования входило:

- выявление биологической эффективности применения фунгицидов Абига-Пик, ВС и Беназол, СП при возделывании сорта и гибрида свеклы столовой при капельном орошении;
- оценка экономической эффективности применения фунгицидов и выделение высокоурожайного варианта в зависимости от использования фунгицидов в посевах свеклы столовой.

Методом расщепленных делянок был заложен двухфакторный полевой опыт согласно методики опытного дела Доспехова Б. А., 1985 г. За **фактор А** были приняты сорт и гибрид свеклы столовой: Кардиал и Креолка F₁. За **фактор В** – фунгициды Абига-Пик, ВС и Беназол, СП.

Материал исследования. Абига-Пик, ВС представляет собой фунгицид контактного действия, основное его назначение – борьба с комплексом грибных и бактериальных болезней на овощных, технических культурах. Препаративная форма данного препарата – это водная суспензия. Его основное действующее вещество представлено медью хлорокисью. Содержание действующего вещества составляет 400 г/л. Препарат применялся из расчёта 4,8 л/га. Опрыскивание проводилось в период всей вегетации. Расход рабочей жидкости – 600 л/га.

Следующим материалом для изучения послужил фунгицид системного действия – **Беназол, СП**. Основное назначение данного препарата – это защита сахарной свеклы и столовой свеклы, а также зерновых культур от широкого спектра болезней. Препаративная форма: смачивающийся порошок, действующее вещество – Беномил. Содержание действующего вещества: 500 г/кг. Норма применения препарата – 0,8 кг/га. Опрыскивание растений в период вегетации. Расход рабочей жидкости – 400 л/га.

Варианты опыта: В1 – контроль (обработка водой); В2 – Абига-Пик, ВС, В3 – Беназол, СП. Все обработки проводились штанговым опрыскивателем ОН-600 + МТЗ 1021. Площадь учётной делянки 25,0 м².

При орошении посевов использовалась система капельного полива. Общее количество минеральных удобрений, внесенных как перед посадкой, так и в течение всего полевого сезона рассматриваемой культуры с учетом потребления питательных веществ составило N₁₂₀P₆₀K₆₀ в соответствии с рекомендациями Челобанова Н. В. (1998).

Методика проведения исследований. Урожайность свеклы столовой определяли по мере технического созревания методом сплошной уборки поделочно на всех вариантах опыта. Свеклу столовую учитывали согласно методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 2015 г., а также согласно Методическому руководству по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве, 2018 г.

Экономическая эффективность была рассчитана согласно технологической карте и методическим рекомендациям (Шпилько А. В. 1998; Санду И. С. и др., 2013).

Эффективность фунгицидов, применяемых по вегетирующим растениям, определялась по формуле согласно Методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве (под ред. Долженко В. И.), 2009.

Распространение определяется после подсчета больных и здоровых растений в пробе по общепринятой формуле.

Результаты и обсуждение. Результаты учёта степени поражения церкоспорозом. Результаты учёта степени поражения гибрида и сорта свеклы столовой **церкоспорозом** в зависимости от вариантов обработки представлены в таблицах 1 и 2.

Согласно методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве, первые учёты на опытных делянках были осуществлены до первой обработки препаратами. В среднем количество поврежденных растений до обработки по вариантам опыта **у сорта столовой свеклы Креолка** составляло от 1 до 3 растений с баллом повреждения равным 1-3.

После первой обработки, через 10 суток, перед второй обработкой был проведен учёт всех поврежденных растений свеклы столовой. В результате осмотра всех вариантов важно отметить, что существенно выделялся вариант с применением препарата Беназол, СП. Распространенность болезни составила всего 2,2%, развитие болезни 0,07%, биологическая эффективность препарата – 85,8%. На варианте, где был применен препарат Абига-Пик, ВС, распространенность болезни была равна – 10,0%, развитие – 0,6%, БЭ – 35,5%. Через 14 дней после второй обработки распространенность болезни по варианту Беназол, СП составила 1,1% развитие болезни 0,03%, БЭ – 92,9%, на варианте Абига-Пик, ВС, распространенность была чуть 11,1%, БЭ – 28,4% (таблица 1).

Перед уборкой урожая, на варианте с применением препарата Беназол, СП, распространенность болезни составила 1,1%, на эталонном препарате Абига-Пик, ВС – 14,4%, на контрольном варианте – 25,6%. Развитие болезни, соответственно, 0,03 и 1,3%, при 2,1% в контроле. Биологическая эффективность препарата Беназол, СП составляла 95,7%, на эталонном препарате Абига-Пик, ВС – 43,8%.

В среднем количество поврежденных растений **у гибрида столовой свеклы Кардиал** до обработки по вариантам опыта составляло от 1 до 3 растений с баллом повреждения равным 1...2, что соответствует тому, что пятна с заболеванием занимают более 25% листовой поверхности, а также тем, что ткань листа не отмирает.

После первой обработки, проведенной через 10 суток, был проведен визуальный осмотр поврежденных растений. На фоне всех вариантов существенно выделялся вариант с применением препарата Беназол, СП. Биологическая эффективность составляла 85,6%.

Перед второй обработкой аналогично были обследованы листья свёклы столовой, при этом количество растений из 30 учётных, на варианте с применением препарата Абига-Пик, ВС было равным в среднем по повторностям 3 шт. с баллом повреждения 2. На варианте, где был применен препарат Беназол, СП количество растений было равным 2 шт. с баллом повреждения 1 (таблица 2).

При анализе экономической эффективности был выделен высокорентабельный гибрид свеклы столовой Кардиал F1 на варианте с обработкой фунгицидом Беназол, СП. Чистый доход на 1 га составлял у данного образца 545,1 тыс. р/га, рентабельность производства 118,7% при товарной урожайности 55,8 т/га. Общие затраты на производство 459,3 тыс.р./га (таблица 3).

Выводы. Проведено исследование эффективности применения фунгицидов Абига-Пик, ВС и Беназол, СП для борьбы с церкоспорозом на свекле столовой в условиях светло-каштановой почвы Астраханской области. При использовании двукратного внесения препарата Беназол, СП с содержанием действующего вещества 500 г/кг в количестве 0,8 кг/га и расходе рабочей жидкости 400 л/га на фоне интенсивного развития церкоспороза на гибриде свеклы столовой Кардиал F1 была достигнута эффективность 92,9% после второй обработки и 95,7% перед уборкой. Таким образом, применение фунгицида широкого действия позволяет добиться высоких результатов и перспектив в борьбе с церкоспорозом на посевах свеклы столовой.

По результатам экономической оценки был выделен высокорентабельный вариант с рентабельностью производства – 118,7% с применением фунгицида Беназол, СП у гибрида свеклы столовой Кардиал F₁.

Таблица 1 – Учёт степени поражения листьев сорта столовой свёклы Креолка, среднее за 2021...2023гг.
Table 1 – Accounting for the degree of damage to the leaves of the variety of table beets Creolka, average for 2021...2023

Варианты опыта/ Experience options	Всего учтено (N) / Total Posted (N)	Из них поражено / Of these, amazed		Распространенность болезни (P), % / Prosprostdisease incidence (P), %	Сумма произведений числа больных растений на соответствующих им балл поражения Σ (a x b) / The sum of the products of the number of patients plants on the appropriate them defeat score anavar (a x b)	Развитие болезни (R), %/ Disease progression (R), %	БЭ, % / biological efficacy, %
		в баллах / in points	итого раст. (n) / total plants (n)				
до 1 обработка / up to 1 treatment							
Контроль (без обработки) / Inspection (no processing)	30	2,0	3,0	10,0	6,0	0,6	-
Абига-Пик, ВС / Abiga Peak, VS	30	2,0	2,2	6,6	4,3	0,4	34,0
Беназол, СП / Benazol, JV	30	2,0	1,3	4,4	2,3	0,3	56,0
через 10 суток после 1 обработки, перед второй обработкой / 10 days after 1 treatment, before the second treatment							
Контроль (без обработки) / Inspection (no processing)	30	2,7	4,7	15,5	12,6	1,3	-
Абига-Пик, ВС / Abiga Peak, VS	30	2,0	3,0	10,0	6,0	0,6	35,5
Беназол, СП / Benazol, JV	30	1,0	0,7	2,2	0,6	0,07	85,8
через 14 суток после второй обработки / 14 days after second treatment							
Контроль (без обработки) / Inspection (no processing)	30	2,7	5,0	15,5	13,0	1,3	-
Абига-Пик, ВС / Abiga Peak, VS	30	2,3	3,3	11,1	7,7	0,8	28,4
Беназол, СП / Benazol, JV	30	1,0	0,3	1,1	0,3	0,03	92,9
перед уборкой урожая / before harvesting							
Контроль (без обработки) / Inspection (no processing)	30	3,0	7,7	25,6	21,3	2,1	-
Абига-Пик, ВС / Abiga Peak, VS	30	2,7	4,3	14,4	12,0	1,2	43,8
Беназол, СП / Benazol, JV	30	1,0	0,3	1,1	0,3	0,03	95,7

Таблица 2 – Учёт степени поражения листьев гибрида столовой свёклы Кардиал, среднее за 2021...2023 гг.
Table 2 – Accounting for the degree of damage to the leaves of the hybrid of table beet Cardial, average for 2021...2023

Варианты опыта / Experience options	Всего учтено (N) / Total Post- ed (N)	Из них поражено / Of these, amazed		Распространенность болезни (P), % / Prostdisease incidence (P), %	Сумма произведений числа больных растений им балл поражения Σ (a x b) / The sum of the prod- ucts of the number of patients plants on the appropriate them defeat score anavar (a x b)	Развитие % / Disease progression (R), %	БЭ, % / biological efficacy, %
		в баллах / in points	итого раст. (n) / total plants (n)				
до 1 обработка / up to 1 treatment							
Контроль (без обработки) / Inspection (no processing)	30	2,0	3,0	10,0	6,0	0,6	-
Абига-Пик, ВС / Abiga Peak, VS	30	1,3	2,0	6,7	2,7	0,3	36,0
Беназол, СП / Benazol, JV	30	1,7	1,3	4,4	2,3	0,2	56,0
через 10 суток после 1 обработки, перед второй обработкой / 10 days after 1 treatment, before the second treatment							
Контроль (без обработки) / Inspection (no processing)	30	2,3	4,7	15,3	10,3	1,0	-
Абига-Пик, ВС / Abiga Peak, VS	30	2,0	2,3	7,8	4,7	0,5	49,0
Беназол, СП / Benazol, JV	30	1,0	0,7	2,2	0,7	0,07	85,6
через 14 суток после второй обработки / 14 days after second treatment							
Контроль (без обработки) / Inspection (no processing)	30	1,7	4,3	14,4	7,7	0,8	-
Абига-Пик, ВС / Abiga Peak, VS	30	2,3	2,7	8,9	6,3	0,6	38,2
Беназол, СП / Benazol, JV	30	1,3	1,7	5,6	2,3	0,2	61,1
перед уборкой урожая / before harvesting							
Контроль (без обработки) / Inspection (no processing)	30	3,0	7,0	23,3	19,7	2,0	-
Абига-Пик, ВС / Abiga Peak, VS	30	2,3	5,3	17,8	10,7	1,1	23,6
Беназол, СП / Benazol, JV	30	1,0	0,3	1,1	0,3	0,03	96,1

Таблица 3 – Экономическая эффективность столовой свеклы, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», среднее за 2021...2023 гг.
Table 3 – Economic efficiency of table beets, Federal State Budgetary Scientific Institution "PARHNC RAS," average for 2021...2023

Сорт/гибрид Grade/Hybrid	Вариант	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Общие затраты, тыс.р./ The general costs, thousand rubles	Себестоимость, тыс. р./т / Cost price, thousand rubles/ton	Стоимость реализованной продукции, тыс. р. / Cost realized products, thousand rubles	Чистый доход, тыс. р./га/ Net income, thousand rubles/ha	Рента- бельность, % / Annuity, %	Экономическая эффективность, р./р. вложенных затрат / Cost-effectiveness, p/p nested costs
Креолка/Creolka	Контроль (без обработки) / Inspection (no processing)	29,3	421,7	14,4	527,4	105,7	25,1	1,3
	Абига-Пик, ВС / Abiga Peak, VS	51,2	451,4	8,8	921,6	470,2	104,2	2,0
	Беназол, СП / Benazol, JV	52,3	455,9	8,7	941,4	485,5	106,5	2,1
Кардинал F1/ Cardinal F1	Контроль (без обработки) / Inspection (no processing)	32,7	446,3	13,6	588,6	142,3	31,9	1,3
	Абига-Пик, ВС / Abiga Peak, VS	50,7	448,4	8,8	912,6	464,2	103,5	2,0
	Беназол, СП / Benazol, JV	55,8	459,3	8,2	1004,4	545,1	118,7	2,2

Conclusions. A study of the effectiveness of the use of fungicides Abiga-Peak, BC and Benazol, SP for the control of cercosporosis on table beets in the conditions of light chestnut soil of the Astrakhan region was carried out. Using a double application of Benazole, SP with an active ingredient content of 500 g/kg in the amount of 0.8 kg/ha and a working liquid consumption of 400 l/ha against the background of intensive development of cercosporosis on a hybrid of table beet Cardial F1, an efficiency of 92.9% was achieved after the second treatment and 95.7% before harvesting. Thus, the use of a broad-acting fungicide allows to achieve high results and prospects in the fight against cercosporosis in table beet crops.

Based on the results of the economic assessment, a highly profitable option with a profitability of production of 118.7% was identified with the use of the fungicide Benazole, SP in the hybrid of table beet Cardial F1.

Библиографический список

1. Борисов В. А., Соколова Л. М., Фильрозе Н. А., Масловский С. А., Замятина М. Е., Карпова Н. А. Устойчивость современных сортов и гибридов свеклы столовой к болезням при длительном хранении. Научный журнал КубГАУ. 2018. № 140 (06). С. 2-8.
2. Волкова Г. В., Таранчева О. В. Эффективность комбинированного применения биологического и химического фунгицидов против церкоспороза сахарной свеклы в условиях центральной зоны Краснодарского края. Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 5 (95). С. 119-124.
3. Жаркова С. В. Формирование урожайности сортов свеклы столовой в предлагаемых условиях возделывания. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. № 1-1 (76). С. 12-14.
4. Козарь Е. Г., Ветрова С. А., Енгальчева И. А., Федорова М. И. Оценка устойчивости селекционного материала свеклы столовой к церкоспорозу на фоне эпифитотии в условиях защищенного грунта Московской области. Овощи России. 2019. № 6. С. 124-132.
5. Лихоманова М. А., Соловьева О. А. Влияние способов полива на эффективность возделывания овощных культур. Известия НВ АУК. 2021. № 1 (61). С. 161-173.
6. Порсев И. Н., Ниминова Н. А., Балуева Н. П., Субботин И. А. Фитосанитарная технология возделывания свеклы столовой в условиях Южного Зауралья. Вестник Курганской ГСХА. 2018. № 1. С. 41-44.
7. Shrestha B. K., Ward B. M., Allen T. W., Ernesto T. da Silva E. T., Zulli H., Dunford W., Doyle V., Bradley C. A., et al. Characterization of Qol-Fungicide Resistance in Cercospora Isolates Associated with Cercospora Leaf Blight of Soybean from the Southern United States. Plant disease. 2023. Vol. 108. No. 1. Pp. 14-23.
8. Chavez J. A. Vegetative growth response of beets and lettuce to stored human urine. Agronomy Research. 2019. Vol. 17 (6). Pp. 2220-2232.
9. Marcuzzo L. L., Nascimento A., Harbs S. C. Avaliação da relação da deposição de conídios de Cercospora beticola e severidade da cercosporiose da beterraba. Revista Agronomia Brasileira. 2024. V. 8. Pp. 1-4.
10. Rea P. S., et al. Nighttime Applications of Germicidal Ultraviolet Light (UV-C) to Suppress Cercospora Leaf Spot in Table Beet. Plant disease. 2024. Pp. 14-23.
11. Factor T. Yield and quality of table beet in function of plant establishment method and production system. Acta Horticulturae. 2019. Pp. 37-42.

References

1. Borisov V. A., Sokolova L. M., Filrose N. A., Maslovsky S. A., Zamyatina M. E., Karpova N. A. Resistance of modern varieties and hybrids of canteen beet to diseases during long-term storage. Scientific journal of the KubSAU. 2018. № 140 (06). Pp. 2-8.
2. Volkova G. V., Tarancheva O. V. Efficacy of combined use of biological and chemical fungicides against sugar beet cercosporosis in the central zone of the Krasnodar Territory. International Research Journal. 2020. № 5 (95). Pp. 119-124.
3. Zharkova S. V. Formation of Yield of canteen Beet Varieties in the Proposed Cultivation Conditions. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2023. No 1-1 (76). Pp. 12-14.
4. Kozar E. G., Vetrova S. A., Engalycheva I. A., Fedorova M. I. Assessment of the Stability of canteen beet Breeding Material to Cercosporosis on the Background of Epiphytity in Protected Ground Conditions of the Moscow Region. Vegetables of Russia. 2019. № 6. Pp. 124-132.
5. Likhomanova M. A., Solovyova O. A. Influence of irrigation methods on the efficiency of vegetable crops cultivation. Izvestiya NV AUK. 2021. № 1 (61). Pp. 161-173.
6. Porsev I. N., Nimirova N. A., Balueva N. P., Subbotin I. A. Phytosanitary Technology of canteen beet Cultivation in the Southern Trans-Urals. Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. 2018. № 1. Pp. 41-44.
7. Shrestha B. K., Ward B. M., Allen T. W., Ernesto T. da Silva E. T., Zulli H., Dunford W., Doyle V., Bradley C. A., et al. Characterization of Qol-Fungicide Resistance in Cercospora Isolates Associated with Cercospora Leaf Blight of Soybean from the Southern United States. Plant disease. 2023. Vol. 108. No 1. Pp. 14-23.
8. Chavez J. A. Vegetative growth response of beets and lettuce to stored human urine. Agronomy Research. 2019. Vol. 17 (6). Pp. 2220-2232.
9. Marcuzzo L. L., Nascimento A., Harbs S. C. Avaliação da relação da deposição de conídios de Cercospora beticola e severidade da cercosporiose da beterraba. Revista Agronomia Brasileira. 2024. V. 8. Pp. 1-4.
10. Rea P. S., et al. Nighttime Applications of Germicidal Ultraviolet Light (UV-C) to Suppress Cercospora Leaf Spot in Table Beet. Plant disease. 2024. Pp. 14-23.
11. Factor T. Yield and quality of table beet in function of plant establishment method and production system. Acta Horticulturae. 2019. Pp. 37-42.

Информация об авторах

Бондаренко Анастасия Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией агротехнологий овощных культур, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черныярский район, квартал Северный, д. 8), ORCID 0000-0003-4816-5667, e-mail: pniiiaz@mail.ru

Костыренко Оксана Владимировна, научный сотрудник лаборатории агротехнологий овощных культур, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черныярский район, квартал Северный, д. 8), ORCID 0000-0002-9650-9674, 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, Federal State Budgetary Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of Russian Academy of Sciences» (Russian Federation, 416251, Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Severny Quarter 8), ORCID 0000-0003-4816-5667, e-mail: pniiiaz@mail.ru

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

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-03

**SUNFLOWER YIELD IN VARIOUS CULTIVATION SYSTEMS ON THE SOUTHERN
CHEROZEMS OF THE VOLGOGRAD REGION****Medvedev G. A., Mikhalkov D. E., Ekaterinicheva N. G.***Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: denis.mih@bk.ru

Received 06.03.2024

Submitted 14.07.2024

Summary

The article presents the results of three-year observations of sunflower yield formation in three sunflower cultivation systems: Classical, Clearfield and Express Sun in the chernozem subzone of the southern Yelansky district of the Volgograd region. The years of observations on weather conditions were quite different, which naturally affected both the photosynthetic indicators of the studied hybrids and their yields on all sunflower cultivation systems. On average, over three years of research, the Clearfield sunflower cultivation system has proven itself from the best side. When cultivating sunflower under this system, the average yield of oilseeds over three years was 2.67 t/ha, which is 0.52 t/ha more than under the classical cultivation system and 0.25 t/ha more than under the Express Sun system. The calculation of economic efficiency by cultivation options also showed a clear advantage of the Clearfield cultivation system. The profitability of sunflower cultivation in the Clearfield system was 534.7%, which is 58.5% higher than in the Express Sun system and 117.6% higher than the profitability of the classical sunflower cultivation system.

Abstract

Introduction. In recent years, innovative sunflower cultivation systems Express Sun, Clearfield and others have been widely introduced into the agricultural production of farms of all forms of ownership. However, each cultivation system has its own advantages and disadvantages, which are difficult to assess in production conditions. To identify which of the cultivation systems will be the best in the specific conditions of the economy in the southern chernozem subzone is quite an urgent and timely task. **Object.** Three sunflower cultivation systems were taken as the object of the study: 1. Classical (control). An Alcantara hybrid was sown here. 2. Clearfield system – (EU-Novomis hybrid + herbicide Eurolighting). 3. Express Sun system – (EU-Arcadia SU hybrid + herbicide Express). **Materials and methods.** One-factor field experience was laid in the Tkachenko V. A. farm on the chernozem of the southern Elansky district of the Volgograd region in 2020-2022 according to the methodology of B. A. Dospekhov (1985). The registered area of the plot is 250 m², the repetition of the experience is threefold. The predecessor is winter wheat running on fertilized steam. **Results and conclusions.** The analysis of three-year observations of sunflower yield formation in three sunflower cultivation systems: Classical, Clearfield and Express Sun in the chernozem subzone of the southern Elansky district of the Volgograd region showed that weather conditions naturally affected both the photosynthetic parameters of the studied hybrids and their yields on all sunflower cultivation systems. On average, for three years of research, the Clearfield sunflower cultivation system turned out to be the most effective. When cultivating sun-

flower under this system, the average yield of oilseeds over three years was 2.67 t/ha, which is 0.52 t/ha more than under the classical cultivation system and 0.25 t/ha more than under the Express Sun system. The calculation of economic efficiency by cultivation options also showed a clear advantage of the Clearfield cultivation system. The profitability of sunflower production under the Clearfield system was 534.7%, which is 58.5% higher than in the Express Sun system and 117.6% higher than the profitability of the classical sunflower cultivation system. In the chernozem subzone of the southern Volgograd region, the Clearfield sunflower cultivation system should be more widely introduced into production.

Keywords: southern chernozem, sunflower cultivation systems, yield of sunflower hybrids, sunflower cultivation technologies.

Citation. Medvedev G. A., Mikhalkov D. E., Ekaterinicheva N. G. Sunflower yield in various cultivation systems on the southern chernozems of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 38-45 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-03.

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

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

УДК 633.11:631.527

УРОЖАЙНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА В РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ЮЖНЫХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Медведев Г. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Михальков Д. Е., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Екатериничева Н. Г., кандидат экономических наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлены результаты трехлетних наблюдений за формированием урожайности подсолнечника при трех системах возделывания подсолнечника: классической, Clearfield и Express Sun в черноземной подзоне южного Еланского района Волгоградской области. Годы наблюдений за погодными условиями были совершенно разными, что, естественно, повлияло как на показатели фотосинтеза изучаемых гибридов, так и на их урожайность при всех системах возделывания подсолнечника. В среднем за три года исследований система возделывания подсолнечника Clearfield зарекомендовала себя с лучшей стороны. При возделывании подсолнечника по этой системе средняя урожайность масличных культур за три года составила 2,67 т/га, что на 0,52 т/га больше, чем при классической системе возделывания, и на 0,25 т/га больше, чем при системе Express Sun. Расчет экономической эффективности по вариантам возделывания также показал явное преимущество системы возделывания Clearfield. Рентабельность выращивания подсолнечника по системе Clearfield составила 534,7%, что на 58,5% выше, чем по системе Express Sun, и на 117,6% выше рентабельности классической системы выращивания подсолнечника.

Актуальность. В последние годы в сельскохозяйственное производство хозяйств всех форм собственности широко стали внедряться инновационные системы возделывания подсолнечника Express Sun, Clearfield и другие. Однако у каждой системы возделывания есть свои преимущества и недостатки, которые в производственных условиях трудно оценить. Выявить, какая из систем возделывания окажется лучшей в конкретных условиях хозяйства в подзоне черноземов южных, – задача вполне актуальная и своевременная. **Объект исследования.** В качестве объекта исследования были взяты три системы возделывания подсолнечника: 1. Классическая (контроль). Здесь высевали гибрид Алькантара 2. Система Clearfield – (гибрид ЕС-Новомис + гербицид Евролайтинг). 3. Система Express Sun – (гибрид ЕС-Аркадия СУ + гербицид Экспресс). **Материалы и методы.** Полевой однофакторный опыт был заложен в хозяйстве Ткаченко В. А. на черноземе южном Еланского района Волгоградской области в 2020-2022 гг. по методике Б. А. Доспехова (1985). Учетная площадь делянки 250 м², повторность опыта трехкратная. Предшественник – озимая пшеница, идущая по удобренному пару. **Результаты и выводы.** Анализ трехлетних наблюдений за формированием урожайности подсолнечника в трех системах возделывания подсолнечника: Классическая, Clearfield и Express Sun, в подзоне черноземов южных Еланского района Волгоградской области показал, что погодные условия естественно отразились и на фотосинтетических показателях изучаемых гибридов, и на их урожайности на всех системах возделывания подсолнечника. В среднем за три года исследований наиболее эффективной оказалась система возделывания подсолнечника Clearfield. При возделывании подсолнечника по этой системе в среднем за три года урожайность маслосемян составила 2,67 т/га, что на 0,52 т/га больше, чем при классической системе возделывания, и на 0,25 т/га больше,

ше, чем по системе Express Sun. Расчет экономической эффективности по вариантам возделывания также показал явное преимущество системы возделывания Clearfield. Рентабельность производства подсолнечника по системе Clearfield составила 534,7%, что на 58,5% превосходит показатели в системе Express Sun и на 117,6% превышает рентабельность классической системы возделывания подсолнечника. В подзоне чернозема южного Волгоградской области следует шире внедрять в производство систему возделывания подсолнечника Clearfield.

Ключевые слова: чернозем юный, системы возделывания подсолнечника, урожайность гибридов подсолнечника, технологии возделывания подсолнечника.

Цитирование. Медведев Г. А., Михальков Д. Е., Екатериничева Н. Г. Урожайность подсолнечника в различных системах возделывания на черноземах южных Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 38-45. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-03.

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. Среди масличных культур подсолнечник занимает особое место не только в Волгоградской области, но и в Российской Федерации. Однако урожайность этой ценной масличной культуры сильно колеблется по районам и годам и в среднем по области редко превышает 1,5 т/га [2, 3, 8]. Поэтому поиск путей повышения урожайности этой ценной масличной культуры – задача вполне актуальная и заслуживает особого внимания. Одним из таких путей, на наш взгляд, является внедрение в сельскохозяйственное производство новых систем возделывания подсолнечника. В последнее время в хозяйствах всех форм собственности стали внедрять различные инновационные системы возделывания подсолнечника. Но наиболее востребованными оказались Clearfield и Express Sun. Сущность их заключается в том, что для конкретного гибрида в них подобран и индивидуальный гербицид. Это позволяет существенно снизить затраты на междурядные обработки и значительно снизить засоренность посевов. Положительное влияние этих систем на урожайность гибридов подсолнечника отмечает ряд авторов [2, 3, 9, 10, 11]. Так, Потапов Д. В. указывает, что в условиях лесостепи Среднего Поволжья выращивание гибридов подсолнечника по системе Clearfield без минеральных удобрений обеспечивало получение урожайности 2,6 т/га, а при внесении удобрений – 3,1 т/га маслосемян [9, 10]. На положительное влияние удобрений и регуляторов роста и развития растений в инновационных системах указывают и другие исследователи [3, 6, 9]. Как указывает ряд исследователей, кроме удобрений на величину и качество полученного урожая в инновационных системах возделывания подсолнечника существенное влияние оказывают и другие агротехнические приемы (обработка почвы, регуляторы роста, нормы посева и др.) [1, 4, 11, 12, 13]. Система возделывания подсолнечника Express Sun в зоне Нижнего Поволжья изучена значительно меньше, чем система Clearfield. А сравнительная характеристика продуктивности трех систем возделывания классической, Clearfield и Express Sun, в литературе практически отсутствует. Это и явилось основной задачей наших исследований.

Материалы и методы. Полевой однофакторный опыт был заложен в хозяйстве Ткаченко В. А. на черноземе южном Еланского района Волгоградской области в 2020-2022 гг. На изучение были взяты три системы возделывания: 1. Классическая (контроль). Здесь высевали гибрид Алькантара. 2. Система Clearfield – (гибрид ЕС-Новомис. + гербицид Евролайтинг). 3. Система Express Sun – (гибрид ЕС-Аркадия СУ + гербицид Экспресс). Во все годы посев подсолнечника проводили после озимой пшеницы. Учетная площадь делянки 250 м², повторность в опыте трехкратная. Все учеты и наблюдения проводили по методике Доспехова Б. А. (1985). При возделывании подсолнечника по классической системе использовали гербицид Харнес в дозе 2,0 кг/га до всходов под боронование. В системах Clearfield и Express Sun гербициды вносили в дозе 1,2 кг/га при появлении у подсолнечника двух пар настоящих листьев. Гербициды вносили ручным опрыскивателем из расчета 250 л/га рабочего раствора.

Результаты обсуждения. В подзоне чернозема южного, как и во всей Волгоградской области, на величину урожая сельскохозяйственных культур существенное влияние оказывает недостаток влаги в период их роста и развития. Это полностью относится и к подсолнечнику, поскольку из-за недостатка влаги урожайность его по годам сильно изме-

няется. Ряд исследователей, проводивших опыты в аналогичных условиях, отмечает, что запасы продуктивной влаги по годам сильно колеблются, что, естественно, затем оказывает заметное влияние на продуктивность гибридов подсолнечника и качество полученной продукции. Наши трехлетние наблюдения полностью подтвердили это мнение (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение структуры суммарного водопотребления гибридов подсолнечника по годам наблюдений

Table 1 – Change in the structure of total water consumption of sunflower hybrids by observation years

Показатель / Indicator	Классическая / Classic			Express Sun			Clearfield		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Продуктивная влага в день посева, мм / Productive moisture on the day of sowing, mm	120,2	165,4	173,2	120,2	165,4	173,2	120,2	165,4	173,2
Продуктивная влага в день уборки, мм / Productive moisture on the day of harvesting, mm	22,9	42,3	48,6	22,7	41,5	46,4	21,3	40,9	45,2
Осадки за период вегетации, мм / Precipitation during the growing season, mm	84,6	218,8	253,4	84,6	218,8	253,4	84,6	218,8	253,4
Использовано влаги из почвенных запасов, мм / Used moisture from soil reserves, mm	97,2	120,6	124,6	97,5	121,9	126,8	98,9	124,1	128,0
Суммарное водопотребление, мм / Total water consumption, mm	181,8	339,4	378,0	182,1	340,7	380,2	183,6	342,9	381,4

Данные таблицы 1 показывают, что запасы продуктивной влаги перед посевом подсолнечника в 2020 году были значительно ниже, чем в 2021 и в 2022 годах. Это преимущество в 2021 году составляло – 45,2 мм, а в 2022 году – 53,0 мм. Что касается осадков за период вегетации гибридов, то их в 2020 году выпало значительно меньше, чем в 2021 и 2022 годах. Следует отметить, что самое большое количество влаги из почвенных запасов было использовано в системе Clearfield. Это объясняется тем, что на этом варианте растения имели более развитую листовую массу и, следовательно, больше испаряли влагу. Самый высокий показатель суммарного водопотребления был отмечен во все годы у гибрида ЕС Новомис СЛ в системе Clearfield, а самый низкий у гибрида Алькантара в классической системе возделывания. Необходимо также отметить, что в структуре суммарного водопотребления во все годы наблюдений наибольший процент составляли осадки за вегетационный период от 66,4 до 74,4%, а почвенная влага составляла только от 32,9 до 37,4%. Различия в количестве продуктивной влаги в начале вегетации и количестве выпавших осадков затем существенно сказалось на фотосинтетической деятельности растений гибридов подсолнечника (таблица 2).

Из данных таблицы 2 видно, что все основные показатели фотосинтетической деятельности гибридов подсолнечника наилучшими были у гибрида ЕС Аркадия СУ в системе Clearfield.

Таблица 2 – Показатели фотосинтетической деятельности в посевах подсолнечника
(в среднем за 2020-2022 гг.)

Table 2 – Indicators of photosynthetic activity in sunflower crops (on average for 2020-2022)

Система возделывания подсолнечника / Sunflower cultivation system	Гибрид / Hybrid	Максимальная площадь листьев, тыс.м ² /га / Max- imum leaf area, thousand m ² /ha	ФП посева, тыс.м ² .сут/га / PP of sowing, thousand m ² .day/ha	ЧПФ, г/м ² сутки / NPP of sowing g/m ² day	Сухая биомасса, т/га / Dry biomass, t/ha
Классическая (контроль) / Classic (control)	Алькантара / Alcantara	22,8	1215	6,12	7,31
Express Sun	ЕС Новамис СЛ \ EU Novomix SL	24,8	1232	7,12	7,92
Clearfield	ЕС Аркадия СУ / EU Arkady SU	26,2	1294	8,15	8,45

На данном варианте максимальная площадь листьев была 26,2 тыс. м²/га, что на 1,4 тыс. больше, чем у гибрида ЕС Новомис СЛ, и на 3,4 тыс., чем у гибрида Алькантара. Фотосинтетический потенциал посева у гибрида в системе Clearfield был на 5% больше, чем в системе возделывания Express Sun, и на 6,5% больше, чем при классической системе возделывания.

Еще большее преимущество гибрида ЕС Аркадия СУ перед другими вариантами было отмечено по ЧПФ посева и накоплению сухой биомассы растениями подсолнечника. Так, по ЧПФ преимущество составило 33,2 и 14,5%, а по сухой биомассе – 15,6 и 6,7% соответственно. В среднем за три года самые низкие показатели фотосинтетической деятельности посевов были у гибрида Алькантара при классической системе возделывания подсолнечника. Самые высокие показатели фотосинтетического потенциала также были зафиксированы на варианте при возделывании подсолнечника по системе Clearfield. Преимущество этого варианта перед классической системой достигло 79,0 тыс. м². сут./га и 62,0 тыс. м². сут./га перед системой Express Sun.

Все это отразилось на структуре плодоносящих растений и урожайности изучаемых гибридов подсолнечника в различных системах возделывания (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние системы возделывания на структуру плодоносящих растений подсолнечника
в среднем за 2020-2022 гг.

Table 3 – Influence of the cultivation system on the structure of sunflower bearing plants on average for 2020-2022

Система возделывания / Cultivation system	Масса растения, г / Plant weight, g	Масса стебля, г / Stem weight, g	Масса корзинки с семенами, г / Weight of the basket with seeds, g	Масса семян, г / Seed weight, g	Масса корзинки без семян, г / Weight of the basket without seeds, g	% Семян в корзинке / % of Seeds in the basket
Классическая (контроль) / Classic (control)	212,8	115,3	98,6	58,5	41,8	59,3
Clearfield	235,6	128,5	110,5	69,2	42,9	62,6
Express Sun	221,3	122,4	99,8	59,4	41,9	59,5

Исследуя данные таблицы 3, необходимо констатировать, что в среднем за годы наблюдений масса плодоносящих растений по вариантам изменялась от 212,8 до 235,6 г.

Масса корзинки с семенами на контроле была – 98,6 г, а в системе Clearfield – 110,5 г, или на 12,1% больше.

Преимущество системы возделывания Express Sun перед контролем было несколько меньше и составило в среднем за три года всего 1,2%.

Масса семян в корзинке в среднем за годы наблюдений изменялась от 58,5 до 69,2 г. Наибольшие показатели отмечались в системе Clearfield и превосходили контроль на 18,3%, а систему Express Sun на 16,5%.

Наилучшее отношение массы семян в корзинке к массе всей корзинки в среднем за три года было отмечено также в системе возделывания Clearfield – 62,6%. Все эти преимущества затем отразились и на хозяйственной урожайности посевов (таблица 4). Анализируя урожайные данные, следует отметить что наиболее оптимальные условия для формирования высокой урожайности складывались в 2022 году, а самые неудачные – в 2020 году. Если в 2020 году наибольшая урожайность в системе Clearfield была 2,2 т/га, то в 2021 году она увеличилась на 0,64 т/га и составила 2,84 т/га. В 2022 году урожайность на этом варианте была самой высокой и составила 2,96 т/га.

Таблица 4 – Влияние системы возделывания на урожайность гибридов подсолнечника

Table 4 – Influence of the cultivation system on the yield of sunflower hybrids

Система возделывания / Cultivation system	Урожайность по годам, т/га \ Yield by year, t/ha			
	2020	2021	2022	Средняя \ average
Классическая (контроль) / Classic (control)	1,81	2,30	2,34	2,15
Express Sun	1,90	2,51	2,84	2,42
Clearfield	2,20	2,84	2,96	2,67

2020 г. – НСР₀₅ – А-0,10.

2021 г. – НСР₀₅ – А-0,11.

2022 г. – НСР₀₅ – А-0,13.

В среднем за годы наблюдений самая высокая урожайность была достигнута в системе Clearfield – 2,67 т/га. Это на 10,3% больше, чем в системе Express Sun, и на 24,2% больше, чем на контроле. Преимущество инновационной системы Express Sun перед контролем было тоже существенным и составило 12,6%. На положительное влияние гибридов и агротехнических приемов на продуктивность изучаемой культуры указывают как российские, так и зарубежные исследователи.

Таблица 5 – Эффективность возделывания гибридов подсолнечника в различных системах в среднем за 2020-2022 гг.

Table 5 – Efficiency of cultivation of sunflower hybrids in various systems on average for 2020-2022

Система возделывания / Cultivation system	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Стоимость валовой продукции, руб/га / Gross production value, rub/ha	Производственные издержки, руб./га / Production property costs rub / ha	Себестоимость 1 т, руб. / Cost of 1 t rub	Расчетная прибыль, руб./т / Estimated Profit rub / t	Уровень рентабельности, % / Level profitability %
Классическая (контроль) / Classic (control)	2,15	64500	12475	5802	24198	417,1
Express Sun	2,42	72600	12598	5206	24794	476,2
Clearfield	2,67	80100	12962	4727	25273	534,7

Поскольку затраты на приобретение гибридов и гербицидов по системам возделывания были неодинаковыми, то и экономические показатели были различными (таблица 5). Анализируя данные, приведенные в таблице 5, можно отметить, что в системе Clearfield в среднем за годы наблюдений все экономические показатели были самые высокие. При возделывании подсолнечника по классической системе экономические показатели были

самыми низкими. Система возделывания подсолнечника Express Sun по всем экономическим показателям несколько превосходила контроль, но заметно уступала системе Clearfield. Такая же картина отмечается и по себестоимости полученной продукции и расчетной прибыли. При возделывании подсолнечника по системе Clearfield себестоимость одной тонны маслосемян составила 4727 руб., что на 1075 руб. меньше, чем на классической системе, и на 479 руб. меньше, чем в системе Express Sun. Что касается расчетной прибыли, то она самой высокой оказалась при возделывании подсолнечника по системе Clearfield и составила 25273 руб./т. Это на 4,4% больше, чем на контрольном варианте, и на 1,9% больше, чем в системе Express Sun.

В системе возделывания подсолнечника Clearfield рентабельность в среднем за три года составила 534,7%, а в системе Express Sun только 476,2%. При классической системе возделывания подсолнечника рентабельность также была достаточно высокой – 417,1%, но все же заметно ниже, чем на инновационных системах возделывания.

Заключение. На основании проведенных трехлетних исследований можно констатировать, что в подзоне чернозема южного Волгоградской области необходимо шире внедрять в производство систему возделывания подсолнечника Clearfield. Эта система позволяет значительно снизить засоренность посевов и полностью или почти полностью отказаться от междурядных обработок. Увеличение суммарного водопотребления в этой системе возделывания позволяет улучшить все фотосинтетические показатели растений подсолнечника и структуру плодоносящих растений.

Эта система позволит стабилизировать урожайность этой культуры по годам и значительно повысить рентабельность производства гибридов подсолнечника на черноземе южном Волгоградской области. Система Express Sun также обеспечивает получение достаточно высокой рентабельности – 476,2%, но несколько уступает системе Clearfield.

Conclusions. Based on the three-year studies, it can be stated that in the black soil subzone of the southern Volgograd region, it is necessary to introduce the Clearfield sunflower cultivation system into production more widely. This system allows you to significantly reduce weed infestation of crops and completely or almost completely abandon inter-row cultivation. An increase in the total water consumption in this cultivation system makes it possible to improve all photosynthetic characteristics of sunflower plants and the structure of fruit-bearing plants.

This system will stabilize the yield of this crop over the years and significantly increase the profitability of the production of sunflower hybrids on the black soil of the southern Volgograd region. The Express Sun system also provides a fairly high profitability of – 476.2%, but is slightly inferior to the Clearfield system.

Библиографический список

1. Бушнев А. С., Демури Я. Н., Орехов Г. И. Формирование продуктивных экспериментальных вертикальных гибридов подсолнечника селекции ВНИИМК при различной площади питания растения. Масличные культуры. 2020. № 1 (181). С. 57-69.
2. Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г., Ткаченко А. В. Влияние приемов агротехники на урожайность подсолнечника в подзоне южных черноземов Волгоградской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 74-82.
3. Medvedev G. A., Ivanov V. M., Filin V. I. The influence of growth regulators on the productivity of the sunflower under cultivation by innovative technologies in the southern chernozem the Volgograd areas. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. 786. Pp. 1-5.
4. Гришичкин А. Н. Способы основной обработки почвы и эффективность применения гербицидов при выращивании подсолнечника в Нижнем Поволжье. Аграрный вестник Урала. 2019. № 8 (100). С. 6-7.
5. Жижин М. А., Киселева Л. В. Приемы повышения продуктивности гибридов подсолнечника путем применения органических удобрений в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Известия Самарской государственной академии. 2020. № 1. С. 17-23.
6. Жижин М. А., Киселева Л. В., Васин В. Г. Сравнительная продуктивность гибридов подсолнечника при применении биостимуляторов роста в условиях Самарской области. Вестник Казанского государственного университета. 2019. Т. 14. № 4 (55). С. 59-63.
7. Мадьякин Г. В., Горянин О. И. Перспектива возделывания российских сортов и гибридов подсолнечника в Поволжье. Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 46-49.
8. Плещачев Ю. Н. Способы повышения плодородия и урожайности подсолнечника в Нижнем Поволжье. Аграрный научный журнал. 2018. № 2. С. 28-31.
9. Потапов Д. В., Киселева Л. В., Васин В. Г. Сравнительная продуктивность гибридов подсолнечника при применении стимуляторов роста. Вестник Казанского государственного университета. 2019. № 4 (55). С. 58-63.

10. Васин В. Г., Потапов Д. В., Саниев Р. Н. Применение микроудобрительной смеси Агроминерал при возделывании подсолнечника по системе Clearfield в лесостепи Среднего Поволжья. Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3. С. 3-11.

11. Тихонов Н. И., Кочетов Р. А. Влияние новых агротехнических приемов в технологии возделывания гибридов подсолнечника по NoTil в зоне черноземных почв Волгоградской области. Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 2. С. 28-31.

12. Торчочков Х. Ш., Тутукова Д. А., Кагермазова З. М. Влияние некоторых агроэлементов технологии возделывания на эффективность выращивания подсолнечника в условиях степной зоны Кабардино-Балкарии. Масличные культуры. 2022. Вып. 4 (192). С. 53-59.

13. Vezzani F. M., Bearel M. H. The importance of plants to development and maintenance of soil structure, microbial communities and ecosystem functions. Soil and Tillage Research. 2018. V. 175. Pp. 139-149.

References

1. Bushnev A. S., Demurin Y. N., Orekhov G. I. Formation of Productive Experimental Vertical Sunflower Hybrids Bred by VNIIMK at Different Plant Feeding Areas. Oilseeds. 2020. № 1 (181). Pp. 57-69.

2. Medvedev G. A., Ekaterinicheva N. G., Tkachenko A. V. Influence of agricultural techniques on sunflower yield in the subzone of southern chernozems of the Volgograd region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. № 1 (61). Pp. 74-82.

3. Medvedev G. A., Ivanov V. M., Filin V. I. The influence of growth regulators on the productivity of the sunflower under cultivation by innovative technologies in the southern chernozem the Volgograd areas. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. 786. Pp. 1-5.

4. Grishichkin A. N. Methods of basic tillage and the effectiveness of herbicide application in sunflower cultivation in the Lower Volga region. Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. № 8 (100). Pp. 6-7.

5. Zhizhin M. A., Kiseleva L. V. Methods for increasing the productivity of sunflower hybrids by using organic fertilizers in the forest-steppe of the Middle Volga region. Proceedings of the Samara State Academy. 2020. № 1. Pp. 17-23.

6. Zhizhin M. A., Kiseleva L. V., Vasin V. G. Comparative Productivity of Sunflower Hybrids in the Use of Growth Biostimulants in the Samara Region. Bulletin of Kazan State University. 2019. T. 14. № 4 (55). Pp. 59-63.

7. Madyakin G. V., Goryanin O. I. Prospect of cultivation of Russian sunflower varieties and hybrids in the Volga region. Agrarian Scientific Journal. 2020. №10. Pp. 46-49.

8. Pleskachev Y. N. Ways to Increase Sunflower Fertility and Yield in the Lower Volga Region. Agrarian Scientific Journal. 2018. № 2. Pp. 28-31.

9. Potapov D. V., Kiseleva L. V., Vasin V. G. Comparative Productivity of Sunflower Hybrids in the Use of Growth Stimulators. Bulletin of Kazan State University. 2019. № 4 (55). Pp. 58-63.

10. Vasin V. G., Potapov D. V., Saniev R. N. Application of Agromineral microfertilizer mixture in sunflower cultivation according to the Clearfield system in the forest-steppe of the Middle Volga region. Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2020. № 3. Pp. 3-11.

11. Tikhonov N. I., Kochetov R. A. Influence of new agronomic practices in the technology of cultivation of sunflower hybrids by NoTil in the zone of chernozem soils of the Volgograd region. International Agricultural Journal. 2018. № 2. Pp. 28-31.

12. Torchokov Kh. Sh., Tutukova D. A., Kagermazova Z. M. Influence of Some Agricultural Elements of Cultivation Technology on the Efficiency of Sunflower Cultivation in the Steppe Zone of Kabardino-Balkaria. Oilseeds. 2022. Iss. 4 (192). Pp. 53-59.

13. Vezzani F. M., Bearel M. H. The importance of plants to development and maintenance of soil structure, microbial communities and ecosystem functions. Soil and Tillage Research. 2018. V. 175. Pp. 139-149.

Информация об авторах

Медведев Геннадий Андреевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект, Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0977-8321>, e-mail: medwedevga@yandex.ru

Михальков Денис Евгеньевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Растениеводство, селекция и семеноводство», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект, Университетский, д. 26), e-mail: denis.mih@bk.ru

Екатериничева Наталья Геннадьевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Философия, история и право», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект, Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3793-1293>, e-mail: nataeka@mail.ru

Author's Information

Medvedev Gennady Andreevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Crop Production, Breeding and Seed Production Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0977-8321>, e-mail: medwedevga@yandex.ru

Mikhalkov Denis Evgenievich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Crop Production, Breeding and Seed Production Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: denis.mih@bk.ru

Yekaterinicheva Natalia Gennadiyevna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Philosophy, History and Law Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3793-1293>, e-mail: nataeka@mail.ru

**PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY AND YIELD OF POTATO VARIETIES OF DIFFERENT
RIPENESS IN A DOUBLE CROPPING CULTURE**^{1,2}Ostonakulov T. E., ³Adilov M. M.¹Karshinsky GU
Karshi, Uzbekistan²Samarkand scientific Experimental Station of the Scientific Research Institute of Vegetable crops and Potatoes
Samarkand, Uzbekistan³Tashkent State Agrarian University
Tashkent, Uzbekistan

Corresponding author E-mail: m.m.adilov@mail.ru

Received 19.04.2024

Submitted 19.07.2024

Abstract

Introduction. The purpose of the research is to perform a comprehensive assessment of a collection of ultra-early, early and mid-early potato varieties in summer planting of freshly harvested tubers based on the germination of freshly harvested tubers, growth, plant development, stem formation, leaf surface formation, photosynthetic potential, productivity indicators, total and marketable yield. Field experiments were carried out in 2022-2023 in the conditions of old-irrigated meadow-gray soils of the Samarkand scientific experimental station of VMPRI. The depth of groundwater in the experimental plot is 4-5 meters, the soil mechanical composition is medium loamy. The humus content in the arable layer is 0.98%, in the water extract solution pH = 7.1, soil volumetric mass is 1.30-1.32 g/cm³, gross nitrogen is 0.14%, gross phosphorus is 0.23 %, gross potassium – 2.05%, nitrate nitrogen – 4.83-5.46 mg/kg, mobile phosphorus – 19.80 mg/kg, exchangeable potassium – 209 mg/kg. In the experiment, 37 were studied, of which 14 were ultra-early, 16-early, 7-mid-early potato varieties by summer planting with freshly harvested tubers in re-culture. The article presents the results of studying the growth, formation of leaf surface, productivity, and marketable yield of various ultra-early, early, and mid-early potato varieties with double cropping: planting with freshly harvested tubers in summer. It was revealed that the studied varieties differ significantly in the germination of tubers, the formation of top stems, and leaf surfaces, as well as in marketable yield. The highest field germination of tubers (95.2-98.7%), stem formation (2.9-3.8 pcs.), leaf surface (33.6-39.9 thousand m² per 1 ha), photosynthetic potential on plantings (2590.0-3351.6 thousand m²), powerful tops and root systems with intensively accumulating yield, as well as the largest commercial yield (29.1-34.3 t/ha) were obtained from the varieties Latona, Binella, Karatop, Ultraeshim, Arizona, American, YangiUzbekistan, Evolution, Pikasso, Sylvana, Saviola. At the same time, the yield increase was 2.6-8.7 t/ha compared to standard varieties.

Keywords: ultra-early varieties of potatoes, the growing season of potatoes, and the marketable harvest of potatoes.

Citation. Ostonakulov T. E., Adilov M. M. Photosynthetic activity and yield of potato varieties of different ripeness in a double cropping culture. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 46-52 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-04.

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 631.491:631.559:631.52

**ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ РАЗЛИЧНОЙ СПЕЛОСТИ
СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ДВУУРОЖАЙНОЙ КУЛЬТУРЕ**^{1,2}Остонакулов Т. Э., профессор³Адилов М. М., профессор¹Каршинский ГУ
г. Карши, Республика Узбекистан²Самаркандская научно-опытная станция Научно-исследовательского института овощебахчевых культур и картофеля

г. Самарканд, Республика Узбекистан

³Ташкентский государственный аграрный университет
г. Ташкент, Республика Узбекистан

Аннотация. Цель исследований – в летней посадке свежееубранными клубнями комплексная оценка коллекции ультраранних, ранних и среднеранних сортов картофеля по всхожести свежееубранных клубней, росту, развитию растений, стеблеобразованию, формированию листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, показатели продуктивности, общей и товарной урожайности. Полевые опыты

были заложены в 2022-2023 годах в условиях староорошаемых лугово-сероземных почв Самаркандской научно-опытной станций НИИОБКИК. Глубина залегания грунтовых вод на опытном участке 4-5 метров, почвы по механическому составу – среднесуглинистые. Содержание гумуса в пахотном слое – 0,98%, в растворе водной вытяжки $pH = 7,1$, объемная масса почвы – $1,30-1,32 \text{ г/см}^3$, валовой азот – 0,14%, валовой фосфор – 0,23%, валовой калий – 2,05%, нитратный азот – 4,83-5,46 мг/кг, подвижный фосфор – 19,80 мг/кг, обменный калий – 209 мг/кг. В опыте изучали 37, из них 14 – ультраранних, 16 – ранних, 7 – среднеранних сортов картофеля путём летней посадки свежееубранными клубнями в повторной культуре.

В статье изложены результаты изучения роста, формирования листовой поверхности, продуктивности и товарной урожайности различных ультраранних, ранних и среднеранних сортов картофеля при двуурожайной культуре, то есть летней посадке свежееубранными клубнями. Выявлено, что изучаемые сорта существенно отличаются по всхожести клубней, формированию ботвы, стеблей и листовой поверхности, а также по товарной урожайности. Самая высокая полевая всхожесть клубней (95,2-98,7%), стеблеобразования (2,9-3,8 шт.), листовой поверхности (33,6-39,9 тыс. м^2 на 1 га), фотосинтетический потенциал на посадках (2590,0-3351,6 тыс. м^2), мощной ботвы и корневой системы с интенсивно накапливающимся урожаем, а также наибольшим товарным урожаем (29,1-34,3 т/га) были получены у сортов Latona, Binella, Karator, Ультраэшим, Arizona, Американец, ЯнгиУзбекистан, Evolution, Pikasso, Sylvana, Saviola. При этом прибавка урожая составила 2,6-8,7 т/га по сравнению со стандартными сортами.

Ключевые слова: ультраранние сорта картофеля, вегетационный период картофеля, товарный урожай картофеля.

Цитирование. Остонакулов Т. Э., Адилов М. М. Фотосинтетическая активность и урожайность различной спелости сортов картофеля при двуурожайной культуре. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 46-52. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-04.

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. Понятие возделывания картофеля в качестве двуурожайной культуры означает, что в ранневесенние сроки посадят прошлогодние семенные клубни, полученный урожай летом повторно используется как семенной материал и, таким образом, в год получается два поколения. Самое главное – это дает возможность на основе эффективного использования орошаемых земель организовать местное семеноводство картофеля.

Успехи возделывания картофеля в качестве двуурожайной культуры, получение полноценных и дружных всходов во многом зависят от правильного подбора ранних и среднеранних сортов с коротким периодом покоя и быстро реагирующих на влияние стимуляторов роста [1].

Нами многолетними исследованиями установлено, что пригодность новых сортов или стимуляторов роста к двуурожайной культуре определяются следующими показателями [2, 3, 4]:

- полевая всхожесть свежееубранных клубней на 30-й день после посадки (90% и выше);
- стеблеобразование на каждом кусте (2,5 штук и больше);
- товарная урожайность (22 т/га и больше).

Фотосинтез является основным процессом, происходящим в растении, фотосинтетическая деятельность зависит от возделываемых сортов и применяемых приемов агротехнологии сельскохозяйственных культур, что определяет величину формируемого урожая.

Известно, что под влиянием почвенно-климатических условий и применяемых агротехнологий у растений образуются самые оптимальные площади ассимиляционной поверхности. Их оптимальный показатель для многих культур считается $4-5 \text{ м}^2$, а фотосинтетический потенциал – не менее 2-3 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ [5]. Обычно, на посевах фотосинтетический потенциал изменяется в период роста и развития растения. У самых урожайных сортов картофеля площадь ассимиляционной поверхности составляет 40-50 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ [6, 7].

Установление возделываемых в республике интродуцированных и выведенных у себя ультраранних, ранних и среднеранних сортов с вегетационным периодом 70-90 дней в качестве двуурожайной культуры, то есть в летней посадке свежееубранными клубнями, при этом изучение формирования стебля и площади листовой поверхности, в течение вегетации на посадках фотосинтетического потенциала имеет важное научное и практическое значение и является актуальным.

Учитывая это, нами в 2022-2023 годах в условиях орошаемых лугово-сероземных почв Самаркандской научно-опытной станции НИИОБКиК были проведены специальные полевые опыты.

Методы исследования. Цель исследований – в летней посадке свежееубранными клубнями комплексная оценка коллекции ультраранних, ранних и среднеранних сортов картофеля по всхожести свежееубранных клубней, росту, развитию растений, стеблеобразованию, формированию листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, показатели продуктивности, общей и товарной урожайности.

Полевые опыты были заложены в 2022-2023 годах в условиях староорошаемых лугово-сероземных почв Самаркандской научно-опытной станции НИИОБКиК. Глубина залегания грунтовых вод на опытном участке 4-5 метров, почвы по механическому составу – среднесуглинистые. Содержание гумуса в пахотном слое – 0,98%, в растворе водной вытяжки $pH = 7,1$, объемная масса почвы – $1,30-1,32 \text{ г/см}^3$, валовой азот – 0,14%, валовой фосфор – 0,23%, валовой калий – 2,05%, нитратный азот – 4,83-5,46 мг/кг, подвижный фосфор – 19,80 мг/кг, обменный калий – 209 мг/кг. В опыте изучали 37, из них 14 – ультраранних, 16 – ранних, 7 – среднеранних сортов картофеля путём летней посадки свежееубранными клубнями в повторной культуре. От первого раннего урожая отобрали семенные клубни массой 30-50 граммов целыми, а крупные массой 60-100 граммов разрезали пополам, затем обрабатывали в растворе стимуляторов роста, состоящих на 100 л воды 1 кг тиомочевины, 1 кг радонистого калия, 0,5 грамма гиббереллина, 2 грамма Янтарной кислоты и 3-5 л раствора Рослина (в расчете на 3500 кг семенного картофеля) с экспозицией 3-5 минут. После обработки семенные клубни сохранили в тени 4-5 дней с влажностью 60-70%. При появлении в клубнях ростков 3-5 мм посадки проводили 15-18 июля по схеме $70 \times 20 \text{ см}$ с заделкой 8-10 см. До появления всходов предполивную влажность почвы поддерживали на уровне 65-70%. Площадь каждой делянки 14 м^2 , повторность трёхкратная.

Для комплексной характеристики изученных сортов определяли полевую всхожесть клубней на 30-й день после посадки, продолжительность периодов «посадки-всходы» и «всходы-пожелтение ботвы», в период цветения измеряли высоту растений, количество стеблей, площадь листовой поверхности одного растения, площадь листовой поверхности с 1 гектара, фотосинтетический потенциал на посадках сортов картофеля в период вегетации, оценили общую и товарную урожайность.

Все учеты, измерения, анализы и наблюдения на опытном участке проводили по общепринятой методике и агрорекомендации [8, 9, 10, 11].

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные данные показали (таблица 1), что полевая всхожесть семенных клубней у ультраранних сортов колебалась от 75,3 (Тимо) до 98,6% (Karator). По сравнению со стандартным сортом Кувонч-16/56м высокая полевая всхожесть семенных клубней отмечена у сортов Сурхан-1 (95,2%), Impala (94,6%), Latona (96,7%), Binella (98,1%), Karator (98,6%), Ультразшим (96,2%). Самая низкая всхожесть (75,3-81,7%) была у сортов Тимо, Жуковский ранний, Бронницкий.

У ранних сортов всхожесть свежееубранных семенных клубней составила 85,1-96,5%, по сравнению со стандартным сортом Red Skarlet (94,5%), высокая урожайность была получена у сортов Gala (96,5%), Arizona (97,3%), Американец (95,8%), Янги Узбекистан (95,7%).

У среднеранних сортов всхожесть семенных клубней была в пределах 84,1-98,7%, самая высокая всхожесть клубней (96,7-98,7%) наблюдалась у сортов Evolution, Sante (st.), Sylvana, Saviola.

По биометрическим измерениям в период цветения растений выявлено, что высокорослые (71-89 см), многостебельные (2,9-3,8 шт.), площади листовой поверхности (33,6-39,9 тыс. м^2 на 1 га), мощной ботвы (310-386 г) и корневой системы (27,8-29,8 г) и интенсивно формирующихся продуктивных (687-867 г клубней с 1 растения) кусты отмечены у сортов Binella, Karator, Ультразшим, Kurado, Arizona, Американец, Янги Узбекистан, Туркестан, Evolution, Sylvana, Saviola.

На единицу площади наивысшая площадь листовой поверхности формировалась у ультраранних сортов – Latona (35,0 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$), Binella (36,4 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$), Karator (38,5 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$), Ультразшим (37,8 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$); у ранних сортов – Kurado (33,6 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$), Arizona (35,0 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$), Gala (34,3 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$), Американец, Туркестан (36,4 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$), Янги Узбекистан (37,8 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$); у среднеранних сортов – Evolution, Pikasso (36,4 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$), Sylvana (38,5 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$), Saviola (39,9 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$).

Таблица 1 – Рост и развитие ультраранних, ранних и среднеранних сортов картофеля при двуурожайной культуре
(сроки посадки – 15-18.07, схема посадки – 70x20 см)Table 1 – Growth and development of ultra-early, early and medium-early varieties of potatoes with a two-yield crop
(planting dates – 15-18.07, planting scheme – 70x20 cm)

№	Наименование и происхождение сорта / Name and origin of the variety	Полевая всхожесть клубней на 30-день Field germination of tubers on the 30th day after planting, %	Периоды, в днях / Peri- ods, in days		Растения в период цветения / Plants during the flowering period				Фотосинтетический потенциал на посадках в период вегетации, тыс. м²/га x день / Photosynthetic potential on plantings during the growing season, ths. m²/ha x day
			посадки- всходы / Planting- sprouts	всходы- пожелтение ботвы / Seed- lings- yellowing of the tops	высота, см / height, cm	число стеблей, шт. / number of stems, pcs.	площадь листьев, м² / Leaf area, m²	площадь листовой поверхности на 1 га, тыс. м² / leaf surface area per 1 ha, thousand m²	
У ультраранних сортов (вегетационный период 70-75 дней) / In ultra-early varieties (vegetation period 70-75 days)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Кувонч-16/56м / Kuvonch-16/56m (UZ)-st	93,7	23	74	70	2,8	0,45	31,5	2331,0
2.	Сурхан-1 / Surkhan-1 (UZ)	95,2	22	72	65	2,4	0,43	30,1	2167,2
3.	Алёна / Alena (RU)	78,1	24	70	72	3,0	0,44	30,8	2156,0
4.	Жуковский ранний / Zhukovsky rannii (RU)	81,8	22	73	63	2,6	0,44	30,8	2248,4
5.	Impala (NL)	94,6	20	75	71	2,9	0,47	32,9	2467,5
6.	Лилея / Lileya (RU)	90,5	20	74	68	2,5	0,45	31,5	2331,0
7.	Latona (NL)	96,7	22	75	71	3,2	0,50	35	2590,0
8.	Binella (NL)	98,1	21	74	84	3,6	0,52	36,4	2693,6
9.	Karatop (NL)	98,6	20	75	82	3,8	0,55	38,5	2887,5
10.	Сигнал / Signal (RU)	94,1	22	72	75	3,3	0,48	33,6	2419,2
11.	Timo (FI)	75,3	25	73	66	2,5	0,42	29,4	2146,2
12.	Белоснежка / Belosnezka (RU)	83,0	23	75	68	2,9	0,42	29,4	2205,0
13.	Бронницкий / Bronnitskii (RU)	81,7	25	73	65	2,6	0,42	29,4	2146,2
14.	Ультразим / Ultraeshim (UZ)	96,2	18	74	73	3,6	0,54	37,8	2797,2

Окончание таблицы 1

У ранних сортов (вегетационный период 76-80 дней) / In early varieties (vegetation period 76-80 days)										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
15.	Red Skarlet (NL) st.	94,5	21	76	73	3,0	0,48	33,6	2553,6	
16.	Удача / Udacha (RU)	92,2	22	78	77	3,2	0,47	32,9	2566,2	
17.	Уладор / Ulador (RU)	85,1	25	76	69	2,7	0,45	31,5	2394,0	
18.	Ариэль / Ariel (RU)	90,4	24	76	71	3,3	0,43	30,1	2287,6	
19.	Изора / Izora (RU)	85,5	23	79	70	3,0	0,44	30,8	2433,2	
20.	Bolotonii (HU)	89,2	24	78	73	2,8	0,42	29,4	2293,2	
21.	Botonia (HU)	92,5	23	76	70	2,5	0,42	29,4	2234,4	
22.	Etinw (HU)	86,0	24	78	73	2,4	0,43	30,1	2347,8	
23.	Demon (HU)	87,2	25	80	70	2,1	0,42	29,4	2352,0	
24.	A. ripsi Arany (HU)	91,8	26	80	79	2,7	0,48	33,6	2688,0	
25.	Kurado (NL)	97,3	25	78	75	2,4	0,48	33,6	2620,8	
26.	Arizona (NL)	96,5	22	76	80	3,0	0,50	35,0	2660,0	
27.	Gala(DYe)	95,8	25	79	69	3,5	0,49	34,3	2709,7	
28.	Amerikanes (USA)	96,4	22	80	72	3,4	0,52	36,4	2912,0	
29.	YangiУзбекистан (UZ)	95,7	20	76	70	3,2	0,54	37,8	2872,8	
30.	Turkistan (TR)	93,2	20	80	68	2,9	0,52	36,4	2912,0	
У среднеранних сортов (вегетационный период 81-90 дней) / In medium-early varieties (vegetation period 81-90 days)										
31.	09.688 (HU)	84,1	24	82	74	2,4	0,46	32,2	2640,4	
32.	Romano (NL)	93,8	28	83	72	2,5	0,47	32,9	2730,7	
33.	Pikasso (NL)	92,5	27	85	84	2,8	0,48	33,6	2856,0	
34.	Evolution (NL)	96,7	24	81	83	3,3	0,52	36,4	2948,4	
35.	Sante (NL) st.	98,3	25	83	65	3,1	0,48	33,6	2721,8	
36.	Sylvana (NL)	97,4	19	81	84	3,5	0,55	38,5	3118,5	
37.	Saviola (NL)	98,7	18	84	89	3,8	0,57	39,9	3351,6	

В течение вегетационного периода на посадках у изученных сортов картофеля при летней посадке свежееубранными клубнями фотосинтетический потенциал у ультраранних сортов составил 2146,2-2887,5; у ранних сортов – 2234,4-2912,0; а у среднеранних – 2640,4-3351,6 тыс. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{день}$. Наибольший фотосинтетический потенциал был выявлен у ультраранних сортов (2590,0-2887,5 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$) – Latona, Binella, Karator, Ультраэшим; из ранних сортов (2620,8-2912,0 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$) – Kurado, Arizona, Gala, Американец, Туркестан, Янги Узбекистан; из среднеранних (2856,0-3351,6 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$) – Evolution, Pikasso, Sylvana, Saviola.

Урожайность ультраранних, ранних и среднеранних сортов картофеля при летней посадке свежееубранными клубнями резко отличается от 19,2 (Тимо) до 35,5 (Saviola) тонн с 1 га, из них урожайность товарных клубней в пределах 16,6-34,3 тонн с 1 га, или от 86,2 до 96,7% (рисунок 1).

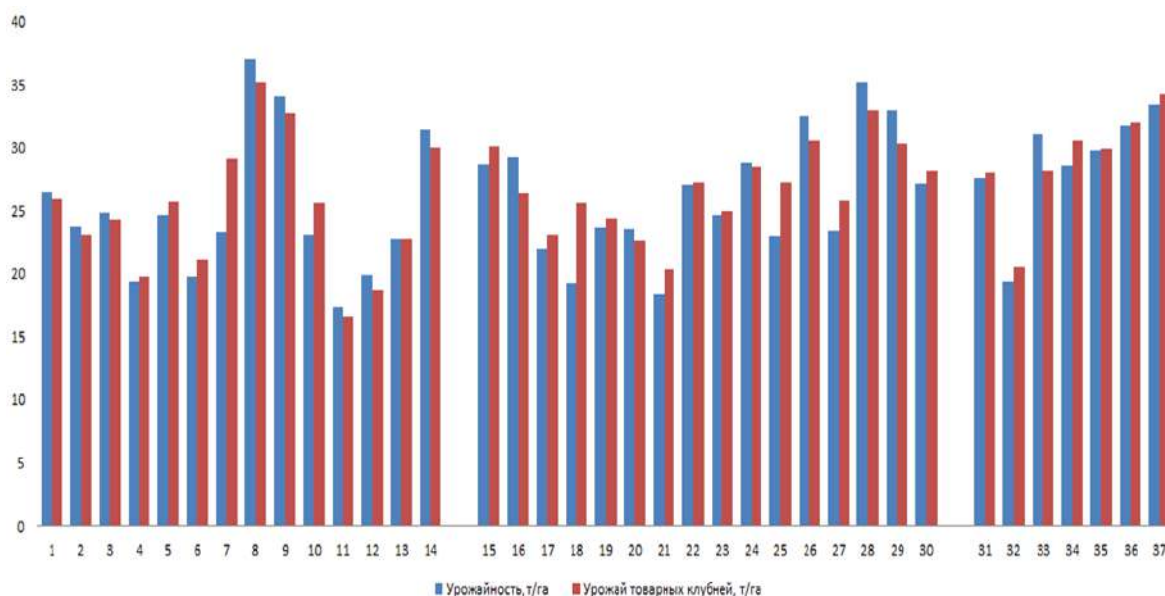


Рисунок 1 – Урожайность и товарность сортов картофеля при двуурожайной культуре
Figure 1 – Yield and marketability of potato varieties in a two-yield crop

Самый высокий товарный урожай обеспечивали из ультраранних сортов – Latona (29,1 т/га), Binella (35,1 т/га), Karator (32,7 т/га), Ультраэшим (30,0 т/га), из ранних сортов – Arizona (30,6 т/га), Американец (33,0 т/га), Янги Узбекистан (30,3 т/га), из среднеранних сортов – Pikasso (30,5 т/га), Sylvana (32,0 т/га), Saviola (34,3 т/га). Эти сорта по сравнению со стандартными сортами способствовали получению прибавки урожая 2,6-8,7 тонн с каждого гектара.

Выводы. 1. Изученные сорта картофеля при летней посадке свежееубранными клубнями существенно отличаются по всхожести семенных клубней, формированию ботвы, стеблей, листовой поверхности, фотосинтетическому потенциалу на посадках, а также по товарной урожайности.

2. Самая высокая полевая всхожесть клубней (95,2-98,7%), многостебельный (2,9-3,8 шт.), высокорослые (71-89 см), площади листовой поверхности (33,6-39,9 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$), фотосинтетический потенциал на посадках (2590,0-3351,6 тыс. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{день}$), мощной ботвы и корневой системы, а также интенсивно формирующихся продуктивных кустов (687-867 г урожай клубней), наибольший урожай товарных клубней были получены у сортов из групп ультраранних – Latona, Binella, Karator, Ультраэшим; из ранних – Arizona, Американец, Янги Узбекистан; из среднеранних – Evolution, Pikasso, Sylvana, Saviola. При этом прибавка урожая составила 2,6-8,7 тонн с каждого гектара по сравнению со стандартными сортами картофеля.

3. Широкое внедрение выделенных сортов картофеля путём в летней посадке свежееубранными клубнями даёт возможность получить урожайность не менее 32-35 тонн и организовать местное семеноводство

Conclusions. 1. The studied potato varieties during summer planting with freshly harvested tubers differ significantly in germination of seed tubers, formation of tops, stems, leaf surface, photosynthetic potential during planting, as well as in commercial yield.

2. The highest field germination of tubers (95.2-98.7%), multi-stemmed (2.9-3.8 pcs.), tall (71-89 cm), leaf surface area (33.6-39.9 thousand m²/ha), photosynthetic potential in plantings (2590.0-3351.6 thousand m²/ha x day), powerful tops and the root system, as well as intensively forming productive bushes (687-867 g tuber harvest), the largest yield of commercial tubers were obtained from varieties from the groups of ultra-early – Latona, Binella, Karatop, Ultra-fresh; from the early – Arizona, American, Yangi Uzbekistan; from the middle early – Evolution, Pikasso, Sylvana, Saviola. At the same time, the increase in yield amounted to 2.6-8.7 tons per hectare compared to standard potato varieties.

3. The widespread introduction of selected potato varieties by means of summer planting with freshly harvested tubers makes it possible to obtain a yield of at least 32-35 tons and organize local seed production

Библиографический список

1. Остонакулов Т. Э., Зуев В. И., Кодирходжаев О. К. Плодоводство и овощеводство. Овощеводство. Ташкент: Навруз, 2019. 552 с.
2. Остонакулов Т. Э. Клубнеплодные культуры в Узбекистане: монография. Ташкент: Навруз, 2020. 324 с.
3. Остонакулов Т. Э. Возделывание картофеля. Ташкент: Агробанк, 2021. 96 с.
4. Остонакулов Т. Э. Картофелеводство Узбекистана. Ташкент, 2023. 260 с.
5. Семькин В. А., Пигоров И. Я. Фотосинтетический потенциал озимой пшеницы в условиях Черноземья России. Фундаментальные исследования. 2007. № 2. С. 42-47.
6. Третьяков Н. Н. Практикум по физиологии растений. Определение чистой продуктивности фотосинтеза. Москва: «Колос», 1982. С. 75-126.
7. Ничипорович А. А. Фотосинтетическая деятельность растений на посевах. Москва: Изд. АН РФ, 1961. 136 с.
8. Азимов Б. Ж., Азимов Б. Б. Методика проведения опытов в овощеводстве, бахчеводстве и картофелеводстве. Ташкент: Ўзбекистон миллий энциклопедияси, 2002. 217 с.
9. Государственный реестр с.-х. культур, рекомендованных к посеву на территории республики Узбекистан. Ташкент. 2022. - С.103.
10. Методика исследований по культуре картофеля (ВНИИКС). Москва, 1967. 210 с.
11. Государственное сортоиспытание сельскохозяйственных культур. Москва, 2019. 329 с.

References

1. Ostonakulov T. E., Zuev V. I., Kodirkhodjaev O. K. Fruit and vegetable growing. Vegetable growing. Tashkent: Navruz, 2019. 552 p.
2. Ostonakulov T. E. Tuberous crops in Uzbekistan: monograph. Tashkent: Navruz, 2020. 324 p.
3. Ostonakulov T. E. Cultivation of potatoes. Tashkent: Agrobank, 2021. 96 p.
4. Ostonakulov T. E. Potato growing in Uzbekistan. Tashkent, 2023. 260 p.
5. Semykin V. A., Pigorov I. Ya. Photosynthetic potential of winter wheat in the conditions of the Russian Black Earth Region. J. Fundamental research. 2007. No. 2. Pp. 42-47.
6. Tretyakov N. N. Workshop on plant physiology. Determination of net photosynthetic productivity. Moscow: "Kolos", 1982. Pp. 75-126.
7. Nichiporovich A. A. Photosynthetic activity of plants on crops. Moscow. Ed. Academy of Sciences of the Russian Federation, 1961.136 p.
8. Azimov B. Zh., Azimov B. B. Methodology for conducting experiments in vegetable growing, melon growing and potato growing: textbook. Tashkent: Uzbekistan national encyclopedia, 2002. 217 p.
9. State register of agricultural crops recommended for sowing on the territory of the Republic of Uzbekistan. Tashkent, 2022. 103 p.
10. Methods of research on potato culture (VNIISKH). Moscow, 1967. 210 p.
11. State variety testing of agricultural crops. Moscow, 2019. 329 p.

Информация об авторах

Остонакулов Тоштемир Эшимович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Каршинский ГУ (Республика Узбекистан, г. Карши, ул. Кучабог, 17), Самаркандская научно-опытная станция Научно-исследовательского института овощебахчевых культур и картофеля (Республика Узбекистан, г. Самарканд).

Адилов Махсуд Мирваситович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Овощеводство и организация тепличного хозяйства» Ташкентский государственный аграрный университет (Республика Узбекистан, 100140, г. Ташкент, ул. Университетская, д. 2), e-mail: m.m.adilov@mail.ru

Author's Information

Ostonakulov Toshtemir Eshimovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Karshi State University Republic of Uzbekistan, Karshi, Kuchabog Street, 17), Samarkand Scientific Experimental Station of the Research Institute of Vegetables, Melons and Potatoes (Republic of Uzbekistan, Samarkand).

Adilov Maxsud Mirvositovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of Tashkent state agrarian university (Republic of Uzbekistan, 100140, Tashkent), e-mail: m.m.adilov@mail.ru

**ISSUES OF SOIL FERTILITY IN SPRING BARLEY CROPS
IN THE SOUTHERN REGION OF RUSSIA**¹Petrov N. Yu., ³Voronin S. M., ³Kurepina N. L., ¹Belyaev I. A., ²Petrov Yu. N.¹Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation²Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation
and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation³Kalmyk State University
Elista, Russian Federation

Corresponding author E-mail: npetrov60@list.ru

Received 28.05.2024

Submitted 16.07.2024

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 the South of Russia"

Abstract

Introduction. In order to preserve the fertility of chestnut soil, the authors put on the agenda the issues of finding an alternative to the use of mineral fertilizers. The composition of fertilizers necessarily includes slags saturated with heavy metals, which have a long decay period and thus are able to persist in the soil for quite a long time. It is proposed to pre-sow the seed material and work with a new generation of biological products for vegetation, which are more environmentally friendly and biologized. **Object.** The biologics Cresacin and Biohumus were used in the experiment, in dosages recommended by the manufacturer. The varieties of spring barley were studied: Kamyshinsky 23 (control) and Novonikolaevsky, included in the register for the 8 the region. **Materials and methods.** Experimental surveys were conducted in 2021...2023 in the fields of the farm "Churbakov A. V." in the Volgograd region. Dosages were planned for yields: 1.0 t/ha; 2.0 and 4.0 t/ha. **Results and conclusions.** The experiment showed that the use of biological preparations led to an increase in the content of nitrate nitrogen in chestnut soil by an average of 1 mg / kg of soil, compared with the option without their use. Dynamic changes in the vegetation process under the influence of biological preparations did not violate the revealed pattern. As a result, by the end of the harvesting campaign, the resulting difference remained. This applies to both barley varieties under study. Moreover, the difference from the use of Vermicompost reached 2 mg / kg. As a result, this led to an increase in barley yield of about 20%. The Biohumus biopreparation proved to be the best. The yield increase over 3 years ranged from the untreated variant ranged from 0.67 t/ha for the Kamyshinsky 23 variety to 0.64 t/ha for the Novonikolaevsky variety. The maximum yield was observed on the application variant of the Biohumus biological product, the yield varied between varieties from 2.47 t/ha for the Kamyshinsky 23 variety to 2.57 t/ha for the Novonikolaevsky variety.

Keywords: nitrate nitrogen, barley varieties, Novonikolaevsky, Kamyshinsky 23, biological preparations, Biohumus, Cresacin, mineral nutrition of barley.

Citation. Petrov N. Yu., Voronin S. M., Kurepina N. L., Belyaev I. A., Petrov Yu. N. Issues of soil fertility in spring barley crops in the southern region of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 53-60 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-05.

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

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

УДК 631.52:633.16

**ВОПРОСЫ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ В ПОСЕВАХ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ
ЮЖНОГО РЕГИОНА РОССИИ**¹Петров Н. Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор³Воронин С. М., доктор сельскохозяйственных наук, профессор³Курепина Н. Л., доктор сельскохозяйственных наук, профессор¹Беляев И. В., соискатель²Петров Ю. Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук

г. Волгоград, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО Калмыцкий государственный университет

г. Элиста, Российская Федерация

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

Актуальность. С целью сохранения плодородия каштановой почвы авторами выносятся на повестку дня вопросы поиска альтернативы применения минеральных удобрений. В состав удобрений в обязательном порядке входят шлаки, насыщенные тяжелыми металлами, которые имеют про-

должительный период распада и тем самым способны сохраняться в почве довольно длительное время. Предлагается предпосевная обработка посевного материала и работа биопрепаратами нового поколения по вегетации, которые отличаются большей экологичностью и биологизацией. **Объект.** В эксперименте применялись биопрепараты Крезацин и Биогукус, в дозировках, рекомендованных от производителя. Изучались сорта ярового ячменя: Камышинский 23 (контроль) и Новониколаевский, включенные в реестр по 8 региону. **Материалы и методы.** Опытные изыскания проводились в 2021...2023 года на полях КФХ «Чурбаков А. В.» Волгоградского региона. Дозировки планировались под урожайности: 1,0 т/га; 2,0 и 4,0 т/га. **Результаты и выводы.** Проведенный эксперимент показал, что применение биопрепаратов приводило к увеличению содержания нитратного азота в каштановой почве в среднем на 1 мг/кг почвы по сравнению с вариантом без их применения. Динамические изменения в процессе вегетации под влиянием биопрепаратов не нарушали выявленную закономерность. В результате к окончанию уборочной кампании полученная разность сохранялась. Это касается обоих изучаемых сортов ячменя. Причем от применения Биогукуса разница достигала 2 мг/кг. Это, в результате, привело к росту урожайности ячменя порядка 20%. С наилучшей стороны проявил себя биопрепарат Биогукус. Прирост урожайности за 3 года составил от варианта без обработки от 0,67 т/га у сорта Камышинский 23 до 0,64 т/га у сорта Новониколаевский. Максимальная урожайность наблюдалась на варианте применения биопрепарата Биогукус, урожайность изменялась между сортами от 2,47 т/га у сорта Камышинский 23 до 2,54 т/га у сорта Новониколаевский.

Ключевые слова: нитратный азот, сорта ячменя, Новониколаевский, Камышинский 23, биопрепараты, Биогукус, Крезацин, минеральное питание ячменя.

Цитирование. Петров Н. Ю., Воронин С. М., Курепина Н. Л., Беляев И. А., Петров Ю. Н. Вопросы плодородия почв в посевах ярового ячменя южного региона России. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 53-60. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-05.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из ведущих факторов, обуславливающих формирования урожая высокого качества, является повышение степени обеспеченности минеральным питанием растений путем применения биопрепаратов нового поколения. Опыты, которые связаны с использованием биопрепаратов, далеко не новы. По результатам отечественных и зарубежных экспериментов, применение их при обработке семян зерновых культур перед посевом, а также во время вегетации способствует улучшению развития корневой массы и ассимилирующей поверхности, повышает полевую всхожесть, выживаемость растений, увеличивает урожайность и качество возделываемой культуры [2, 10].

Ранние зерновые хлеба более чувствительны к дефициту меди, магния и марганца, а также цинка и молибдена. Недостаток их способствует дисбалансу азотного и углеводного обмена, синтеза белковых веществ, снижая устойчивость растений к аридным условиям среды, влиянию низких и высоких температур и заболеваниям разными видами сухой пятнистости, головни, фузариозу и т.д. [3, 8].

Микроудобрения, входящие в состав биопрепаратов, способствуют повышению устойчивости пшеницы к болезням, они могут снижать развитие корневой гнили на 15...20%, бурой ржавчины – 9...11%, повышать урожайность на 0,20...0,25 т/га [1, 4].

Повсеместное внедрение интенсивных технологий, значительное повышение техногенной деятельности человека во второй половине 20 века способствовали ухудшению природной среды и нарушению самовосстановительных процессов. В этих условиях формирование высоких урожаев ранних колосовых культур становится всё более проблематичным. Поэтому все большую актуальность приобретает переход на биологическое земледелие, главной частью которого становятся ресурсосберегающие технологии, позволяющие получать экологически чистую продукцию, с максимальной выгодой, используя средства производства [5, 12].

Все это вызывает необходимость обратить пристальное внимание на более дешевые и экологически безопасные препараты биологической природы. Они, наряду с росторегулирующими свойствами, могут в определенной степени активизировать физиологические процессы. Им присуще ускорение ростовых процессов, повышение устойчивости растений против воздействия неблагоприятных погодных факторов и возбудителей вирусных, грибковых, бактериальных заболеваний. Особенностью таких экологически безопасных добавок является специфическая активизация ими защитных механизмов растений.

Материалы и методы. Программа применения современных биопрепаратов (Крезацин и Биогукус) состояла из назначения запланированного порога урожайности ячменя.

Полевые опыты проводились на землепользовании КФХ «Чурбакова А. В.» в 2021...2023 гг., находящегося в Быковском районе Волгоградского региона, на каштановых почвах. Параметры опытной делянки составлял 7,2 м x 20,0 м = 144 м². Повторность в опыте – четырехкратная. Варианты опыта были размещены по предшественнику паровая

озимь. Расположение их – систематическое. Посев осуществлялся в первой декаде апреля сеялкой СЗ-3,6, с обязательным послепосевным прикатыванием. Норма высева равнялась 4,0 миллиона всхожих зерен на гектар. Обработывали посевной материал биопрепаратами-добавками за трое суток до посева. После обработки проводили перемешивание семенного материала, до приобретения семян сыпучести.

1. Без обработки – контроль;
2. Предпосевная обработка Крезацином 0,3...0,5 г/т; + обработка Крезацином в фазу кущения 4...6 г/га; + обработка Крезацином в фазу кущения-колошения 4...6 г/га;
3. Биогумус включал обработку посевного материала универсальной жидкой гуминово подкормкой «Айдар» (15 л водного суспензии 1:20 на 1 т семян) ПС-10А, внесение под основную обработку Биогумус – 2 т/га;

Биогумус включал агрохимическую характеристику: pH 7,2, Содержание сухой органической массы 59%, общего азота – 1,4%, гумуса 10%, фосфора – 1,3, калия – 1,7, магния 0,9, кальция – 4,8, железа – 0,4%, меди – 3,5 мг/кг, марганца – 56, цезия – 29 мг/кг, влажность 39%.

Высевалось два сорта ярового ячменя; Камышинский 23 (контроль) и Новониколаевский. **Результаты и обсуждение.** У ярового ячменя очень важно своевременно, правильно и в оптимальные сроки применять биопрепараты. Корневая масса ярового ячменя характеризуется более слабой поглотительной способностью, чем, например, рожь, овес.

В наших опытах применяли современные биопрепараты нового поколения. Обработку проводили не только посевного материала, но и работали ими по вегетации, а также вносили под основную обработку почвы. С проведением обработок опытных делянок изучаемыми биопрепаратами наблюдалось их четкое воздействие с ростовыми процессами культуры, вследствие изменения питательного режима почвы (наличие нитратного азота).

Результат проведенных опытов представлен в таблицах 1...3.

Таблица 1 – Изменение наличия нитратного азота в посевах ярового ячменя, в зависимости от применения биопрепаратов, мг/кг почвы (кущение)

Table 1 – Change in the presence of nitrate nitrogen in spring barley crops, depending on the use of biological preparations, mg/kg of soil (tillering)

Сорт / Sort	Вариант / Variant	2021 год / year		2022 год / year		2023 год / year	
		горизонт почвы / soil horizon					
		0,00... 0,22 м	0,22... 0,50 м	0,00... 0,22 м	0,22... 0,50 м	0,00... 0,22 м	0,22... 0,50 м
Камышинский 23 / (Крезацин) Kamyshinsky 23 (Cresatsin)	Контроль / Control	18,6	12,4	20,4	14,8	19,3	13,7
	Предпосевная обработка / Pre-sowing treatment	19,4	12,7	20,1	14,4	19,8	13,6
	Кущение / Tillering	19,4	12,8	19,5	14,1	20,5	14,0
	Колошение / Earing	19,0	12,5	19,3	14,2	20,3	14,7
	Перед посевом – кущение / Before sowing – tillering	19,7	13,1	19,7	14,5	20,9	14,8
	Перед посевом колошение / Before sowing, earing	19,3	12,6	19,9	14,1	20,0	14,3
	Перед посевом – кущение – колошение / Before sowing – tillering – earing	19,7	13,0	19,5	14,3	21,0	14,3
Камышинский 23 (Биогумус) / Kamyshinsky 23 (Biohumus)	Предпосевная обработка / Pre-sowing treatment	18,4	12,3	20,4	14,2	19,7	13,4
	Кущение / Tillering	18,2	12,1	20,7	14,4	20,0	13,5
	Колошение / Earing	18,1	12,3	20,5	14,2	19,6	13,4
	Перед посевом – кущение / Before sowing – tillering	20,3	13,0	20,8	14,3	20,4	13,7
	Перед посевом колошение / Before sowing, earing	18,7	12,2	20,2	14,4	19,3	13,6
	Перед посевом – кущение – колошение / Before sowing – tillering – earing	20,6	12,8	20,9	14,5	20,5	13,8

Таблица 2 – Изменение наличия нитратного азота в посевах ярового ячменя, в зависимости от применения биопрепаратов, мг/кг почвы (колошение)

Table 2 – Change in the presence of nitrate nitrogen in spring barley crops, depending on the use of biological preparations, mg/kg of soil (earring)

Сорт / Sort	Вариант / Variant	2021 год / year		2022 год / year		2023 год / year	
		горизонт почвы / soil horizon					
		0,00... 0,22 м	0,22... 0,50 м	0,00... 0,22 м	0,22... 0,50 м	0,00... 0,22 м	0,22... 0,50 м
Камышинский 23 (Крезацин) / Kamyshinsky 23 (Cresatsin)	Контроль / Control	16,1	13,2	20,3	14,5	19,4	13,4
	Предпосевная обработка / Pre-sowing treatment	16,7	13,7	20,7	14,7	19,9	14,3
	Кущение / Tillering	16,6	13,6	20,8	14,5	19,6	13,5
	Колошение / Earing	16,8	13,1	20,7	14,2	19,5	13,7
	Перед посевом – кущение / Before sowing – tillering	17,3	13,3	20,4	14,9	20,1	13,6
	Перед посевом колошение / Before sowing, earing	16,7	13,5	20,7	14,3	19,7	14,2
	Перед посевом – кущение – колошение / Before sowing – tillering – earing	17,4	13,0	20,6	15,1	20,3	13,9
Камышинский 23 (Биогумус) / Kamyshinsky 23 (Biohumus)	Предпосевная обработка / Pre-sowing treatment	16,8	13,5	20,8	14,2	16,6	13,5
	Кущение / Tillering	16,9	13,2	20,2	14,0	16,9	13,2
	Колошение / Earing	16,7	13,0	20,5	14,1	16,6	13,0
	Перед посевом – кущение / Before sowing – tillering	17,3	13,8	21,4	14,9	17,8	13,8
	Перед посевом колошение / Before sowing, earing	18,5	13,2	20,6	14,4	18,4	13,2
	Перед посевом – кущение – колошение / Before sowing – tillering – earing	17,9	13,0	21,4	15,2	17,7	13,0

Анализ представленного материала наглядно показывает, что менее всего содержалось нитратного азота на делянках, где не применялись биопрепараты. В пахотном горизонте этих вариантов содержание азота варьировало у сорта Камышинский 23 от 18,6 (фаза кущения) до 5,6 мг/кг почвы (после уборки). От применения Крезацина динамика выглядела следующим образом: от 16,7 мг/кг (фаза кущения) до 7,4 мг/кг (после уборки). От применения биопрепарата Биогумус, соответственно, от 16,8 до 5,5 мг/кг почвы.

Таблица 3 – Изменение наличия нитратного азота в посевах ярового ячменя, в зависимости от применения биопрепаратов, мг/кг почвы (после уборки)

Table 3 – Change in the presence of nitrate nitrogen in spring barley crops, depending on the use of biological preparations, mg/kg of soil (after harvesting)

Сорт / Sort	Вариант / Variant	2021 год / year		2022 год / year		2023 год / year	
		горизонт почвы / soil horizon					
		0,00... 0,22 м	0,22... 0,50 м	0,00... 0,22 м	0,22... 0,50 м	0,00... 0,22 м	0,22... 0,50 м
Камышинский 23 (Крезацин) / Kamyshinsky 23 (Cresatsin)	Контроль / Control	5,6	3,9	7,9	4,2	7,3	3,6
	Предпосевная обработка / Pre-sowing treatment	7,4	4,4	9,7	5,7	9,2	4,5
	Кущение / Кущение	6,7	4,0	9,4	5,3	8,4	4,2
	Колошение / Earing	7,2	4,1	9,4	5,5	8,5	4,3
	Перед посевом – кущение / Before sowing – tillering	7,7	4,8	10,6	6,2	9,4	4,7
	Перед посевом колошение / Before sowing, earing	7,3	4,2	9,8	5,9	8,9	4,6
	Перед посевом – кущение – колошение / Before sowing – tillering – earing	7,8	5,0	10,7	6,8	10,2	5,6
Камышинский 23 (Биогумус) / Kamyshinsky 23 (Biohumus)	Предпосевная обработка / Pre-sowing treatment	5,5	4,0	7,8	4,2	7,2	3,4
	Кущение / Tillering	7,4	4,2	9,6	5,7	9,3	4,4
	Колошение / Earing	7,6	4,3	10,2	5,4	9,1	4,2
	Перед посевом – кущение / Before sowing – tillering	8,1	4,6	10,7	6,3	9,8	5,1
	Перед посевом колошение / Before sowing, earing	6,0	3,8	7,6	4,3	7,3	3,6
	Перед посевом – кущение – колошение / Before sowing – tillering – earing	8,2	4,9	10,7	6,5	10,0	5,3

Таблица 4 – Зависимость урожайности ярового ячменя от изучаемых факторов, т/га
Table 4 – Dependence of spring barley yield on the studied factors, t/ha

Сорт / Sort	Вариант / Variant	Год исследования / Year of research			Среднее / Average
		2021	2022	2023	
Камышинский 23 / Kamyshinsky 23	Контроль / Control	1,59	2,03	1,76	1,79
	Крезацин / Cresacine	2,05	2,69	2,18	2,30
	Биогумус / Biohumus	2,28	2,81	2,34	2,47
Новониколаевский / Novonikolaevsky	Контроль / Control	1,70	2,15	1,84	1,89
	Крезацин / Cresacine	2,17	2,75	2,30	2,40
	Биогумус / Biohumus	2,26	2,98	2,40	2,54

Анализ полученного материала свидетельствует о том, что на вариантах без применения биопрепаратов урожайность варьировала, в среднем за три года, от 1,79 т/га, у сорта Камышинский 23 до 1,89 т/га у сорта Новониколаевский. Среди изучаемых вариантов выделился вариант с применением биопрепарата Биогумус. С применением биопрепарата Крезацин продуктивность между сортами колебалась от 2,30 т/га у сорта Камышинский 23 до 2,40 т/га у сорта Новониколаевский. При применении биопрепарата Биогумус значения урожайности, соответственно, составляли 2,47 и 2,54 т/га. Здесь напрямую сказался первый лимитирующий фактор – влагообеспеченность. Из трех изучаемых лет наилучшие погодные условия в период вегетации ярового ячменя складывались в 2022 году. Затем 2023 год, и менее всего по агрометеорологическим условиям выделялся 2021.

Закключение. Проведенный опыт показал, что работа современными биопрепаратами положительно отражается на динамике минерального питания и, как следствие, роста урожайности. Максимальная урожайность наблюдалась на варианте применения биопрепарата Биогумус, урожайность изменялась между сортами от 2,47 т/га у сорта Камышинский 23 до 2,54 т/га у сорта Новониколаевский. Следовательно, товаропроизводителям можно рекомендовать для возделывания сорт Новониколаевский с применением биопрепарата Биогумус.

Conclusions. The experiment has shown that the work with modern biological preparations has a positive effect on the dynamics of mineral nutrition and, as a result, the growth of yields. The maximum yield was observed in the variant of application of the biological product Biohumus, the yield varied between varieties from 2.47 t/ha for the Kamyshinsky 23 variety to 2.54 t/ha for the Novonikolaevsky variety. Therefore, commodity producers can be recommended for cultivation of the Novonikolaevsky variety using the biological product Biohumus.

Библиографический список

1. Глуховцев В. В., Санина Н. В., Апаликов А. А. Использование листовых подкормок в технологии возделывания ярового ячменя в аридных условиях Среднего Поволжья. Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 1. С. 9-11.
2. Замятин С. А., Максимов В. А., Бариева Н. Н. Действие гербицидов и биопрепаратов на засоренность посевов и урожайность ячменя и пшеницы. Аграрная наука. 2015. № 2. С. 15-18.
3. Митрофанов Д. В., Ткачева Т. А. Воздействие агрометеорологических условий, минеральных удобрений, предшественников и влажности почвы на урожайность зерна ярового ячменя в степной зоне Южного Урала. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 84-97.
4. Аниськов Н. И. и др. Оценка адаптивной способности сортов ярового ячменя селекции СибНИИСХ в условиях Сибирского Прииртышья. Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (24). С. 5-9.
5. Сурин Н. А. и др. Оценка коллекционных образцов ярового ячменя в селекции на продуктивность и качество зерна в условиях Восточной Сибири. Достижения науки и техники АПК. 2018. № 5. С. 41-44.
6. Стопливская Е. В. и др. Оценка селекционного материала ярового ячменя по параметрам экологической пластичности. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. № 2-4. С. 692-695.
7. Плескачев Ю. Н., Воронов С. И., Грабов Р. С. Совершенствование системы основной обработки при возделывании ярового ячменя. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 88-95.

8. Сурин Н. А. и др. Полевая оценка перспективного селекционного материала ячменя и овса в Приенисейской Сибири. Достижения науки и техники АПК. 2015. № 2. С. 14-16.
9. Радюкевич Т. Н., Бондарева Л. М., Карташева Л. И. Оценка новых коллекционных образцов ячменя по хозяйственно-ценным признакам в условиях Северо-Запада России. Пермский аграрный вестник. 2018. № 4 (24). С. 76-82.
10. Радюкевич Т. Н., Бондарева Л. М., Лашина Н. М. Изучение коллекции ярового ячменя для целей селекции на северо-западе России. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (55). С. 16-22.
11. Сапега В. А., Турсумбекова Г. Ш. Характеристика основных параметров среды, урожайность и адаптивная способность сортов ярового ячменя. Достижения науки и техники АПК. 2015. № 2. С. 17-20.
12. Шевченко С. Н., Бишарев А. А. Результаты селекции ярового ячменя в Самарском НИИСХ. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. № 4-3. С. 592-595.
13. Hudzenko V. M., et al. Assessment of ecological stability in yield for breeding of spring barley cultivars with increased adaptive potential. Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2020. No. 3. Pp. 425-430.
14. Dawson I. K., Russell J., et al. Barley: a translational model for adaptation to climate change. New Phytol. 2015. Vol. 206. Pp. 913-931.
15. Abteu W. G., et al. Ethiopian barley landraces show higher yield stability and comparable yield to improved varieties in multi-environment field trials. Plant Breed. Crop Sci. 2015. No 8. Pp. 275-291.
16. Tokhetova L. A., Akhmedova G. B., Akzhunis R. A. The use of multivariate factor analysis in the selection of spring barley for adaptability to various environmental conditions. Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2020. No. 4 (107). Pp. 70-80.

References

1. Glukhovtsev V. V., Sanina N. V., Apalikov A. A. Use of foliar fertilization in spring barley cultivation technology in arid conditions of the Middle Volga region. Russian Agricultural Science. 2016. № 1. Pp. 9-11.
2. Zamyatin S. A., Maksimov V. A., Barieva N. N. Effect of Herbicides and Biological Preparations on Crop Infestation and Barley and Wheat Yields. Agrarian science. 2015. № 2. Pp. 15-18.
3. Mitrofanov D. V., Tkacheva T. A. Impact of agrometeorological conditions, mineral fertilizers, predecessors and soil moisture on spring barley grain yield in the steppe zone of the Southern Urals. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. № 4 (64). Pp. 84-97.
4. Aniskov N. I., et al. Assessment of the adaptive ability of spring barley varieties bred by the Siberian Research Institute of Agriculture in the Siberian Irtysh region. Bulletin of the Omsk State Agrarian University. 2016. № 4 (24). Pp. 5-9.
5. Evaluation of Spring Barley Collection Accessions in Breeding for Grain Productivity and Quality in Eastern Siberia. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2018. № 5. Pp. 41-44.
6. Estimation of spring barley breeding material by parameters of ecological plasticity. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. № 2-4. Pp. 692-695.
7. Pleskachev Y. N., Voronov S. I., Grabov R. S. Improvement of the Basic Processing System in the Cultivation of Spring Barley. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020. № 1 (57). Pp. 88-95.
8. Surin N. A. et al. Field Assessment of Prospective Breeding Material of Barley and Oats in the Yenisei Siberia. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2015. № 2. Pp. 14-16.
9. Radyukevich T. N., Bondareva L. M., Kartasheva L. I. Evaluation of New Collection Samples of Barley by Economically Valuable Traits in the North-West of Russia. Perm Agrarian Bulletin. 2018. № 4 (24). Pp. 76-82.
10. Radyukevich T. N., Bondareva L. M., Lashina N. M. Study of the spring barley collection for breeding purposes in the north-west of Russia. Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University. 2019. № 2 (55). Pp. 16-22.
11. Saepa V. A., Tursumbekova G. Sh. Characteristics of the main parameters of the environment, yield and adaptive ability of spring barley varieties. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2015. № 2. Pp. 17-20.
12. Shevchenko S. N., Bisharev A. A. Results of spring barley breeding in the Samara Research Institute of Agriculture. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2015. № 4-3. Pp. 592-595.
13. Hudzenko V. M., et al. Assessment of ecological stability in yield for breeding of spring barley cultivars with increased adaptive potential. Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2020. No. 3. Pp. 425-430.
14. Abteu W. G., et al. Ethiopian barley landraces show higher yield stability and comparable yield to improved varieties in multi-environment field trials. Plant Breed. Crop Sci. 2015. No 8. Pp. 275-291.
15. Tokhetova L. A., Akhmedova G. B., Akzhunis R. A. The use of multivariate factor analysis in the selection of spring barley for adaptability to various environmental conditions. Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2020. No. 4 (107). Pp. 70-80.

Информация об авторах

Петров Николай Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Технология перерабатывающих и пищевых производств», ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), e-mail: pretrov60@list.ru

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

Курепина Наталья Леонидовна, доктор экономических наук, профессор кафедры экономической безопасности, учёта и финансов ФГБОУ ВО «Калмыцкий ГУ имени Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358009, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9337-3903>, e-mail: kurepinanl@mail.ru

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

Петров Юрий Николаевич, старший научный сотрудник лаборатории прогнозирования биопродуктивности агролесоландшафтов, ФГБОУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 97).

Author's Information

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

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

Kurepina Natalia Leonidovna, Doctor of Economics, Professor of the Department of Economic Security, Accounting and Finance of the Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov (Engineering), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9337-3903>, e-mail: kurepinanl@mail.ru

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

Petrov Yuri Nikolaevich, Senior Researcher at the Laboratory for Forecasting the Bioproductivity of Agroforestry Landscapes, "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Av., 97).

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

THE ENVIRONMENTAL IMPERATIVE IN INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF IRRIGATION WITH LIVESTOCK WASTEWATER

Semenenko S. Ya.

*All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov"
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: sergeysemenenko@list.ru

Received 04.06.2024

Submitted 16.07.2024

Abstract

Introduction. The increase in demand and consumption of livestock products poses the task of increasing the efficiency of its industrial production by increasing the number of complexes, which entails an increase in the volume of manure runoff, the problem of their disposal and ensuring sanitary and hygienic safety during irrigation in various ways. **Object of research.** A sprinkler irrigation method and a method of subsurface irrigation with a type of mole-subsurface irrigation. **Materials and methods.** The experiment used classical scientific methods of analysis, synthesis, comparison, and field research using both generally accepted experimental techniques and specific helminthological and bacteriological studies. **Results and conclusions.** The volumes of introduction of pollutants from livestock effluents have been established depending on the chemical composition, the multiplicity of dilution, the size of irrigation norms for the accepted humidification regime, which average: total nitrogen 95.7 nitrates 73.4, phosphorus 30.0, potassium 58.4, petroleum products 0.55, suspended solids 1500 kg/ha. The use of sprinkling or an intra-soil feeding method significantly changes the distribution pattern of sanitary-indicative microorganisms. During sprinkling, when drains are fed to the soil surface, the highest pollution (74×105) has an upper layer, 0.00-0.20 meters, and the lower layer, 0.40-0.60 m, has 145 times less pollution. The supply of effluents under the vegetative soil layer through humidifiers and mole drains protects the upper soil layer, purifying contaminated effluents with an upward movement of moisture by more than 311 times. Compared with sprinkling, in-soil application provides favorable working conditions for irrigators due to the absence of contact with drains, more than 35 times better indicators for *Perfringens* titer and 164 times for the total microbial number in the soil layer of 0-0.2 m.

Keywords: *irrigation technologies, sprinkling, subsoil irrigation, livestock runoff, treatment of livestock wastewater.*

Citation. Semenenko S. Ya. The environmental imperative in innovative technologies of irrigation with livestock wastewater. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 60-70 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-06.

The author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution or analysis of this study. The author of this article has read and approved the submitted final version.

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

УДК 631.67:637:502

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИМПЕРАТИВ В ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПОЛИВА
ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМИ СТОКАМИ****Семененко С. Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор***Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал
ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»
г. Волгоград, Российская Федерация*

Актуальность. Увеличение потребности и потребления продукции животноводства ставит задачу повышения эффективности её промышленного производства за счёт увеличения численности комплексов, что влечёт за собой увеличение объёма навозных стоков, проблему их утилизации и обеспечения санитарно-гигиенической безопасности при орошении различными способами. **Объект исследований.** Способ полива дождеванием и способ внутрипочвенного орошения с разновидностью кротово-внутрипочвенного орошения. **Материалы и методы.** В опыте использовались классические научные методы анализа, синтеза, сравнения, проведения полевого исследования с применением как общепринятых методик опытного дела, так и специфических – гельминтологических и бактериологических исследований. **Результаты и выводы.** Установлены объёмы внесения загрязняющих веществ с животноводческими стоками в зависимости от химического состава, кратности разбавления, размера поливных норм для принятого режима увлажнения, которые составляют в среднем: азота общего 95,7 нитратов 73,4, фосфора 30,0, калия 58,4, нефтепродуктов 0,55, взвешенных веществ 1500 кг/га. Использование дождевания или внутрипочвенного способа подачи существенно изменяет картину распределения санитарно-показательных микроорганизмов. При дождевании, когда стоки подаются на поверхность почвы, наибольшее загрязнение (74×10^5) имеет верхний, 0,00-0,20 метровый слой, а нижний, 0,40-0,60 м, имеет загрязнение в 145 раз меньше. Подача стоков под растительный слой почвы по увлажнителям и кротовым дренам обеспечивает защиту верхнего слоя почвы, очищая загрязнённые стоки при восходящем движении влаги более чем в 311 раз. По сравнению с дождеванием внутрипочвенное внесение обеспечивает благоприятные условия труда поливальщиков за счёт отсутствия контакта со стоками, более чем в 35 раз лучшие показатели по *Perfringens-mump* и в 164 раза по общему микробному числу в слое почвы 0-0,2 м.

Ключевые слова: технологии полива, дождевание, внутрипочвенное орошение, животноводческие стоки, очистка животноводческих стоков.

Цитирование. Семененко С. Я. Экологический императив в инновационных технологиях полива животноводческими стоками. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 60-70. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-06.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Стремительное развитие средств воздействия на окружающую среду с целью обеспечения постоянно растущего потребления населением планеты привело к созданию такой потенциальной их мощи, которая в уже обозримом будущем, будет соизмерима с природными силами. Нынешние поколения уже являются свидетелем борьбы «природного с искусственным», которая взаимно усиливает воздействия на климатические факторы планеты. Рост планетарных экологических рисков усиливает необходимость переориентации с общественной поведенческой модели «антропоцентризм» на модель «экоцентризм», которая способствует формированию экологической культуры, основанной на моральной потребности общества к сбережению природных ресурсов через новое отношение к природе. В рассматриваемом контексте термин «экологический императив» является предметом исследования таких философских категорий, как воспитание, образование, наука [1, 2, 3, 4].

В аграрном производстве, являющемся наиболее природоёмкой отраслью экономики как в РФ, так и во всём мире, вопрос баланса между причинённым вредом окружающей среде и правомерными действиями по изъятию вещества или энергии для удовлетворения жизненных потребностей человека, является наиболее дискуссионным среди правительств, научных коллективов и небезразличных, наиболее «продвинутых» членов мирового сообщества.

Индикатором всё возрастающей потребности является увеличение потребления продуктов питания, в первую очередь, продукции животноводства, основой для развития которого служит орошаемое земледелие. Максимальной экономической эффективностью животноводство обладает в условиях промышленного производства на крупных комплексах, которые, в свою очередь, создают экологические проблемы как локального, так и планетарного масштаба [5, 6].

В системе агротехнологических и эколого-экономических ограничений, в парадигме экологического императива, должны рассматриваться не только последствия научно-технического развития в связи с внедрением инновационных технологий, например, стойлового содержания сельскохозяйственных животных, но и способы превентивного предотвращения нависших над человечеством экологических проблем, вызванных необходимостью обеспечения санитарно-гигиенических и ветеринарных требований в зоне прямого и косвенного экологического воздействия животноводческого комплекса, обусловленных образованием большого объёма навозных стоков [5, 7].

Одним из актуальных направлений решения данной проблемы является использование внутрипочвенного орошения животноводческими сточными водами (ЖСВ) и его разновидности – кротово-внутрипочвенного (КВПО) орошения, когда увлажнители из гончарных или пластмассовых перфорированных трубок, а также кротовины с уплотнёнными грунтовыми стенками устраиваются под растительным слоем почвы на глубине 0,40...0,60 м, что исключает непосредственный контакт человека, животных и растения с загрязнёнными стоками [8].

Методология и методы. Методология проведения опыта включала комплексное использование классических научных методов анализа, синтеза, сравнения, а также организацию проведения полевого исследования с применением общепринятых методик опытного дела. Специфические исследования проводились в соответствии с «Рекомендациями по анализу сточных вод животноводческих комплексов» (1984) и «Методическими указаниями по выполнению научно-исследовательских работ при изучении вопросов использования сточных вод и стоков животноводческих комплексов на орошение» (1985). Гельминтологические и бактериологические исследования животноводческих стоков, почвы и растений люцерны проводились по общепринятым методикам лабораториями Роспотребнадзора.

Оросительная норма при использовании животноводческих сточных вод рассчитывается с учетом количества вносимых биогенных элементов. Норма внесения стоков определяется по формуле Д. П. Гостищева (1983):

$$M_n = P / 10 \times K_1 \times K_2 \times C$$

где: M_n – норма внесения стоков, рассчитанная на весь урожай, $м^3/га$; P – вынос азота, фосфора и калия данной культурой на планируемую урожайность, $кг/га$; K_1 – коэффициенты использования питательных элементов из стоков (условно принят для азота – 0,6...0,7, фосфора 0,6 и калия 0,6); K_2 – коэффициенты потерь при внесении азота (принят равным 0,8); C – содержание азота, фосфора и калия в стоках, %.

Применяемый в формуле коэффициент K_2 учитывает потери азота из стоков во время полета дождевого облака и газообразные потери из почвы. При использовании ВПО и/или КВПО данный коэффициент не учитывается, т.к. такие потери исключены, поэтому норма внесения стоков по азоту будет несколько меньше, чем при дождевании.

Результаты и обсуждение. В условиях интенсивного развития земледелия с использованием для орошения животноводческих сточных вод можно выделить основные направления экологического императива:

- систематизация контроля размера поливных норм и их динамическая адаптация на изменение скорости и условий впитывания в соответствии с изменениями водно-физических свойств почвы во времени и пространстве орошаемого поля;
- применительно к конкретным условиям недопущение дисбаланса минерального и органического состава почв для обеспечения питания растений «по запросу»;
- обеспечение стабилизации гидрогеологических условий (уровень, химизм и загрязнённость грунтовых вод) орошаемого массива и сопрягающих агроландшафтов;
- полное исключение загрязнения элементов ландшафта агроэкосистем ксенобиотиками и органическими загрязнителями при использовании для полива бытовых, производственных и животноводческих стоков, а также минимизация использования средств химической защиты растений.

Ксенобиотиками принято обозначать химические вещества, чужеродные для живых организмов и не входящие в биотический круговорот. В естественной среде в малых количествах они присутствуют, но повышение их концентрации до токсичных значений наблюдается только в процессе хозяйственной деятельности человека, что, в свою очередь, предопределяет и возможность количественного их регулирования.

Для реализации в практической деятельности основ экологического императива в рамках производственного менеджмента необходимо внедрение инновационных механизмов и инструментария, таких как патенты на селекционные достижения (новые гибриды и сорта растений, устойчивые к ксенобиотическому профилю почвенной среды); патенты на изобретения машин, механизмов, орудий, контроллеров, систем «точного» полива, обеспечивающих автоматизированное измерение, выработку управляющего воздействия и изменение (динамическая адаптация) регулируемых параметров в процессе полива; прошедшие апробацию новые технологии выращивания, а также комплексные инновационные проекты с использованием IT технологий.

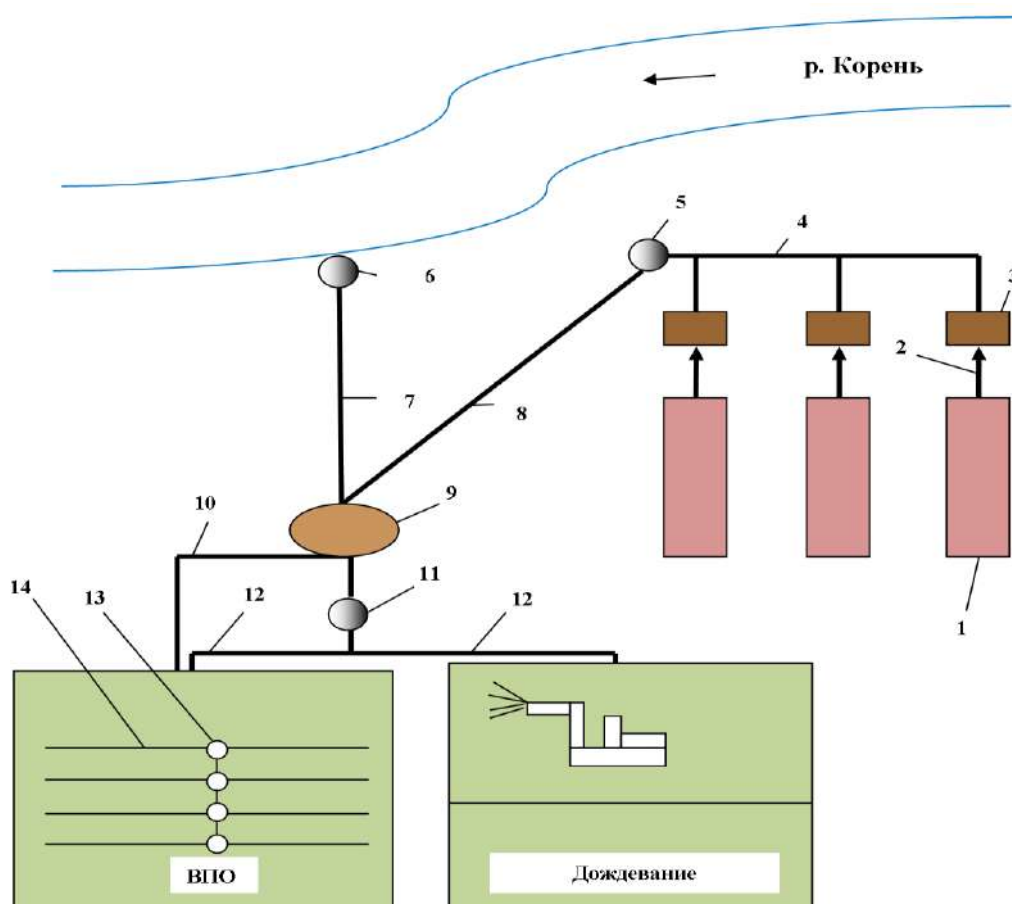


Рисунок 1 – Схема опытного участка орошения на ЗПО АО «Рассвет» Белгородской области

- 1 – корпуса животноводческого комплекса, 2 – каналы самосплавной системы навозоудаления, 3 – ёмкости-накопители навозных стоков, 4 – трубопровод, 5 – канализационная НС, 6 – головная НС, 7 – напорный трубопровод природной воды, 8 – напорный трубопровод навозных стоков, 9 – резервуар-смеситель, 10 – трубопровод промывочный, 11 – подкачивающая НС, 12 – напорный трубопровод животноводческих сточных вод, 13 – автоматический регулятор уровня, 14 – система внутрпочвенных увлажнителей
- Figure 1 – Scheme of the experimental irrigation site at the ZPO of JSC "Rassvet" of the Belgorod region
1 – buildings of the livestock complex, 2 – channels of the self-melting manure removal system, 3 – storage tanks of manure effluents, 4 – pipeline, 5 – sewerage tank, 6 – head tank, 7 – pressure pipeline of natural water, 8 – pressure pipeline of manure effluents, 9 – mixing tank, 10 – flushing pipeline, 11 – pumping tank, 12 – pressure pipeline of livestock wastewater, 13 – automatic level regulator, 14 – system of subsurface humidifiers

Решение проблем обеспечения экологического равновесия глобальной экосистемы предопределяет детализацию многофункционального сельскохозяйственного производства с мега уровня до уровня локального, с исследованием экологичности каждого производственного процесса.

Рассматривая в данном контексте производство животноводческой продукции, наиболее значимое негативное воздействие на элементы экосистемы оказывают крупные комплексы, как КРС, так и свиноводческие, интенсивный ввод которых наблюдается в последнее время на всей территории России [8, 9, 10].

Загрязнителями компонентов окружающей среды в зоне действия таких комплексов являются навозные стоки, образующиеся при стойловом содержании животных, а также парниковые газы, в основном двуокись углерода и метан [10].

Как указывают научные источники, их выбросы в мировом секторе животноводства приходятся на КРС – 4,5...5,0 млн т, на свиноводство, мелкий рогатый скот и др. – 0,32...0,55 млн т в CO_2 – эквиваленте. Регулярное удаление из коровников навозной жижи скребковыми механизмами и методом гидросмыва позволяет эффективно снижать выбросы метана и окиси азота на 55 и 41% соответственно [10, 11, 12].

На сегодняшний день накоплен достаточно большой объем производственного опыта утилизации навоза. Примером классической компоновки объектов и использования животноводческих сточных вод (ЖСВ) является молочный комплекс в АО «Рассвет» Белгородской области на 10000 голов КРС (рисунок 1).

Животноводческие стоки из корпусов коровника удаляются скребковой системой (рисунок 2) с последующим гидросмывом, что увеличивает объем стоков в 5 раз, и самосплавом поступают в пруды-накопители стоков (рисунок 3), из которых канализационной насосной станцией, оборудованной фекальными насосами, подаются в пруд-смеситель стоков с природной водой, подаваемой из реки головной насосной станцией. В резервуаре-смесителе, на основе расходно-напорных характеристик насосных агрегатов, проводится смешение стоков с природной водой в кратности, обеспечивающей безопасность их использования для орошаемых почв и выращиваемой продукции. Подготовленные таким образом животноводческие стоки, имеющие влажность 98% и называемые теперь «животноводческие сточные воды», подкачивающей насосной станцией подаются на опытно-производственный участок с орошением дождеванием и на опытный участок ВПО через резервуар с автоматическим регулятором уровня наполнения (напора в распределительной увлажнительной сети) с дальнейшей подачей их во внутрпочвенные увлажнители.



Рисунок 2 – Скребковая система удаления навозной массы

Figure 2 – Scraper manure removal system



Рисунок 3 – Пруды-накопители жидких стоков

Figure 3 – Storage ponds of liquid effluents

Кратность смешения зависит от химического состава стоков, выращиваемой культуры, годовой оросительной нормы, определяемой соотношением объема природной воды и объемом макроэлементов питательных веществ, вносимых при поливах и не оказывающих загрязняющего эффекта на почву и выращиваемую продукцию, на что указывают требования СНиП 2.06.03-85, СНиП 2.06.15-85, СанПиН 4630-88, СанПиН 2.75.73-96 [13].

В связи с высокой концентрацией в стоках химических и органических соединений (таблица 1), превышающих требования регламентирующих документов, для обеспечения экологической безопасности необходимо довести их содержание до нормативных значений путём разбавления природной водой.

Таблица 1 – Химизм ЖСВ и вносимая масса загрязняющих веществ
при изменяющемся разбавлении, мг/дм³

Table 1 – The chemistry of LCW and the introduced mass of pollutants at varying dilution, mg/dm³

Наименование загрязняющего вещества / Name of the pollutant	Химизм стоков в пруду- накопителе / Chemistry of effluents in the stor- age pond	Химизм при разбавлении стоков природной водой / Chemism during dilution of effluents with natural water					
		1:3		1: 4		1: 5	
		хим. состав / chem. composition	Масса / mass	хим. состав / chem. composition	Масса / mass	хим. состав / chem. composition	Масса / mass
Нитриты / Nitrites	5,95	5,13	0,13	4,08	0,10	3,07	0,09
Нитраты / Nitrates	88,72	74,65	1,90	41,15	1,52	35,6	1,14
Сухой остаток / Dry residue	1923,78	1348,92	44,39	918,91	32,97	789,37	24,72
Хлориды / Chlorides	620,91	532,22	13,34	425,76	10,68	319,33	8,01
Сульфаты / Sulphates	794,89	681,34	17,10	545,07	13,68	408,80	10,26
Азот аммонийный / Ammonium nitrogen	4,81	3,57	0,09	2,87	0,072	2,23	0,054
Азот общий / Total nitrogen	102,44	87,87	2,19	70,25	1,76	52,73	1,32
БПК полный / Full BOD	11,79	10,13	0,266	8,09	0,159	6,31	0,157
ХПК / COD	63,00	54,08	1,351	43,22	1,083	32,36	0,816
Формальдегид / Formaldehyde	0,07	0,10	0,001	0,05	0,001	0,00	0,00
Натрий / Sodium	409,74	351,28	8,76	280,91	7,00	210,70	523,94
Кальций / Calcium	7,19	6,20	0,152	4,90	0,123	3,70	0,926
Магний / Magnesium	36,12	30,97	0,768	24,76	0,614	18,66	0,468
Калий / Potassium	73,07	59,55	1,570	50,10	1,257	37,64	0,946
Фенолы / Phenols	0,0019	0,0017	0,0004	0,0013	0,00004	0,0003	0,00003
Фосфор / Phosphorus	33,53	29,96	0,723	23,00	0,579	17,23	0,434
Нефтепродукты / Petroleum products	0,58	0,48	0,013	0,40	0,010	0,30	0,007
АПАВ / АРАV	0,91	0,80	0,019	0,62	0,016	0,45	0,013
Жироподобные / Fat-like	0,59	0,49	0,013	0,41	0,100	0,31	0,008

Решение о степени разбавления стоков природной водой принимается после проведения ирригационной оценки их применимости [14] и проводится различными методами [15]. Расчёт проводится по рекомендуемым формулам различных авторов: Буданова М. Ф., Антипова-Каратаева И. Н., Израильсена О. У., Департамента сельского хозяйства США. Расчёты показали, что химизм стоков в пруду-накопителе не позволяет их использовать для орошения, т.к. наблюдается превышение допустимых коэффициентов от 1,10 до 2,15, и только после 3-х кратного разбавления рекомендуется их использование.

Для ускорения процесса оценки пригодности ЖСВ группой учёных разработана программа для ЭВМ по расчёту пригодности ЖСВ для внутрипочвенного орошения с возможной реализацией совместно с системой принятия управленческих решений в деятельности животноводческого комплекса [16].

Результаты исследований по изучению уровня предполивной влажности почвы при выращивании люцерны (75 и 85%НВ) отразились на размере поливной нормы и составили соответственно 500 и 350 м³/га. Средняя общая оросительная норма (с объёмом стоков) составила 4983±150 м³/га на всех вариантах поливных норм, что соотносится с общепринятыми научными представлениями о водопотреблении сельскохозяйственных культур. Объём внесённых с поливной природной водой животноводческих стоков зависит в большей степени от разбавления и в меньшей от размера поливной нормы. Максимальное годовое внесение стоков – 1759 м³/га, наблюдалось при 3-х кратном разбавлении и поливе нормой 350 м³/га, минимальное – 933 м³/га – при 5-и кратном и норме 500 м³/га.

Загрязняющие, с точки зрения экологии вещества, для земледельцев являются органическими удобрениями в удобной для потребления растениями форме. Объём их годового внесения (за оросительный период), кроме концентрации стоков, зависит от кратности разбавления, поливной и оросительной нормы. В течение поливного сезона азота общего, фосфора и калия вносится соответственно 125,7...65,6, 39,3...20,7, 71,6...45,1 кг/га (таблица 2).

Таблица 2 – Годовое поступление в почву загрязняющих веществ в зависимости от поливной нормы, кг/га, среднее за три года

Table 2 – Annual intake of pollutants into the soil, depending on the irrigation rate, kg/ha, average for three years

Наименование загрязняющего вещества / Name of the pollutant	Степень разбавления / Degree of dilution					
	1 : 3		1 : 4		1 : 5	
	поливная норма, м³/га / irrigation rate, m3/ha					
	350	500	350	500	350	500
Нитриты / Nitrites	6,2	6,0	4,9	4,7	3,9	3,8
Нитраты / Nitrates	90,2	89,3	73,2	70,9	58,6	56,7
Сухой остаток / Dry residue	1769,9	1690,2	1587,4	1539,1	1270,8	1231,3
Хлориды / Chlorides	615,7	598,7	512,4	496,8	410,2	397,4
Сульфаты / Sulphates	798,9	743,8	655,8	635,9	525,1	508,8
Азот аммонийный / Ammonium nitrogen	4,5	4,2	3,5	3,4	2,8	2,7
Азот общий / Total nitrogen	125,7	100,9	84,6	82,0	67,7	65,6
Формальдегид / Formaldehyde	0,8	0,7	0,06	0,06	0,05	0,05
Натрий / Sodium	348,9	336,2	304,7	307,7	270,6	262,2
Кальций / Calcium	7,1	6,9	5,9	5,7	4,7	4,4
Магний / Magnesium	38,9	37,2	29,7	28,7	23,8	22,2
Калий / Potassium	71,6	62,4	59,1	58,4	48,3	45,1
Фенолы / Phenols	0,0018	0,0017	0,0016	0,0015	0,0012	0,0011
Фосфор / Phosphorus	39,3	33,7	27,7	26,9	22,2	20,7
Нефтепродукты / Petroleum products	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4
АП АВ / AP AV	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6
Жироподобные / Fat-like	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4

Такое содержание питательных макроэлементов позволяет уменьшить дозы внесения минеральных удобрений, поэтому использование для полива ЖСВ необходимо рассматривать как часть системы удобрений в орошаемом земледелии.

Ксенобиотики, представленные нефтепродуктами, фенольными соединениями и АПАВ, даже в небольших количествах могут оказать негативное влияние на экологию человека через трофические связи, что приводит к необходимости поиска и ликвидации их источников. На комплексах КРС такими источниками являются используемые машины и механизмы с протечками ГСМ, моющие, дезинфицирующие и лекарственные средства при уходе за животными.

Взвешенные вещества, находящиеся в стоках, взаимодействуют с жироподобными и существенно увеличивают вязкость ЖСВ, что приводит к уменьшению на 30...35% дальности полёта струи из дождеобразующих устройств и ускорению времени закупорки внутренней полости увлажнителей при ВПО. В зависимости от степени разбавления стоков природной водой за оросительный период вносится от 1,231 до 1,769 т/га взвешенных частиц, которые оказывают положительное влияние на увеличение содержания органики почвы.

Экологическую опасность использования ЖСВ при поверхностном способе полива и дождевании представляет поверхностный сток, образующийся при сочетании негативных для орошения факторов – эрозионные уклоны поверхности поля, высокая интенсивность подачи стоков, низкие показатели проективного покрытия, смытость почвенного покрова и др.

Как указывает Романенко Н. А. (1983), – «при дождевании с использованием ЖСВ продолжительность жизнедеятельности гельминтов составляет 7...10 лет. Попадая в почву, гельминты и их яйца отмирают, но этот процесс продолжительный. В различные сезоны года оставались жизнеспособными 90% яиц аскарид, 80% яиц власоглавов, 70% яиц дифиллоботриид, 70% яиц описторхисов. Увеличение числа поливов до 4...6 за вегетационный период сокращает межполивные периоды, в течение которых почва не успевает самоочиститься, и каждый новый полив поставляет новые жизнеспособные яйца гельминтов, что приводит к загрязнению пахотного слоя почвы».

Учитывая запрет на проникновение загрязнённого поверхностный стока за пределы сельскохозяйственных полей орошения, что довольно сложно обеспечить поверхностным способом полива и дождеванием, необходимо использование современных инновационных способов, таких как внутripочвенный (ВПО) и, особенно, кротово-внутripочвенный (КВПО).

Данная технология полива – одним из лучших способов очистки ЖСВ, которые не проходят дополнительной биологической очистки в дорогах по капитальным вложениям и эксплуатационным затратам очистных сооружениях (отстойниках, аэротенках, метантенках, биофильтрах, биопрудах и т.д.), так как они обезвреживаются и очищаются в почве за счет естественных природных факторов.

Устройство (нарезка) распределительной увлажнителей сети производится на глубину 0,4-0,5 м. С целью обеспечения смыкания контуров увлажнения расстояние между кротовинами, в зависимости от водно-физических свойств почвы, варьирует от 0,8 до 1,2 м. Оптимальный уклон нарезки 0,003-0,006, допустимый – 0,001-0,02.

Более того, требования к характеристикам ЖСВ для них более «щадящие»: размер твёрдых частиц до 3,0 мм, количество взвешенных веществ 1 г/л, что позволяет их использовать при минимальном разбавлении (таблица 1).

Неоспоримым преимуществом внутripочвенного полива ЖСВ является его экологическая эффективность в плане их очистки и обеззараживания, обеспечиваемая почвенной очисткой в толще 0,4-0,5 м вышерасположенного почво-грунта.

При КВПО исключается контакт надземной части растений, животных и человека со сточной водой и появляется возможность орошать все сельскохозяйственные культуры, в том числе овощные и плодово-ягодные, поверхностный полив и дождевание которых ограничивается эколого-санитарно-гигиеническими нормами.

Результаты исследований наглядно доказывают (таблица 3) эффективность почвенной очистки ЖСВ системами ВПО/КВПО по санитарно-гигиеническим показателям.

Таблица 3 – Послойная эффективность санитарно-гигиенической очистки почвы в конце вегетации люцерны при разных способах полива

Table 3 – Layered effectiveness of sanitary and hygienic soil cleaning at the end of the alfalfa growing season with different irrigation methods

Экологические показатели / Environmental performance	Дождевание / Sprinkling			ВПО/КВПО / WPO/KVPO			
	Глубина отбора проб, м / Sampling depth, m						
	0,00-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	0,00-0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	0,60-0,80
Общее микробное число / Total microbial count	74×10 ⁵	23×10 ⁴	51×10 ³	45×10 ³	55×10 ⁴	14×10 ⁶	49×10 ³
Коли-титр / Coli-titer	0,43	1,0	1,0	1,0	0,43	0,43	1,0
Perfringens-титр / titer	0,004	0,004	0,043	0,143	0,043	0,004	0,004
Коли-индекс / Coli-index	2×10 ³	2,3×10 ³	2,3×10 ⁴	23×10 ³	2,3×10 ³	2,3×10 ³	2,3×10 ³

Одним из основных показателей, характеризующих эффективность очистки сточных вод, является показатель общего микробного обсеменения почвы, которое выражается общим числом микроорганизмов. При дождевании, когда стоки подаются на поверхность почвы, наибольшее загрязнение (74×10^5) имеет верхний, 0,00-0,20 метровый слой, а нижний, 0,40-0,60 м, имеет загрязнение в 145 раз меньше.

Подача стоков под растительный слой почвы по увлажнителям и кротовым дренам обеспечивает защиту верхнего слоя почвы, очищая загрязнённые стоки при восходящем движении влаги более чем в 311 раз.

СанПиН установлено, что санитарно-показательными микроорганизмами почвы являются: а) *E. coli* (а также бактерии группы кишечной палочки (БГКП) – *p. Citrobacter*, *p. Enterobacter*, *p. Klebsiella*); б) *Str. faecalis*; в) *C. perfringens*. Эти бактерии имеют общий путь выведения с возбудителями кишечных инфекций (с фекалиями) и служат показателями фекальной загрязнённости почвы.

C. perfringens почвы – это наименьшее количество почвы в граммах, в котором определяется хоть одна жизнеспособная клетка возбудителя газовой гангрены.

Нормативные численные значения (по СанПиН) для оценки состояния почвы по данному показателю следующие:

- 0,1 и более – незагрязнённая;
- 0,01-0,001 – слабо загрязнённая;
- 0,001-0,0001 – умеренно загрязнённая;
- 0,0001 и меньше – сильно загрязнённая.

Градации данных по уровню загрязнения слоёв почвы показала, что применяемые способы полива оказали существенное влияние на загрязнение почвенного профиля в опыте: для дождевания характерно умеренное загрязнение верхнего горизонта почвы вплоть до глубины 0,40 м, а далее, ниже 0,40 м – слабое; для ВПО/КВПО умеренное загрязнение наблюдается в зоне укладки увлажнителей (устройства дрена), а верхний слой почвы (0,0-0,20 м) не загрязнён.

Это объясняется спецификой подачи и передвижения влаги в почвенном профиле при различных способах полива и доказывает обеспечение нормативных санитарно-гигиенических требований при использовании для полива ЖСВ системами ВПО/КВПО.

Заключение. Проблема экологической безопасности, обозначенная в Стратегии национальной безопасности РФ как системообразующая, в настоящее время выходит на первый план национальной безопасности государства, т.к. затрагивает сохранность национального достояния – природных ресурсов.

Объём загрязняющих веществ, поступающих на поле за оросительный период, в зависимости от концентрации стоков, кратности разбавления, величины поливной и оросительной нормы, составляет в среднем: азота общего 95,7 нитратов 73,4, фосфора 30,0, калия 58,4, нефтепродуктов 0,55, взвешенных веществ 1500 кг/га. При дождевании, когда стоки подаются на поверхность почвы, наибольшее загрязнение (74×10^5) имеет верхний, 0,00-0,20 метровый слой, а нижний, 0,40-0,60 м, имеет загрязнение в 145 раз меньше. подача стоков под растительный слой почвы по увлажнителям и кротовым дренам обеспечивает защиту верхнего слоя почвы, очищая загрязнённые стоки при восходящем движении влаги более чем в 311 раз.

Для решения экологических проблем в АПК, а именно в области экологически безопасного использования и утилизации загрязнённых животноводческих сточных вод, необходимо использовать инновационные внутрипочвенные системы полива, которые по сравнению с дождеванием обеспечивают устойчивую работу распределяющей сети, благоприятные условия труда поливальщиков за счёт отсутствия контакта со стоками, более чем в 35 раз лучшие показатели по *Perfringens-mump* и в 164 раза по общему микробному числу в слое почвы 0-0,2 м.

Conclusions. The problem of environmental safety, identified in the National Security Strategy of the Russian Federation as a system-forming one, is currently coming to the fore of the national security of the state, since it affects the preservation of the national heritage – natural resources.

The volume of pollutants entering the field during the irrigation period, depending on the concentration of effluents, the multiplicity of dilution, the value of irrigation and irrigation norms, averages: total nitrogen 95.7 nitrates 73.4, phosphorus 30.0, potassium 58.4, petroleum products 0.55, suspended solids 1500 kg/ha. During sprinkling, when drains are fed to the soil surface, the highest pollution (74×105) has an upper layer, 0.00-0.20 meters, and the lower layer, 0.40-0.60 m, has 145 times less pollution. The supply of effluents under the vegetative soil layer through humidifiers and mole drains protects the upper soil layer, purifying contaminated effluents with an upward movement of moisture by more than 311 times

To solve environmental problems in the agro-industrial complex, namely in the field of environmentally safe use and disposal of contaminated livestock wastewater, it is necessary to use innovative subsurface irrigation systems, which, compared with sprinkling, ensure stable operation of the distribution network, favorable working conditions for irrigators due to the absence of contact with wastewater, more than 35 times better indicators for *Perfringens* is a titer and 164 times the total microbial number in the soil layer is 0-0.2 m

Библиографический список

1. Медяник Н. В. Институциональное проектирование кооперативной стратегии экологизации регионов юга России. Актуальные вопросы устойчивого развития регионов, отраслей, предприятий: материалы Международной научно-практической конференции. Тюмень, 2023. С. 56-60.
2. Баркова Э. В. Введение в экофилософию. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2021. 407 с.
3. Баркова Э. В. Философия экорегиональности в развитии многополярной цивилизации: к постановке проблемы. Философская осень: от возрождения традиций к возрождению России. Москва, 2023. С. 4-30.
4. Мелихов В. В., Медведева Л. Н., Фролова М. В. Экологический императив в развитии национальной экономики: повышение потенциала микроводорослей. Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 3. С. 117-131.
5. Cao S. T., et al. Impacts of effluent from different livestock farm types (pig, cow, and poultry) on surrounding water quality: a comprehensive assessment using individual parameter evaluation method and water quality indices. Environmental Science and Pollution Research. 2021. Vol. 28. Pp. 50302-50315.
6. Gribut E. A., et al. Research on the efficiency of soil melioration with modified organic fertilizer from pig manure. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 845. 012056.
7. Семенов С. Я. Общетеоретические положения обеспечения экологической устойчивости агроландшафтов при вовлечении в оборот ранее орошаемых земель. Гидротехника и мелиорация. 2023. № 4. С. 79-96.
8. Новиков А. Е., Семенов С. Я., Моторин В. А. Влияние внутрипочвенного внесения побочных продуктов животноводства на содержание диоксида углерода в почвенном воздухе. Мелиорация и водное хозяйство. 2023. № 3. С. 36-41.
9. Матвиенко и др. Экспериментальные исследования оценки качества подготовленных сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 7 (177). С. 33-38.
10. Петрунина И. В., Горбунова Н. А. Системные меры по снижению выбросов парниковых газов в животноводческих хозяйствах. Обзор. Пищевые системы. 2022. Т. 5. № 2. С. 202-211.
11. Кирейчева Л. В., Ткачёва Т. Н. Воздействие орошаемого свиноводческими стоками массива на поверхностные, грунтовые и подземные воды прилегающей территории. Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 4. С. 62-78.
12. Sajeev E. P. M., Winiwarter W., Amon B. Greenhouse gas and ammonia emissions from different stages of liquid manure management chains: Abatement options and emission interactions. Journal of Environ. 2019.
13. Овчинников А. С., Пустовалов Е. В. Повышение эффективности экологически безопасных технологий орошения сточными водами. Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2021. С. 3-8.
14. Манжина С. А., Власов М. В. Агроэкологическая оценка хозяйственно-бытовых сточных вод в целях их применения для орошения. Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 1. С. 132-149.
15. Тарасьянц С. А., Васинёв М. С., Ширяев В. Н., Дергачёва К. А. Технологический процесс смещения животноводческих стоков различной влажности с водой и транспортировки смеси на орошение при удобрительных поливах. Орошаемое земледелие. 2023. № 2 (41). С. 49-53.
16. Новиков А. Е., Семенов С. Я., Моторин В. А., Марченко С. С. Программа для расчёта пригодности животноводческих сточных вод при внутрипочвенном орошении. Зарегистрировано в Государственном реестре программ для ЭВМ 12.05. 2023 г. № 2023619570.

References

1. Medianik N. V. Institutional Design of the Cooperative Strategy for the Ecologization of the Regions of the South of Russia. Actual issues of sustainable development of regions, industries, enterprises: materials of the International Scientific and Practical Conference. Tyumen, 2023. Pp. 56-60.
2. Barkova E. V. Introduction to Ecophilosophy. Volgograd: VolGU Publ., 2021. 407 p.
3. Barkova E. V. Philosophy of Ecoregionality in the Development of Multipolar Civilization: On the Statement of the Problem. Philosophical Autumn: From the Revival of Traditions to the Revival of Russia. Moscow, 2023. Pp. 4-30.
4. Melikhov V. V., Medvedeva L. N., Frolova M. V. Ecological Imperative in the Development of the National Economy: Increasing the Potential of Microalgae. The South of Russia: Ecology, Development. 2020. V. 15. № 3. Pp. 117-131.
5. Cao S. T., et al. Impacts of effluent from different livestock farm types (pig, cow, and poultry) on surrounding water quality: a comprehensive assessment using individual parameter evaluation method and water quality indices. Environmental Science and Pollution Research. 2021. Vol. 28. Pp. 50302–50315.
6. Gribut E. A., et al. Research on the efficiency of soil melioration with modified organic fertilizer from pig manure. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 845. 012056.
7. Semenenko S. Y. General Theoretical Provisions for Ensuring the Ecological Sustainability of Agrolandscapes in the Involvement of Previously Irrigated Lands in the Turnover. Hydraulic engineering and land reclamation. 2023. № 4. Pp. 79-96.
8. Novikov A. E., Semenenko S. Ya., Motorin V. A. Effect of Subsoil Application of Animal By-Products on the Carbon Dioxide Content in Soil Air. Land reclamation and water management. 2023. № 3. Pp. 36-41.
9. Matvienko et al. Experimental studies of assessing the quality of treated wastewater for irrigation of agricultural crops. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2019. № 7 (177). Pp. 33-38.
10. Petrunina I. V., Gorbunova N. A. Systemic Measures to Reduce Greenhouse Gas Emissions in Livestock Farms. Review. Food systems. 2022. T. 5. № 2. Pp. 202-211.
11. Kireycheva L. V., Tkacheva T. N. Impact of the massif irrigated by pig runoff on surface, groundwater and underground waters of the adjacent territory. Land reclamation and hydraulic engineering. 2023. V. 13. № 4. Pp. 62-78.
12. Sajeev E. P. M., Winiwarter W., Amon B. Greenhouse gas and ammonia emissions from different stages of liquid manure management chains: Abatement options and emission interactions. Journal of Environ. 2019.
13. Ovchinnikov A. S., Pustovalov E. V. Improving the Efficiency of Environmentally Friendly Wastewater Irrigation Technologies. Innovative technologies in the agro-industrial complex in modern conditions: materials of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd, 2021. Pp. 3-8.
14. Manzhina S. A., Vlasov M. V. Agroecological Assessment of Domestic Wastewater for Irrigation. Land reclamation and hydraulic engineering. 2023. V. 13. № 1. Pp. 132-149.
15. Tarasyants S. A., Vasinev M. S., Shiryayev V. N., Dergacheva K. A. Technological Process of Displacement of Livestock Effluents of Different Moisture with Water and Transportation of the Mixture for Irrigation at Fertilizer Irrigation. Irrigated agriculture. 2023. № 2 (41). Pp. 49-53.
16. Novikov A. E., Semenenko S. Ya., Motorin V. A., Marchenko S. S. Program for calculating the suitability of livestock wastewater for subsoil irrigation. Registered in the State Register of Computer Programs on 12.05. 2023. No 2023619570.

Информация об авторе

Семененко С. Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID:<https://org/0000-00015992-8127>, e-mail: sergeysemenenko@list.ru

Author's Information

Semenenko S. Y., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – Branch "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID:<https://org/0000-00015992-8127>, e-mail: sergeysemenenko@list.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-07

RESULTS OF THE WORK OF THE SOUTH EUROPEAN SRFES ON THE CREATION OF A «NATIONAL ACTION PROGRAM TO COMBAT DESERTIFICATION IN THE ROSTOV REGION»

¹Turchin T. Y., ¹Rebriev Y. A., ¹Pronina E. N., ²Archakov D. I.

¹*Federal State Budgetary Institution South European Scientific Research Forest Experimental Station (SRFES)
Veshenskaya, Rostov Region, Russian Federation*

²*Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: donnilos@mail.ru

Received 14.05.20241

Submitted 04.07.2024

The work was carried out as part of the implementation of the most important innovative project of national importance «Expansion of the system of climate and environmental monitoring and forecasting on the territory of the Russian Federation in order to provide adaptation solutions in the sectoral and regional context, including the fight against desertification» (agreement No. 169-15-2023-001 from 03/01/2023)

Summary

The results of the work on the creation of the national action program to combat desertification in the Rostov region are presented. Data on socio-economic conditions, desertification processes, and measures to combat desertification in the region have been updated. For the first time, 8 test sites were established for

the region to study desertification processes, and the dynamics of desertification processes in the period 2000-2023 were traced. The proposed system of measures will ensure the prevention of desertification in the region, increase the productivity of degraded lands and improve the living conditions of the population.

Abstract

Introduction. The climatic and geomorphological features of the territory of the Rostov region, as well as the high agricultural development of land resources, predetermine the development of a number of degradation processes. In connection with these factors, the development of a national action program to combat desertification is very relevant, since its subsequent implementation in general and local projects will make a significant contribution to the agro-ecological, economic and geopolitical recovery of the region. **Object.** The object of the study is the Rostov region. The subject is the study of desertification processes in the region. **Materials and methods.** The dynamics of climate change since 2000 have been analyzed; a network of test sites with test sites has been created for continuous or periodic monitoring of the state of ecosystems; a bank of aerospace and cartographic information has been formed; criteria and scales for assessing the ecological tension of territories have been developed; a series of operational thematic maps (current status, changes, forecast, etc.). Have been compiled. **Results and conclusions.** As a result of the analysis of the data obtained, the «National program of action to combat desertification in the Rostov region» was compiled. To solve the problem of desertification, it is necessary to carry out a complex of work in several directions. Namely: development of measures to optimize environmental management; introduction of adaptive landscape land use; rationalization of water resources uses; and improving biodiversity protection.

Keywords: GIS technologies, land degradation, land deflation, salinization, desertification.

Citation. Turchin T. Y., Rebriev Y. A., Pronina E. N., Archakov D. I. Results of the work of the South European SRFES on the creation of a «National action program to combat desertification in the Rostov region». *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 70-80 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-07.

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 504.06

ИТОГИ РАБОТЫ ЮЖНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ НИЛОС ПО СОЗДАНИЮ «НАЦИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ДЕЙСТВИЙ ПО БОРЬБЕ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ»

¹Турчин Т. Я., доктор сельскохозяйственных наук

¹Ребриев Ю. А., кандидат биологических наук

¹Пронина Е. Н., инженер

²Арчаков Д. И., младший научный сотрудник

¹ФБУ ВНИИЛМ «Южно-европейская НИЛОС»

ст. Вешенская, Ростовская область, Российская Федерация

²ФНЦ агроэкологии РАН

г. Волгоград, Российская Федерация

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «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» (соглашение № 169-15-2023-001 от 01.03.2023 г.)

Актуальность. Климатические и геоморфологические особенности территории Ростовской области, а также высокая сельскохозяйственная освоенность земельных ресурсов определяют развитие ряда деградационных процессов. В связи с этими факторами разработка Национальной программы действий по борьбе с опустыниванием является весьма актуальной, поскольку её последующая реализация в генеральных и локальных проектах внесет значительный вклад в агроэкологическое, экономическое и геополитическое оздоровление региона. **Объект.** Объектом исследования является Ростовская область. Предметом – изучение процессов опустынивания на территории области. **Материалы и методы.** Проанализирована динамика изменения климата с 2000 года; создана сеть полигонов с тестовыми участками для непрерывного или периодического слежения за состоянием экосистем; сформирован банк аэрокосмической и картографической информации; разработаны критерии и шкалы оценки экологической напряженности территорий; составлены серии оперативных тематических карт (современного состояния, изменений, прогноза и т.д.). **Результаты и выводы.** В результате анализа полученных данных составлена «Национальная программа действий по борьбе

с опустыниванием Ростовской области». Для решения проблемы опустынивания необходимо вести комплекс работ по нескольким направлениям. А именно: разработка мероприятий по оптимизации природопользования; внедрение адаптивно-ландшафтного землепользования; рационализация использования водных ресурсов и улучшение охраны биоразнообразия.

Ключевые слова: ГИС-технологии, деградация земель, дефляция земель, засоление, опустынивание.

Цитирование. Турчин Т. Я., Ребриев Ю. А., Пронина Е. Н., Арчаков Д. И. Итоги работы Южно-Европейской НИЛОС по созданию «Национальной программы действий по борьбе с опустыниванием Ростовской области». *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 70-80. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-07.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. По определению Конференции ООН по окружающей среде и развитию, состоявшейся в 1992 г. в Рио-де-Жанейро, под опустыниванием понимается «деградация земель в засушливых, полусухих и сухих субгумидных районах в результате действия различных факторов, включая изменение климата и деятельность человека». Борьба с опустыниванием предполагает рациональное использование земельных ресурсов в интересах устойчивого развития, направляется на предотвращение и/или сокращение масштабов деградации земель и их восстановление.

На юго-востоке европейской части России процессы опустынивания к концу XX века охватили крупные территории. В жестких почвенно-климатических условиях опустынивание развивается в результате техногенной деградации, водной и ветровой эрозии, засоления. Это ведет к сокращению продуктивных площадей сельскохозяйственных земель, возрастанию экологической напряженности на больших территориях, ухудшению условий жизни и труда населения. В Республике Калмыкия уже образовалась первая в Европе пустыня. Остро стоит вопрос о необходимости разработки и осуществления мероприятий по оздоровлению окружающей среды.

В 2023 году ФБУ ВНИИЛМ «Южно-Европейский НИЛОС» являлся исполнителем темы НИР по разработке национального плана действий по борьбе с опустыниванием Ростовской области (НПДБО). В региональной программе определены основные причины опустынивания и разъяснены основные меры по улучшению окружающей среды, остановке процессов деградации, повышению плодородия почв, защите биоразнообразия и созданию комфортной среды обитания для человека.

Материалы и методы. Ростовская область (РО) расположена на юге Европейской России. Протяженность с севера на юг 475,0 км, с запада на восток 455,0 км, площадь 100,8 тыс. км² (Растительный покров. Федяева, 2002). На долю сельскохозяйственных угодий приходится 92,6% территории, причем более половины относится к категории деградированных, что оказывает значительное негативное влияние на плодородие земель и социально-экономическое положение жителей. На территории области практически не осталось земель, которые не испытали бы антропогенного воздействия, преимущественно негативного характера. На сельскохозяйственных угодьях наблюдается прогрессирующее распространение процессов водной и ветровой эрозии, деградации почв, засоления, переувлажнения, опустынивания и др. [1].

Область располагается в степной растительной зоне. В настоящее время сохранившиеся степи, включая их эдафические варианты, занимают в Ростовской области не более 17,3% от общей площади области (Карта степной растительности ... Паршутина, 2000). До распада они покрывали около 90% территории области (Анализ качественного состояния... Чешев, 2023).

Население РО по состоянию на 01.01.2022 г. составляет 4153,8 тыс. человек, в том числе 2827,8 тыс. городское и 1326,0 тыс. сельское (Краткий статистический сборник. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области, 2023). Это один из наиболее заселенных аграрных регионов России.

Регион является одним из важнейших стратегических объектов РФ. Занимая лидирующие позиции в сфере сельского хозяйства (2-е место в стране), энергетики, промышленности и горнодобывающей промышленности, область характеризуется высоким уровнем антропогенной нагрузки, в том числе геофизического характера.

На территории РО с учётом физико-географического положения, почвенно-климатических условий, направления сельскохозяйственного производства выделено шесть сельскохозяйственных зон (Почвенно-географическое районирование... Крыщенко, 1989).

Рост сельскохозяйственного производства сдерживают процессы прогрессирующего опустынивания: на пахотных угодьях почти повсеместно распространены процессы дефляции, дегумификации, уплотнения, засоления орошаемых территорий, на обширных площадях развита водная эрозия [2].

В Ростовской области в число приоритетных выделены проблемы, борьбы с дефляцией пастбищ в восточных районах, засолением орошаемых земель в юго-западной части области и эрозией сельхозугодий на склонах Донской гряды, Донецкого кряжа и их отрогов. Решение этих проблем предусматривалось «Программой повышения плодородия почв Ростовской области на 1995-2000 гг.». Программа включала три основных раздела, в рамках которых предполагалось выполнение цикла взаимосвязанных мероприятий. Из-за отсутствия достаточного финансирования наиболее эффективные, но дорогостоящие технологические мероприятия остались невыполненными.

Значительная работа по слежению за состоянием земель области выполняется Комитетом по земельным ресурсам и землеустройству Ростовской области и Государственным комитетом по охране окружающей среды Ростовской области.

В 2000 г. издана Субрегиональная национальная программа действий по борьбе с опустыниванием (НПДБО) для Северного Кавказа (Субрегиональная национальная программа... ВНИАЛМИ, 2000), содержащая обобщенные данные по проблеме опустынивания в субрегионе и рекомендации по дальнейшим действиям. К сожалению, данная Программа носит лишь рекомендательный, а не обязательный к исполнению характер. Проблемы опустынивания и деградации земель в РО привлекают особое внимание ученых, что отражено в ряде публикаций (Почвенно-географическая база... Электронный ресурс, 2023; Зональные системы земледелия Ростовской... Министерство сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области, 2012; Леса степного Придонья... Турчин, 2005).

Мониторинг опустынивания представляет собой деятельность по контролю и наблюдению за состоянием окружающей среды. Его цель – устанавливать причины деградации земель в результате воздействия как природных, так и антропогенных факторов [3-6].

Необходимая информация получается с помощью дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), сети стационарных полигонов, наземных наблюдений, государственного кадастра недвижимости и землеустроительной документации, инвентаризации и обследования земель, государственного лесного реестра, лесохозяйственных регламентов и пр. [7-11].

В системе мониторинга опустынивания региона проведены следующие мероприятия: проанализирована динамика изменения климата с 2000 года; создана сеть полигонов с испытательными станциями для непрерывного или периодического мониторинга состояния экосистем; собран банк аэрокосмических и картографических данных; разработаны критерии и шкалы оценки экологической напряженности; собрана серия функциональных тематических карт (текущего состояния, изменения, прогноза и т.п.); разработаны соответствующие рекомендации по рациональному природопользованию.

В системе мониторинга опустынивания РО выполнены следующие мероприятия: проанализирована динамика изменения климата с 2000 года; создана сеть полигонов с тестовыми участками для непрерывного или периодического слежения за состоянием экосистем; сформирован банк аэрокосмической и картографической информации; разработаны критерии и шкалы оценки экологической напряженности территорий; составлены серии оперативных тематических карт (современного состояния, изменений, прогноза и т.д.); разработаны рекомендации по адаптивному природопользованию.

Мониторинг осуществляется наземными и дистанционными средствами в виде ДЗЗ. Аэрокосмический мониторинг, как совокупность наземных и дистанционных методов, основан на ландшафтно-индикационном дешифрировании аэрокосмической фотоинформации в сочетании с наземными (экологическое профилирование, площадковые работы) и аэровизуальными обследованиями ключевых участков.

Результаты и их обсуждение. По результатам анализа метеоданных, размещенных в сети Интернет (Погода в 241 странах ... Электронный ресурс, 2023), составлено описание климата в местах нахождения тестовых полигонов, выявлена динамика изменения с 2000 года.

На севере РО, где находятся 6 из 8 полигонов, по сравнению с 2000 годом наблюдается повышение среднегодовой температуры на 1,5°C (рисунок 1) и уменьшение количества выпадаемых осадков на 76,9 мм (рисунок 2).

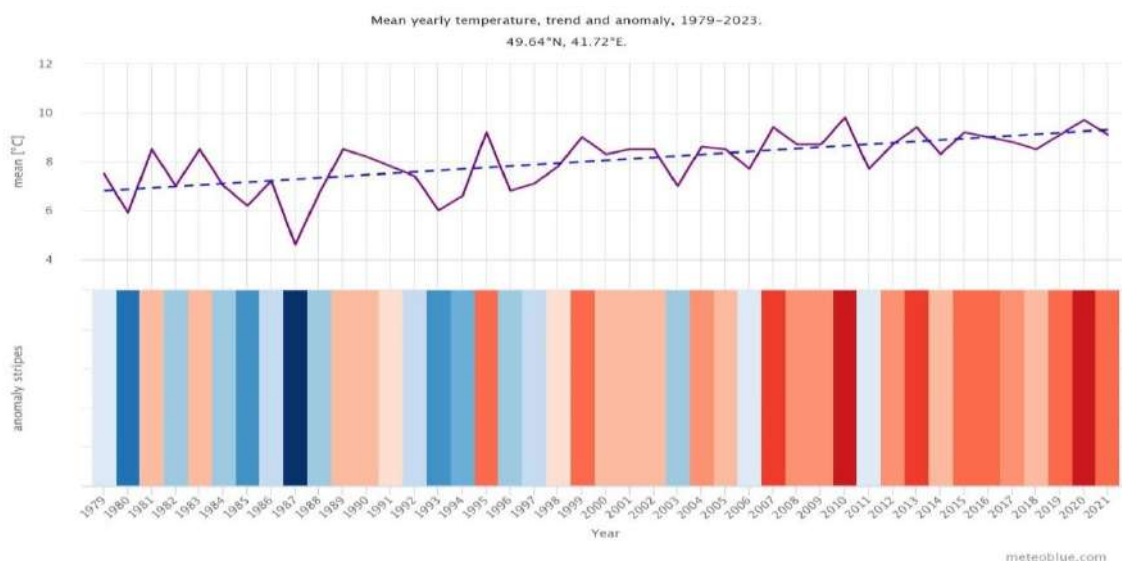


Рисунок 1 – Годовые температуры воздуха
Figure 1 – Annual air temperatures

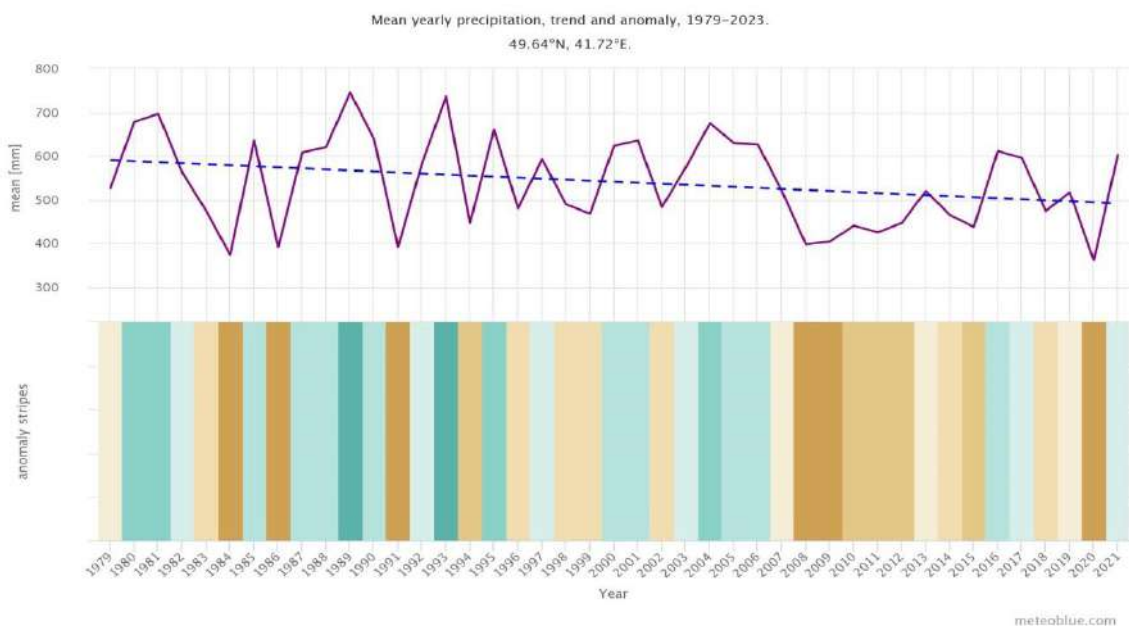


Рисунок 2 – Годовые показатели количества выпадаемых осадков
Figure 2 – Annual precipitation rates

Выявлено, что климат в данном районе меняется в сторону более теплой, менее снежной, более влажной и ветреной зимы. Весенние, летние и осенние месяцы становятся еще теплее, воздух становится суше, осадков выпадает меньше.

Картографирование опустынивания. Наиболее важной частью НПДБО является обоснование ключевых положений и результатов для дальнейшего осуществления программы в проектах и схемах, ориентированных на борьбу с опустыниванием. Для объективного определения ареалов, форм деградированных земель степени деградации и оценки последствия используется картографирование.

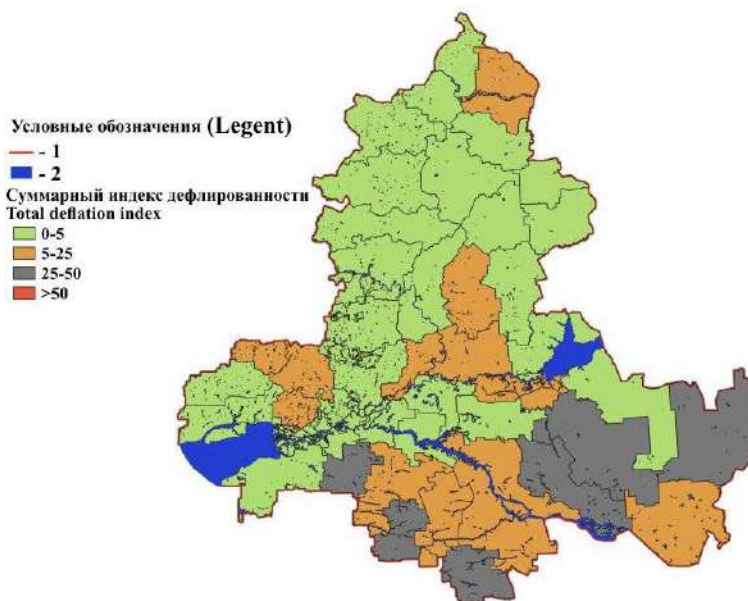
Картографирование включает несколько технологических этапов:

1 – сбор и обработка исходных данных о динамике состояния ландшафтов; 2 – биоклиматическое районирование и зонирование; 3 – разработка карт опустынивания.

Но непосредственно перед составлением карта-схем необходимо провести оценочный этап исходных показателей. Он заключается в преобразовании показателей пораженной территории видами деградации, выражаемой отношением площади пораженной части территории к общей площади зоны исследований, отраженной в 100-балльной шкале.

Показатель ИД характеризует долю площади деградированных земель на территории исследований. Индекс отражен интервалами в баллах. Так, 0-5 балла говорит о том, что процесс носит фоновый характер; от 5 до 25 – слабый; 25-50 – средний; >50 – сильный. Таким образом, были рассчитаны индексы дефлированности, засоленности и эродированности для каждой административной единицы.

Распространение земель, подверженных этим формам деградации, значительно сильно различается в пределах области. Например, данные по дефлированности почв визуальным образом представлены на рисунке 3.

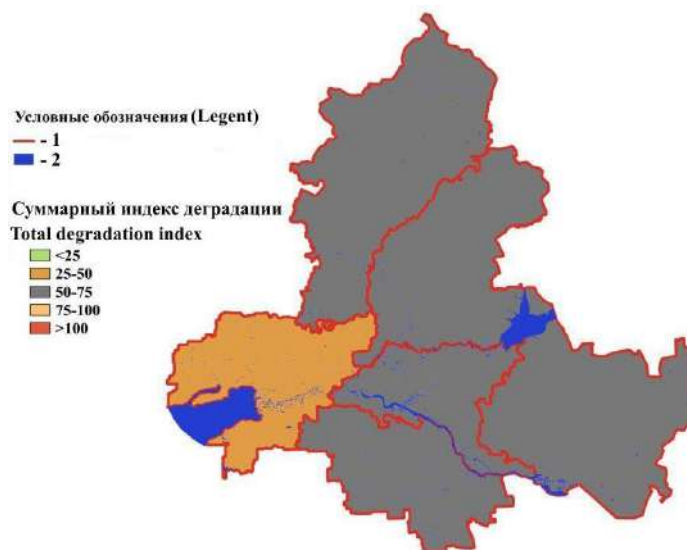


Условные обозначения: 1 – граница Ростовской области; 2 – водные объекты.
Legend: 1 – border of the Rostov region; 2 – water bodies.

Рисунок 3 – Суммарный индекс дефлированности земель Ростовской области
Figure 3 – Total index of deflation of lands in the Rostov region

Согласно подсчёту, на территории Ростовской области не встречаются земли с суммарным баллом более 50, т.е. с сильными дефляционными процессами. Аналогично были рассчитаны и визуализированы показатели засоленности, эродированности, водной эрозии.

На основе полученных данных и математических расчётов для каждой зоны с.-х. производства рассчитан суммарный индекс деградации земель Ростовской области (рисунок 4).



Условные обозначения: 1 – границы зон с/х производства; 2 – водные объекты.
Legend: 1 – boundaries of agricultural production zones; 2 – water bodies.

Рисунок 4 – Суммарные индексы деградации земель Ростовской области
Figure 4 – Total indices of land degradation in the Rostov region

Суммарный ИД территориальной единицы является средневзвешенной суммой всех ИД (дефлированности, засоленности, эродированности), значение которого может превышать 100 баллов.

На рисунке 4 видно, что 5 из 6 с.-х. зон получили от 50 до 75 баллов, а Приазовская – от 25 до 50. Т.е. на территории Ростовской области лишь одна зона является со средней степенью деградации земель.

Суммарные баллы, полученные по зонам с.-х. производства: Северо-западная – 70,75 балла, с общей площадью деградированных земель 1703743 га и является территорией с максимальной деградацией; Северо-восточная – 65,43; Центральная орошаемая 50,85; Приазовская – 41,42; Южная – 52,79; Восточная – 69,63 балла. Три зоны Ростовской области превышают по суммарному индексу 60 баллов – это Северо-западная, Северо-восточная и Восточная. Остальные три не превышают отметки 55 баллов. Таким образом, суммарный индекс деградации Ростовской области составляет 58,48 балла.

Полигоны. Для Ростовской области характерна своя специфика процессов деградации, поэтому на территории располагаются полигоны, на которых проводятся наблюдения за динамикой дефляции, эрозионных процессов, засоления почвогрунта. Полигоны представляют собой ограниченные территории опустынивания с ландшафтами, типичными для данного региона и близкими по природным свойствам и характеру использования. В каждом полигоне выделены ключевые участки – минимальные по размерам площади, содержащие различающиеся между собой компоненты ландшафта.

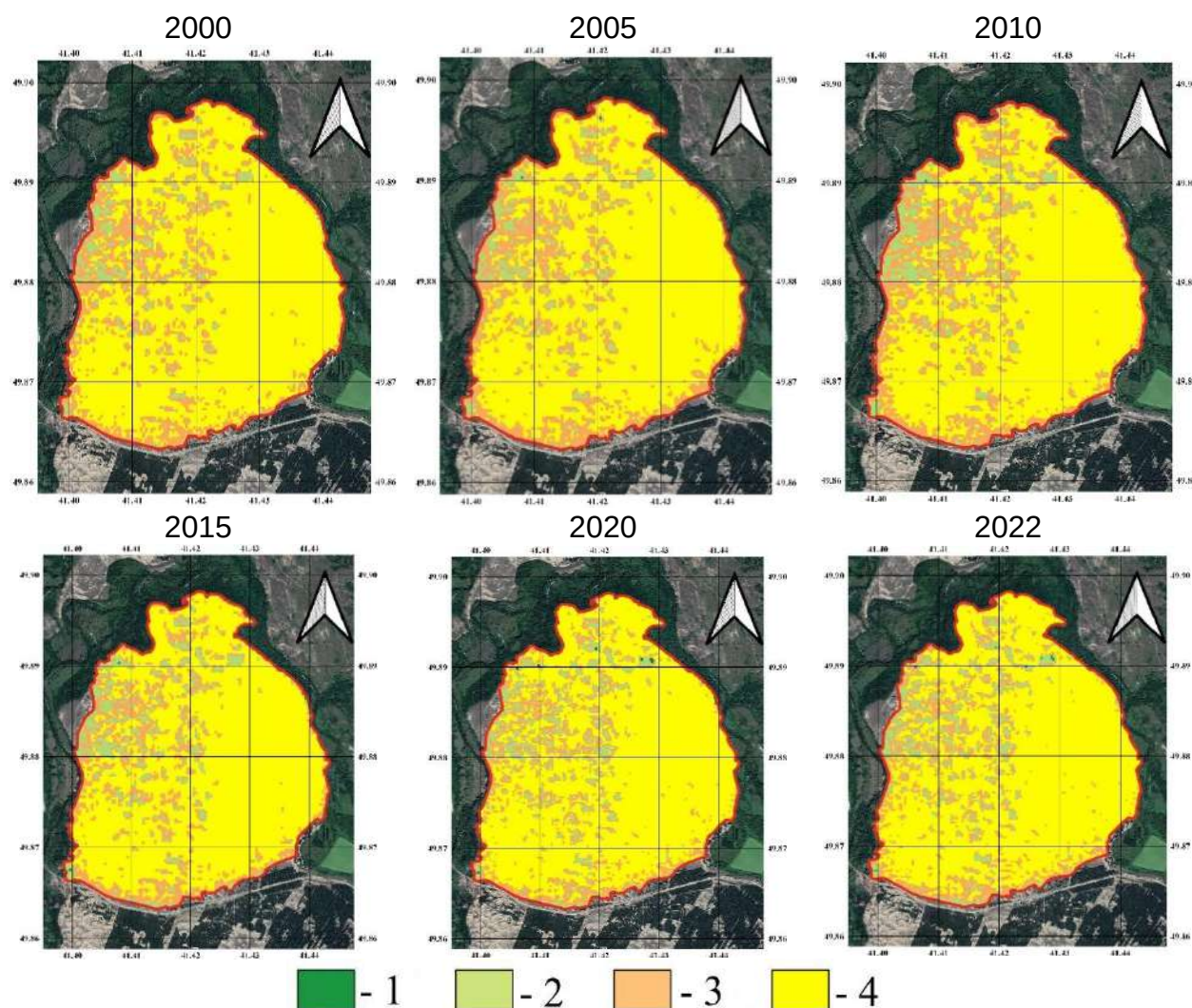
База данных (БД) мониторинга содержит информацию о природных условиях, их современном состоянии и динамике. Комплексные покомпонентные карты и АКФ служат начальными «точками отсчета» при осуществлении периодического контроля. БД должна постоянно обновляться. В роли индикаторов опустынивания выступили качественные и количественные параметры почвенно-растительного покрова: процентное содержание гумуса, площадь гумусированного горизонта, содержание легкорастворимых и токсичных солей, видовой состав растительного покрова, степень его зарастания и т. д., а также их динамика во времени и пространстве. Совокупность этих данных послужила основой для оценки экологической напряженности опустыненных территорий.

Для оценки динамики опустынивания выбраны восемь тестовых полигонов с типичными ландшафтами: «Буруны № 1», «Буруны № 2», «Буруны № 3» в Верхнедонском районе; «Шолоховский № 1», «Овражная эрозия № 2», «Песчаный массив № 3» – Шолохов-

ский район, «Ремонтненский № 1» – Ремонтненский район; «Заветинский № 1» – Заветинский район. При этом 5 полигонов представляют собой участки с преобладанием дефляционных процессов на надпойменных песчаных террасах реки Дон в Верхнедонском и Шолоховском районах; для изучения овражной эрозии, засоления и перевыпаса заложено по одному полигону.

Ретроспектива составлена с интервалом в пять лет. С 2000 по 2010 гг. включительно использовались снимки спутника Landsat – 5 (с пространственным разрешением 30 м/пикс.), 2015 г. – Landsat – 8 (с пространственным разрешением 15 м/пикс.), 2020 и 2022 гг. спутника Sentinel-2 (с пространственным разрешением 10 м/пикс.). Основным критерием выбора изображения являлось отсутствие облачности над тестовым полигоном.

Тестовый полигон «Буруны № 1» (рисунок 5, таблица 1) расположен в Верхнедонском районе на Северо-западной оконечности Казанско-Вёшенского песчаного массива, площадь которого составляет 875,64 га и представляет собой один из типичных участков с дефляционными процессами на придонских песках.



Степень опустынивания: 1 – фоновая; 2 – слабая; 3 – средняя (умеренная); 4 – сильная
Desertification degree: 1 – background; 2 – weak; 3 – average (moderate); 4 – strong

Рисунок 5 – Ретроспектива с 2000 по 2022 гг. тестового полигона «Буруны № 1». М 1:35000
Figure 5 – Retrospective from 2000 to 2022. test site «Buruny No. 1». М 1:35000

В рассматриваемый временной период на тестовом полигоне «Буруны № 1» земли с сильной степенью опустынивания доминируют, занимая около 70% территории всего ключевого участка. Площади с фоновой степенью сокращаются, со слабой – наблюдается тенденция к увеличению площади, умеренное, напротив, сокращается. Учитывая полное отсутствие хозяйственной деятельности на этом и других аналогичных участках, можно сделать выводы о существовании экосистемы в равновесном состоянии, хотя триггером возникновения таких очагов дефляции послужили антропогенные факторы (неконтролируемый выпас и распашка). Сходные процессы отмечены и на других полигонах с дефляционными процессами на песках: «Буруны № 2», «Буруны № 3», «Шолоховский № 1», «Песчаный массив № 3».

Таблица 1 – Площади земель по степени опустынивания тестового полигона «Буруны № 1», га
Table 1 – Land area according to the degree of desertification of the «Buruny No. 1» test site, in hectares

Год / Year	Фоновое / Background	Слабое / Weak	Среднее (умеренное) / Medium (moderate)	Сильное / Strong	Всего / Altogether
2000	2,01	54,09	171,18	648,36	875,64
2005	2,16	60,39	176,4	636,69	875,64
2010	2,61	74,97	194,85	603,21	875,64
2015	2,35	85,64	152,48	635,17	875,64
2020	1,26	81,43	144,42	648,52	875,64
2022	1,16	83,44	145,37	654,68	875,64

Тестовый полигон «Овражная эрозия № 2» расположен в Шолоховском районе РО, севернее Казанско-Вёшенского песчаного массива. Площадь тестового полигона составляет 187,22 га. С 2000 по 2022 гг. здесь отмечено зарастание овражно-балочной сети, а также процесс восстановления на его южной части, который к 2022 г. практически полностью восстановился.

Тестовый полигон «Заветинский № 1» расположен в Заветинском районе РО, около х. Заветинский. Общая площадь составляет 858,36 га. На данном тестовом полигоне на протяжении всего периода с 2000 по 2022 гг. наблюдаются активные процессы трансформации компонентов ландшафта. Этому способствует уклон местности к р. Джурак-Сал, постоянные процессы дефляции и смыва плодородного слоя почвы на фоне активной антропогенной деятельности (перевыпас).

Тестовый полигон «Ремонтненский № 1» расположен в Ремонтненском районе, недалеко от с. Кормовое. Общая площадь составляет 1256,74 га. Основную площадь полигона занимает солончак, на котором при весеннем снеготаянии или обильных осадках образуются два непостоянных небольших озера. В результате анализа полученных космофотограмм выделен только один период с относительно стабильной обстановкой – с 2015 по 2020 гг. В остальном временном промежутке отмечены значительные переходы площадей элементов ландшафта из класса в класс.

Заключение. В результате анализа полученных оригинальных и литературных данных принята Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием Ростовской области. Очевидно, что решение такой глобальной и комплексной проблемы, как опустынивание, должно вестись сразу по нескольким направлениям и включать ряд основных и подчиненных задач. Необходимо активно проводить оптимизацию природопользования (включая управление природно-ресурсным потенциалом, природоохранные технологии, экологический контроль); внедрять адаптивно-ландшафтное землепользование (с направлениями оптимизации соотношения угодий, разработка и освоение ландшафтных систем земледелия, совершенствование кормопроизводства и оптимизация использования естественных пастбищ, оптимизация животноводства, фитомелиорация земель, защита почв от эрозии и дефляции, мелиорация засоленных земель, орошение); использование водных ресурсов; охрану биоразнообразия. Критично важно вести постоянный мониторинг опустынивания. Анализ данных мониторинга позволит осуществлять математическое моделирование и давать прогноз опустынивания почвенно-растительных систем. Нужно не упускать из поля зрения и социально-экономические механизмы борьбы с опустыниванием.

Conclusions. As a result of the analysis of the obtained original and literary data, the National Action Program to Combat Desertification in the Rostov Region is presented. It is obvious that the solution to such a global and complex problem as desertification must be carried out in several directions at once and include a number of main and subordinate tasks. It is necessary to actively optimize environmental management (including management of natural resource potential, environmental technologies, environmental control); introduce adaptive landscape land use (with the directions of optimizing the ratio of land, developing and developing landscape farming systems, improving fodder production and optimizing the use of natural pastures, optimizing livestock breeding, phytomelioration of land, protecting soils from erosion and deflation, reclamation of saline lands, irrigation); use of water resources; protection of biodiversity. Continuous monitoring of desertification is critical. Analysis of monitoring data will allow for mathematical modeling and forecasting of desertification of soil and plant systems. We must not lose sight of the socio-economic mechanisms to combat desertification.

Библиографический список

1. Безуглова О. С., Назаренко О. Г., Ильинская И. Н. Динамика деградации земель в Ростовской области. Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 10-15.
2. Igomu E., Igomu B., Osujie D. Soils and Its Degradation Status in Ochobo, Ohimini Area of Benue State, North Central Nigeria. Direct Research. Journal of Agriculture and Food Science. 2023. N 11 (6). Pp. 153-161.
3. Kartini N., Saifulloh M., Trigunasih N., et al. Assessment of Soil Degradation Based on Soil Properties and Spatial Analysis in Dryland Farming. Journal of Ecological Engineering. 2023. V. 24. Pp. 368-375.
4. Yusen D., Hsing-Chung C., Jiangtao L. Measuring Sand Dune Dynamics in the Badain Jaran Desert, China, Using Multitemporal Landsat Imagery. Remote Sens. 2022. V. 14. 6343. Pp. 1-14.
5. Bing G., Rui Z., Miao L., et al. A New Large-Scale Monitoring Index of Desertification Based on Kernel Normalized Difference Vegetation Index and Feature Space Model. Remote Sens. 2024. V. 16. 1771. Pp. 1-24.
6. Changqing L., Xueyuan L., Yajuan X., et al. Development and applications of an integrated space-air-ground observation network in natural resource monitoring and supervision. E3S Web of Conferences, 2024. V. 520. 04018. 1-7.
7. Арчаков Д. И., Турчин Т. Я. Анализ методов картографирования растительного покрова Казанско-Вешенского песчаного массива. Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2023. N 3. С. 90-99.
8. Бекмурзаева Л. Р., Заурбеков Ш. Ш., Братков В. В. Изменчивость агроклиматических условий Чеченской Республики в условиях меняющегося климата. Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2020. № 3. С. 81-87.
9. Губарев Д. И., Левицкая Н. Г., Деревягин С. С. Влияние изменений климата на деградацию почв в аридных зонах Поволжья. Аридные экосистемы. 2022. Т. 28. № 1 (90). С. 20-27.
10. Силова В. А. Мониторинг состояния земель в переходной природно-географической зоне Волгоградского Заволжья. Исследование Земли из космоса. 2023. № 2. С. 54-60.
11. Шумова Н. А. Количественные показатели климата в приложении к оценке гидротермических условий в Республике Калмыкия. Аридные экосистемы. 2021. № 4 (89). С. 13-24.

References

1. Bezuglova O. S., Nazarenko O. G., Ilyinskaya I. N. Dynamics of land degradation in the Rostov region. Arid ecosystems. 2020. V. 26. № 2 (83). Pp. 10-15.
2. Igomu E., Igomu B., Osujie D. Soils and Its Degradation Status in Ochobo, Ohimini Area of Benue State, North Central Nigeria. Direct Research. Journal of Agriculture and Food Science. 2023. N 11 (6). Pp. 153-161.
3. Kartini N., Saifulloh M., Trigunasih N., et al. Assessment of Soil Degradation Based on Soil Properties and Spatial Analysis in Dryland Farming. Journal of Ecological Engineering. 2023. V. 24. Pp. 368-375.
4. Yusen D., Hsing-Chung C., Jiangtao L. Measuring Sand Dune Dynamics in the Badain Jaran Desert, China, Using Multitemporal Landsat Imagery. Remote Sens. 2022. V. 14. 6343. Pp. 1-14.
5. Bing G., Rui Z., Miao L., et al. A New Large-Scale Monitoring Index of Desertification Based on Kernel Normalized Difference Vegetation Index and Feature Space Model. Remote Sens. 2024. V. 16. 1771. Pp. 1-24.
6. Changqing L., Xueyuan L., Yajuan X., et al. Development and applications of an integrated space-air-ground observation network in natural resource monitoring and supervision. E3S Web of Conferences, 2024. V. 520. 04018. 1-7.
7. Archakov D. I., Turchin T. Y. Analysis of Methods for Mapping the Vegetation Cover of the Kazansko-Veshensky Sand Massif. Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology. 2023. N 3. Pp. 90-99.
8. Bekmurzaeva L. R., Zaurbekov Sh. Sh., Bratkov V. V. Variability of agroclimatic conditions of the Chechen Republic under the conditions of a changing climate. Proceedings of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences. 2020. № 3. Pp. 81-87.
9. Gubarev D. I., Levitskaya N. G., Derevyagin S. S. Influence of climate change on soil degradation in the arid zones of the Volga region. Arid ecosystems. 2022. V. 28. № 1 (90). Pp. 20-27.
10. Silova V. A. Monitoring of the state of lands in the transitional natural and geographical zone of the Volgograd Trans-Volga region. Exploration of the Earth from space. 2023. № 2. Pp. 54-60.
11. Shumova N. A. Quantitative Indicators of Climate in the Appendix to the Assessment of Hydrothermal Conditions in the Republic of Kalmykia. Arid ecosystems. 2021. № 4 (89). Pp. 13-24.

Информация об авторах

Турчин Тарас Ярославович, доктор сельскохозяйственных наук, директор Филиала Федерального бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» «Южно-европейская научно-исследовательская лесная опытная станция» (Российская Федерация, 346270, Ростовская область, Шолоховский район, ст. Вешенская), ORCID: 0000-0002-8789-9957, e-mail: donnilos@mail.ru

Ребриев Юрий Александрович, кандидат биологических наук, руководитель группы лесных питомников Филиала Федерального бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» «Южно-европейская научно-исследовательская лесная опытная станция» (Российская Федерация, 346270, Ростовская область, Шолоховский район, ст. Вешенская), ORCID: 0000-0001-5156-8593, e-mail: donnilos@mail.ru

Пронина Евгения Николаевна, инженер Филиала Федерального бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» «Южно-европейская научно-исследовательская лесная опытная станция» (Российская Федерация, 346270, Ростовская область, Шолоховский район, ст. Вешенская), ORCID: 0009-0000-5617-8965, e-mail: donnilos@mail.ru

Арчаков Денис Игоревич, младший научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: 0000-0002-7566-443X, e-mail: archakov-di@vfanc.ru

Author's Information

Turchin Taras Yaroslavovich, Doctor of Agricultural Sciences Director of the Branch of the Federal Budgetary Institution «All-Russian Research Institute of Forestry and Forestry Mechanization» «Southern European Research Forestry Experimental Station» (Russian Federation, 346270, Rostov region, Sholokhovsky district, Veshenskaya cossack village), ORCID: 0000-0002-8789-9957, e-mail: don-tilos@mail.ru

Rebriev Yuri Aleksandrovich, Candidate of Biological Sciences, head of the forest nursery group of the Federal Budgetary Institution «All-Russian Research Institute of Forestry and Forestry Mechanization» «Southern European Research Forestry Experimental Station» (Russian Federation, 346270, Rostov region, Sholokhov-sky district, Veshenskaya cossack village), ORCID: 0000-0001-5156-8593, e-mail: don-tilos@mail.ru

Pronina Evgenia Nikolaevna, engineer of the Federal Budgetary Institution «All-Russian Research Institute of Forestry and Forestry Mechanization» «Southern European Research Forestry Experimental Station» (Russian Federation, 346270, Rostov region, Sholokhov-sky district, Veshenskaya cossack village), ORCID: 0009-0000-5617-8965, e-mail: don-tilos@mail.ru

Archakov Denis Igorevich, junior researcher at the laboratory of hydrology of agroforestry landscapes of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskii Ave., 97), ORCID: 0000-0002-7566-443X, e-mail: archakov-di@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-08

THE ROLE OF JOINT CROPPING OF CORN AND SORGHUM IN THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF IRRIGATED FORAGE PRODUCTION IN THE ARID ZONE^{1,2}Aitpayeva A. A., ¹Tyutyuma N. V., ³Kadraliev D. S., ¹Bulakhtina G. K.¹"Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" Solenoye Zaymische, Chernoyarsky District, Astrakhan Region, Russian Federation²"Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering³Astrakhan State University named after V. N. Tatishchev" Astrakhan, Russian Federation

Corresponding author E-mail: arman.bisaliyev2012@yandex.ru

Received 27.04.2024

Submitted 25.06.2024

Abstract

The relevance of the research is determined by the need to develop irrigated fodder production in the arid zone based on the selection of high-yielding and salt-tolerant crops. **Object.** The object of the study is joint crops of corn and sorghum, cultivated under irrigation in an arid zone. **Materials and methods.** The study used methods of systemic and complex analysis. The experimental design for studying joint crops of corn and sweet sorghum, depending on the proportion of components, included the following options: sowing corn and sweet sorghum in alternating rows (control), sowing corn and sorghum in one row (30/70), sowing corn and sorghum in one row (40/60), sowing corn and sorghum in one row (70/30), sowing corn and sorghum in one row (60/40). **The experimental scheme** for studying joint crops of corn and sweet sorghum, depending on the proportion of components (2020-2022), included: sowing corn and sweet sorghum in alternating rows (control), sowing corn and sorghum in one row (30/70), sowing corn and sorghum in one row (40/60), sowing of corn and sorghum in one row (70/30), sowing of corn and sorghum in one row (60/40). **The results of the research** showed that the height of corn plants in the studied variants varied from 2.21 to 2.55 m, sorghum – 2.70-2.79 m. There were no particular differences in height depending on the proportion of corn and sorghum components. The yield of green and dry mass of corn and sorghum in their joint crops was significantly higher compared to the control variant. On average, for 2020-2022, the experimental variants in green mass yield exceeded the control by 7-12 t/ha, and in dry mass yield by 0.7-1.7 t/ha. In terms of the total output of metabolic energy, all the studied variants exceeded the control by 9360-19160

MJ/ha, in terms of the content of digestible protein by 0.05-0.15 t/ha. For the collection of fodder units, with a decrease in the seeding rate of sorghum, this indicator decreased from 4.6 t/ha to 3.2 t/ha, and for corn – from 0.9 to 0.2 t/ha.

Keywords: joint crops, corn, sorghum, arid zone, fodder production

Citation. Aitpayeva A. A., Tyutyuma N. V., Kadraliev D. S., Bulakhtina G. K. The role of joint cropping of corn and sorghum in the sustainable development of irrigated forage production in the arid zone. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 80-88 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-08.

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

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

Thanks. We express our gratitude to the Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences Kruzhilin Ivan Panteleevich for valuable comments in the framework of the research and preparation of the article.

УДК 636.086.416(083)

РОЛЬ СОВМЕСТНЫХ ПОСЕВОВ КУКУРУЗЫ И СОРГО В УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ ОРОШАЕМОГО КОРМОПРОИЗВОДСТВА В АРИДНОЙ ЗОНЕ

^{1,2} **Айтпаева А. А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹ **Тютюма Н. В.**, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН

³ **Кадралиев Д. С.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹ **Булахтина Г. К.**, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»

² ГБОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет

³ ГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева»
г. Астрахань, Российская Федерация

Актуальность исследований определяется необходимостью развития орошаемого кормопроизводства в аридной зоне на основе подбора высокоурожайных и солевыносливых культур. **Объект.** Объектом исследования являются совместные посевы кукурузы и сорго, возделываемые на орошении в аридной зоне. **Материалы и методы.** В исследовании использовались методы системного и комплексного анализа. Схема опыта по изучению совместных посевов кукурузы и сахарного сорго в зависимости от доли компонентов предусматривала следующие варианты: посев кукурузы и сахарного сорго чередующимися рядами (контроль), посев кукурузы и сорго в один ряд (30/70), посев кукурузы и сорго в один ряд (40/60), посев кукурузы и сорго в один ряд (70/30), посев кукурузы и сорго в один ряд (60/40). **Результаты исследований** показали, что высота растений кукурузы в изучаемых вариантах варьировала от 2,21 до 2,55 м, сорго 2,70-2,79 м. Особых различий в высоте в зависимости от доли компонентов кукурузы и сорго не наблюдалось. Урожайность зеленой и сухой массы кукурузы и сорго в их совместных посевах оказалась значительно выше, по сравнению с контрольным вариантом. В среднем за 2020-2022 гг варианты опыта по урожайности зеленой массы превосходили контроль на 7-12 т/га, а по урожайности сухой массы на 0,7-1,7 т/га. По содержанию обменной энергии в сухой массе урожая все варианты опыта превышали контроль на 1565-10808 МДж. Наилучшие результаты по этому показателю были зафиксированы на варианте опыта кукуруза + сорго в один ряд (норма высева 40/60). По содержанию кормовых единиц все варианты опыта превосходили контроль на 0,1-1,3 т. Наибольшее содержание кормовых единиц было отмечено на варианте опыта кукуруза и сорго в один ряд (норма высева 30/70). По содержанию переваримого протеина варианты опыта превышали контроль на 0,011-0,15 т. Наилучшие значения по этому показателю показал вариант опыта кукуруза и сорго в один ряд (норма высева 30/70).

Ключевые слова: совместные посевы, кукуруза, сорго, аридная зона, кормопроизводство.

Цитирование. Айтпаева А. А., Тютюма Н. В., Кадралиев Д. С., Булахтина Г. К. Роль совместных посевов кукурузы и сорго в устойчивом развитии орошаемого кормопроизводства в аридной зоне. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 80-88. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-08.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Выражаем благодарность доктору сельскохозяйственных наук, профессору, академику РАН Кружилину Ивану Пантелеевичу за ценные замечания в рамках проведения исследований и подготовки статьи.

Введение. В современных условиях в аридной зоне проблема с производством кормов нуждается в серьезном изучении и разработке мероприятий, направленных на стабилизацию ситуации [1, 2, 3]. В регионе корма получают в основном с естественных сенокосов и пастбищ. Полевое кормопроизводство на орошаемых землях развито слабо [4, 5].

Вместе с тем целый ряд кормовых культур требует более пристального изучения и определения их роли в устойчивом развитии отрасли кормопроизводства. Примерами таких культур являются сорго, кукуруза и их совместные посевы.

Для создания совместных посевов используются культуры, возделываемые обычно в чистых посевах. В связи с этим изучение биотических отношений, складывающихся в чистых и совместных посевах сельскохозяйственных культур, является весьма актуальным [6].

В этом отношении перспективным представляется сочетание кукурузы с сорго, которое способно формировать мощную вегетативную массу. Сходство фитоморфологических свойств обуславливает легкую совместимость этих культур при возделывании и использовании. Очень важно и то, что смешанные посевы кукурузы и сорго более полно и продуктивно используют влагу и питательные вещества почвы, что определяет хорошую урожайность и питательность зеленой массы [7].

По данным М. С. Норова, У. Миралиева [8] одно из основных преимуществ смешанных посевов кормовых культур заключается в увеличении суммарной листовой поверхности и улучшении ее свойств за счет оптимального расположения в пространстве. При этом возникает возможность повышения коэффициента солнечной радиации и более полного ее задействования при фотосинтезе, тогда как при выращивании культур в обычных посевах огромное количество данного энергоресурса теряется безвозвратно.

По мнению Землянова, Смиловенко [9] посев кукурузы и сорго не следует осуществлять чередующимися рядами, поскольку высота растений сорго, в этом случае оказывается значительно выше, и при комбайновой уборке создаются дополнительные трудности, приводящие к большим потерям.

По данным А. П. Вохинова, кукуруза в чистых и совместных посевах до выметывания метелок растет значительно быстрее, чем сорго. В дальнейшем сорго дает суточный прирост растений в два раза больше, чем кукуруза, благодаря чему оба компонента к моменту уборки достигают примерно одинаковой высоты. При совместном произрастании сорго с кукурузой поверхность почвы бывает более затемнена, чем при чистых посевах кукурузы, что снижает испарение и оказывает угнетающее действие на сорняки.

Материалы и методы. Цель исследований сводилась к изучению совместных посевов кукурузы и сорго, возделываемых на орошении в Астраханской области. **Задачи исследований** предусматривали измерение высоты растений к уборке, оценку уровня урожайности зеленой и сухой массы, определение содержания обменной энергии, кормовых единиц и переваримого протеина в урожае совместных посевов кукурузы с сахарным сорго. Исследования проводились в Камызякском районе Астраханской области в 2020-2022 гг. Опыт был заложен согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [10] и методике полевого опыта Б. А. Доспехова [11]. Исследования предусматривали изучение совместных посевов кукурузы и сахарного сорго в зависимости от доли компонентов (2020-2022 гг.) и предусматривали следующие варианты:

1. Посев кукурузы и сахарного сорго чередующимися рядами (контроль).
2. Посев кукурузы и сорго в один ряд (норма высева 30/70).
3. Посев кукурузы и сорго в один ряд (норма высева 40/60).
4. Посев кукурузы и сорго в один ряд (норма высева 70/30).
5. Посев кукурузы и сорго в один ряд (норма высева 60/40).

Режим орошения на опытных вариантах предусматривал поддержание нижнего порога влажности почвы не ниже 75-80% НВ путем проведения влагозарядкового и вегетационных поливов.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показали, что высота растений кукурузы в изучаемых вариантах варьировала от 2,21 до 2,55 м, сорго 2,70-2,79 м. Особых различий в высоте в зависимости от доли компонентов кукурузы и сорго не наблюдалось (рисунок 1).

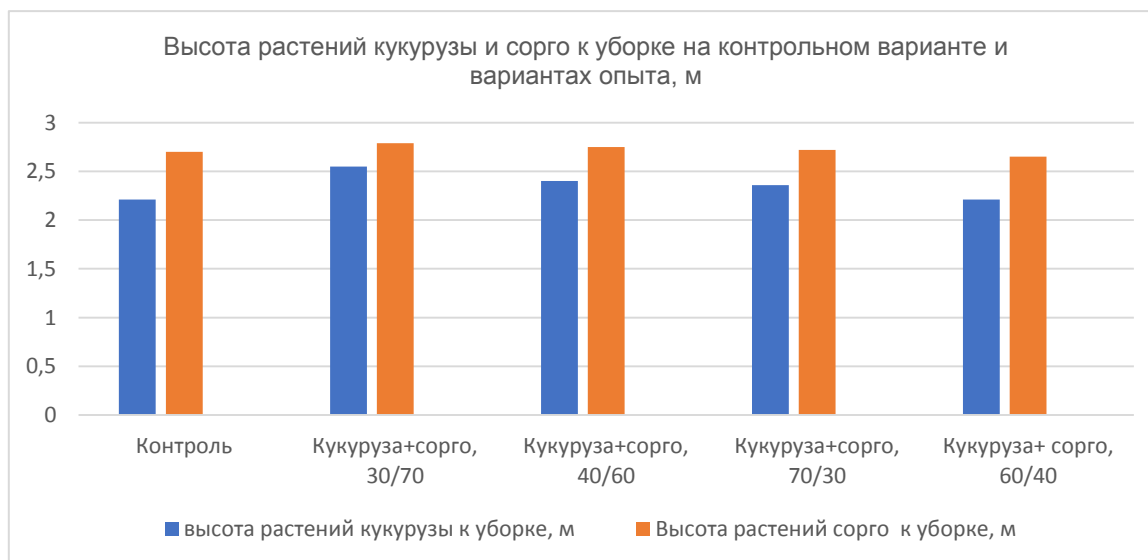


Рисунок 1 – Высота растений кукурузы и сахарного сорго по вариантам опыта
Figure 1 – Height of corn and sweet sorghum plants according to experimental options

При изучении зерновых культур на корм большое значение имеет урожайность посевов и их кормовая ценность. Одними из наиболее распространенных культур для условий аридной зоны являются кукуруза, сорго, суданка и гибриды последних. Вместе с тем целый ряд исследователей отмечает высокую эффективность совместных посевов кукурузы и сорго, которая определяется ростом урожайности и повышением питательной ценности. Изучение контроля и четырех опытных вариантов совместных посевов кукурузы и сорго показало изменение урожайности по годам исследований в зависимости от схемы посева (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность зеленой массы в совместных посевах кукурузы с сахарным сорго по годам исследований (2020-2022 гг.), т/га

Table 1 – Yield of green mass in joint crops of corn with sweet sorghum by year of research (2020-2022), t/ha

Варианты / Options	Схема посева / Sowing scheme	Среднее / Average	2020 г.	2021 г.	2022 г.
1	Кукуруза + сорго (контроль) / Corn + Sorghum (control)	42	40	42	44
2	Кукуруза + сорго в один ряд 30/70 / Corn + sorghum in one row 30/70	54	54	55	53
3	Кукуруза + сорго в один ряд 40/60 / Corn + sorghum in one row 40/60	50	51	51	48
4	Кукуруза + сорго в один ряд 70/30 / Corn + sorghum in one row 70/30	48	47,5	46,5	50
5	Кукуруза + сорго в один ряд 60/40 / Corn + sorghum in one row 60/40	45	45	44	46
НСР ₀₅			2,41	1,46	1,98

Исследования показали, что наибольшую урожайность совместные посевы кукурузы и сорго во все годы исследований формировали на варианте № 2 опыта, несколько ниже урожайность оказалась на варианте № 3 опыта. Вместе с тем все опытные варианты во все годы исследований по урожайности превышали контроль. Достоверность опыта в годы его проведения (с 2020 по 2022 гг.) подтверждена данными дисперсионного анализа (таблицы 2-4).

Таблица 2 – Результаты дисперсионного анализа 2020 г. 3-х кратная повторность 5 вариантов:
кукуруза + сорго – разные схемы посева

Table 2 – Results of analysis of variance 2020. 3 times replicated 5 options: corn + sorghum – different sowing schemes

Дисперсия / Dispersion	Сумма квадратов / Sum of squares	Степени свободы / Degrees of freedom	Средний квадрат / Middle Square	F (факт.)	F(05)
Общая / Total	351,0293	14	-	-	-
Повторений / Repetitions	1,0613	2	-	-	-
Вариантов / Options	336,9227	4	84,2307	51,654	3,84
Остаток (ошибки) / Balance (errors)	13,0453	8	1,6307	-	-
t 05			2,31		
Ошибка опыта / Experiment Error			0,73726		
Ошибка разности средних / Error of the difference of means			1,04265		
НСР 05 (абс.)			2,40851		
НСР 05 (относ.,%)			5,06274		

Необходимо отметить, что расширение совместных посевов кукурузы и сорго положительно влияет на рост урожаев зеленой массы, снижение затрат на кормление, уменьшение площадей, необходимых для производства кормов, что позволяет более эффективно использовать легкие почвы.

Таблица 3 – Результаты дисперсионного анализа 2021 г. 3-х кратная повторность 5 вариантов:
кукуруза + сорго – разные схемы посева

Table 3 – Results of analysis of variance 2021. 3 times replicated 5 options: corn + sorghum – different sowing schemes

Дисперсия / Dispersion	Сумма квадратов / Sum of squares	Степени свободы / Degrees of freedom	Средний квадрат / Middle Square	F (факт.)	F(05)
Общая / Total	399,0440	14	-	-	-
Повторений / Repetitions	3,2520	2	-	-	-
Вариантов / Options	390,9840	4	97,7460	162,639	3,84
Остаток (ошибки) / Balance (errors)	4,8080	8	0,6010	-	-
t 05			2,31		
Ошибка опыта / Experiment Error			0,44759		
Ошибка разности средних / Error of the difference of means			0,63298		
НСР 05 (абс.)			1,46219		
НСР 05 (относ.,%)			3,07312		

Сорго, являясь засухоустойчивой культурой, способно давать стабильные урожаи зеленой массы в любой по погодным условиям год, что особенно актуально для засушливых условий аридной зоны.

Таблица 4 – Результаты дисперсионного анализа 2022 г. 3-х кратная повторность 5 вариантов:
кукуруза + сорго – разные схемы посева

Table 4 – Results of analysis of variance 2022. 3 times replicated 5 options: corn + sorghum – different sowing schemes

Дисперсия / Dispersion	Сумма квадратов / Sum of squares	Степени свободы / Degrees of freedom	Средний квадрат / Middle Square	F (факт.)	F(05)
Общая / Total	156,4000	14	-	-	-
Повторений / Repetitions	1,2000	2	-	-	-
Вариантов / Options	146,4000	4	36,6000	33,273	3,84
Остаток (ошибки) / Balance (errors)	8,8000	8	1,1000	-	-
t 05			2,31		
Ошибка опыта / Error of the difference of means			0,60553		
Ошибка разности средних / Error of the difference of means			0,85635		
НСР 05 (абс.)			1,97817		
НСР 05 (относ.,%)			4,10408		

Таким образом, эффективность совместных посевов кукурузы и сорго доказана экспериментальными данными, а достоверность опытов подтверждена наименьшей существенной разностью.

Урожайность зеленой и сухой массы кукурузы и сорго в их совместных посевах оказалась значительно выше по сравнению с контрольным вариантом (таблица 5). В среднем за 2020-2022 гг. варианты опыта по урожайности зеленой массы превосходили контроль на 3-12 т/га, а по урожайности сухой массы – на 0,3-1,7 т/га. Следует отметить, что на контрольном варианте при посеве кукурузы и сорго через ряд соотношение зеленой массы к общему урожаю составило 42% и 58% соответственно.

Таблица 5 – Урожайность зеленой и сухой массы в совместных посевах кукурузы с сахарным сорго, среднее за 2020-2022 гг.

Table 5 – Yield of green and dry mass in joint crops of corn with sweet sorghum, average for 2020-2022

Показатели / Indicators	1. Кукуруза + сорго через ряд (контроль) / Corn + sorghum through the row (control)	2. Кукуруза + сорго в один ряд 30/70 / Corn + sorghum in one row 30/70	3. Кукуруза + сорго в один ряд 40/60 / Corn + sorghum in one row 40/60	4. Кукуруза + сорго в один ряд 70/30 / Corn + sorghum in one row 70/30	5. Кукуруза + сорго в один ряд 60/40 / Corn + sorghum in one row 60/40
Урожайность зеленой массы, т/га, в том числе / Green mass yield, t/ha, including	42	54	50	48	45
Кукурузы / Corn	17,6	5,4	8,5	14,4	18,0
в % к общему урожаю / in % of total yield	42	10	17	30	40
Сорго / sorghum	24,4	48,6	41,5	33,6	27,0
в % к общему урожаю / in % of total yield	58	90	83	70	60
Урожайность Сухой массы, т/га, в том числе / Dry matter yield, t/ha, including	5,1	6,8	6,2	5,8	5,4
Кукурузы / Corn	1,5	0,5	0,8	1,4	1,7
в % к общему урожаю / in % of total yield	30	8	13	25	32
Сорго / sorghum	3,6	6,3	5,4	4,4	3,7
в % к общему урожаю / in % of total yield	70	92	87	75	68

По содержанию обменной энергии в сухой массе урожая все варианты опыта превышали контроль на 1565-19160 МДж. Наилучшие результаты по этому показателю были зафиксированы на варианте опыта кукуруза + сорго в один ряд (норма высева 30/70) (таблица 6).

По содержанию кормовых единиц все варианты опыта превосходили контроль на 0,1-1,3 т/га. Наибольшее содержание кормовых единиц было отмечено на варианте № 2 опыта (4,8 т/га). По содержанию переваримого протеина варианты опыта превышали контроль на 0,011-0,15 т. Наилучшие значения по этому показателю показал вариант № 2 опыта (0,575 т/га).

Таблица 6 – Содержание обменной энергии, кормовых единиц и переваримого протеина в урожае совместного посева кукурузы с сахарным сорго (сухое в-во), среднее за 2020-2022 гг.
Table 6 – Content of metabolizable energy, feed units and digestible protein in the harvest of joint crops of corn with sweet sorghum (dry matter), average for 2020-2022

Показатели / Indicators	1. Кукуруза + сорго через ряд (контроль) / Corn + sorghum through the row (control)	2. Кукуруза + сорго в один ряд 30/70 / Corn + sorghum in one row 30/70	3. Кукуруза + сорго в один ряд 40/60 / Corn + sorghum in one row 40/60	4. Кукуруза + сорго в один ряд 70/30 / Corn + sorghum in one row 70/30	5. Кукуруза + сорго в один ряд 60/40 / Corn + sorghum in one row 60/40
Обменная энергия (ОЭ), МДж, в том числе / Exchangeable energy (OE), MJ, including	37440	56600	48248	46800	39005
Кукуруза / Maize	9360	4354	6031	11700	12658
Sorgho / Sorghum	28080	52246	42217	35100	26347
Кормовые единицы, т, в том числе / Fodder units, t, including	3,5	4,8	4,4	4,1	3,6
Кукуруза / Maize	1,1	0,2	0,4	0,9	1,0
Sorgho / Sorghum	2,4	4,6	4,0	3,2	2,6
Переваримый протеин, т, в том числе / Digestible protein, including	0,425	0,575	0,536	0,475	0,436
Кукуруза / Maize	0,142	0,036	0,066	0,119	0,198
Sorgho / Sorghum	0,283	0,539	0,470	0,356	0,238

Закключение. Проведенные исследования показали, что совместные посевы кукурузы и сорго для условий аридной зоны являются более предпочтительными, по сравнению с разно-рядовыми – контрольным вариантом. Превышение опытных вариантов над контролем отмечено по таким показателям, как урожайность зеленой и сухой массы, содержание обменной энергии в сухой массе урожая, кормовых единиц и переваримого протеина. Преимущество совместных посевов создает дополнительные возможности для устойчивого развития кормопроизводства в засушливых условиях Юга России и создания полноценной кормовой базы сельскохозяйственным животным, в особенности КРС.

Conclusions. Conducted studies have shown that joint crops of corn and sorghum are more preferable for arid zone conditions than single crops. The excess of the experimental options over the control was noted for such indicators as the yield of green and dry mass, the content of metabolic energy in the dry mass of the crop, feed units and digestible protein. The advantage of joint crops creates additional opportunities for the sustainable development of feed production in the arid conditions of the South of Russia and the creation of a complete feed base for farm animals, especially cattle.

Библиографический список

1. Тютюма Н. В., Айтпаева А. А., Беспалова О. Н. Устойчивое развитие кормопроизводства как основа наращивания животноводческой продукции в регионе. АгроЭкоИнфо. 2022. № 4 (52).
2. Timofeeva G. V., Akmaeva R. I., Aitpaeva A. A. Strategic directions of development of dairy cattle breeding in the region in the conditions of modern challenges. Competitive, sustainable and safe development of the regional economy: response to global challenges: International scientific conference. Volgograd, 2019. V. 39. <https://www.atlantispress.com/proceedings/cssdre-19/125909685>.
3. Timofeeva G. V., Akmaeva R. I., Aitpaeva A. A. Benchmarking Study on the Level of Food Security of Southern Russia Regions on the Basis of Innovative Approaches. Competitive, sustainable and safe development of the regional economy: a response to global challenges: International scientific conference. Volgograd, 2018. V. 39. <https://www.atlantispress.com/proceedings/cssdre-18/25896334>.
4. Плескачев Ю. Н., Костин М. В. Деградация земель в Нижнем Поволжье. Полевые исследования. 2020. № 7. С. 124-133.

5. Беляков А. М., Назарова М. В. Структура посева как фактор экологической сбалансированности агроландшафтов засушливой зоны юга России. Научно-агрономический журнал. 2020. № 3 (110). С. 31-37.
6. Белюченко И. С. Экологические основы функционирования смешанных посевов вагроландшафтах Кубани. Научный журнал КубГАУ. 2014. № 101 (07). С. 522-551.
7. Абеуов С. К. Поливидовые посевы, особенности единства и противоречий. Потенциал современной науки. 2014. № 6. С. 10-13.
8. Норов М. С., Миралиев У. Смешанный посев кукурузы и сорго. Растениеводство. 2017. № 3. <https://agbz.ru>
9. Землянов В. А. Роль сахарного сорго в стабилизации кормопроизводства на Дону. Кормопроизводство. 2011. № 1. С. 32-33.
10. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М., 1987. 197 с.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.

References

1. Tyutyuma N. V., Aitpaeva A. A., Bepalova O. N. Sustainable Development of Fodder Production as a Basis for Increasing Livestock Production in the Region. AgroEcoInfo. 2022. № 4 (52).
2. Timofeeva G. V., Akmaeva R. I., Aitpaeva A. A. Strategic directions of development of dairy cattle breeding in the region in the conditions of modern challenges. Competitive, sustainable and safe development of the regional economy: response to global challenges: International scientific conference. Volgograd, 2019. V. 39. <https://www.atlantis-pess.com/proceedings/cssdre-19/125909685>.
3. Timofeeva G. V., Akmaeva R. I., Aitpaeva A. A. Benchmarking Study on the Level of Food Security of Southern Russia Regions on the Basis of Innovative Approaches. Competitive, sustainable and safe development of the regional economy: a response to global challenges: International scientific conference. Volgograd, 2018. V. 39. <https://www.atlantis-pess.com/proceedings/cssdre-18/25896334>.
4. Pleskachev Y. N., Kostin M. V. Land Degradation in the Lower Volga Region. Field research. 2020. № 7. Pp. 124-133.
5. Belyakov A. M., Nazarova M. V. Sowing Structure as a Factor of Ecological Balance of Agrolandscapes in the Arid Zone of the South of Russia. Scientific and Agronomic Journal. 2020. № 3 (110). Pp. 31-37.
6. Timofeeva G. V., Akmaeva R. I., Aitpaeva A. A. Benchmarking Study on the Level of Food Security of Southern Russia Regions on the Basis of Innovative Approaches. Competitive, sustainable and safe development of the regional economy: a response to global challenges: International scientific conference. Volgograd, 2018. V. 39. <https://www.atlantis-pess.com/proceedings/cssdre-18/25896334>.
7. Abeuov S. K. Polyspecies Crops, Features of Unity and Contradictions. The potential of modern science. 2014. № 6. Pp. 10-13.
8. Norov M. S., Miraliev U. Mixed sowing of corn and sorghum. Crop. 2017. № 3. <https://agbz.ru>
9. Zemlyanov V. A. Role of sugar sorghum in the stabilization of fodder production on the Don. Fodder production. 2011. № 1. Pp. 32-33.
10. Methodical instructions for conducting field experiments with fodder crops. Moscow, 1987. 197 p.
11. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methods of field experience]. Moscow, Kolos Publ., 1985. 351 p.

Информация об авторах

Айтпаева Айгуль Алдунгаровна, кандидат сельскохозяйственных наук., доцент кафедры «Экономика и управление народным хозяйством», доцент кафедры «Экспертиза, эксплуатация и управление недвижимостью», начальник управления научно-исследовательской работы и международных связей Астраханского государственного архитектурно-строительного университета (Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 18.); научный сотрудник ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное займище, квартал Северный, д. 8). ORCID 0000-0003-3898-5813, e-mail: arman.bisaliev2012@yandex.ru

Тютюма Наталья Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, директор ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное займище, квартал Северный, д. 8). ORCID ID № 0000-0001-6582-2628, e-mail: pniiiaz@mail.ru

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

Булахтина Галина Константиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом рационального природопользования, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук», (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, д. 8). ORCID 0000-0001-8949-8666, e-mail: gbulaht@mail.ru

Author's Information

Aitpayeva Aigul Aldungarovna, Candidate of Agricultural Sciences., Associate Professor in the specialty "Economics and Management of the National Economy", Associate Professor of the Department of "Expertise, Operation and Management of Real Estate", Head of the Department of Research Work and International Relations of the Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishcheva str., 18); Researcher at the Federal State Budgetary Institution "PAFSC RAS" (Russian Federation, 416251, Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solenoye Zaymische Village, Severny Quarter, 8), ORCID 0000-0003-3898-5813, e-mail: arman.bisaliev2012@yandex.ru

Tyutyuma Natalya Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal State Budgetary Institution Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solenoye Zaymische Village, Severny Quarter, 8). ORCID ID № 0000-0001-6582-2628, e-mail: pniiiaz@mail.ru

Kadraliev Damir Smagilovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Engineering and Agribusiness of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Astrakhan State University" (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishcheva str., 20a), ORCID: №0000-0002-0332-3935, e-mail: kadraliev.damir@yandex.ru.

Bulakhtina Galina Konstantinovna, Candidate of Agricultural Sciences, Department of Environmental Management, Head of Department, Federal State Budgetary Scientific Institution "Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", (Russian Federation, 416251, Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solenoye Zaymische Village, Severny Quarter, 8) ORCID 0000-0001-8949-8666, e-mail: gbulaht@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-09

GROWING SEEDLINGS OF LEAFLESS JUZGUN ON LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE NORTHERN CASPIAN REGION

Bulakhtina G. K., Podoprigrorov Yu. N.

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

Corresponding author E-mail: gbulaht@mail.ru

Received 12.12.2023

Submitted 03.07.2024

Summary

The article presents the results of the development of environmental and resource-saving elements of the technology for growing leafless juzgun planting material on light chestnut soils of the Astrakhan region for use in phytomelioration of arid degraded pasture ecosystems, including: the optimal seeding rate and maintained soil moisture (% of NV), as well as assessment of biometric indicators of the obtained seedlings.

Abstract

Introduction. In the Northern and North-Western Caspian region there is an excessive livestock load – 1.4-5.2 conventional units. head of sheep per 1 hectare, with the optimal – 0.35-0.86, (4-6 times increase) led to the movement of sand on 60% of the territory of sandy pastures, and in 2020, during the period of spring dust storms and summer drought, a catastrophic decline in livestock numbers by one million heads. Thus, a transition to environmentally friendly (NbS) technologies for using the planet's resources is necessary. Scientists from the Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences have proven the essential role of forest reclamation. The use of forest plantations is necessary not only to protect soils, but also to restore degraded agricultural landscapes. The creation of protective forest plantations in the form of shrub curtains from leafless juzgun on sandy pastures was the high result of many years of work by land reclamation scientists. The article presents the results of research conducted in the Astrakhan region on the basis of the Federal State Budgetary Institution "PAFNC RAS". The purpose of the experiments is to develop the most environmentally friendly and resource-saving method of growing leafless juzgun planting material on light chestnut soils for use in phytomelioration of arid degraded pasture ecosystems and the creation of protective forest plantations (PFP) in the arid zone of the Northern Caspian Sea. The objectives of the research included: determining the optimal seeding rate and soil moisture (% of NV) for growing leafless juzgun planting material; evaluate the biometric indicators of seedlings according to the experimental options. **Materials and methods.** The task was solved by setting it in 2021-2023. field experience according to the methodology of B. A. Dospehova (2011). To determine the compliance of planting material with the standard, Technical Specifications OST 56-98-93 were used. **The object of the study** is seedlings of leafless juzgun. **The subject** of the study was the elements of the technology for growing planting material of leafless juzgun: seeding rate and soil moisture. **Conclusions.** Based on the results of studies on light chestnut soils of the Astrakhan region, the main elements of the technology for growing leafless juzgun planting material were determined, namely: seeding rate – 250 kg/ha, soil moisture during the sowing-emergence growing season – 60-70% of NV; maintained soil moisture during the growing season is 20-25% of NV.

Keywords: leafless dzhuzgun, planting material, seeding rates, desertification processes, protective forest plantations.

Citation. Bulakhtina G. K., Podoprigrorov Yu. N. Growing seedlings of leafless juzgun on light chestnut soils of the Northern Caspian region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 88-95 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-09.

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

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

УДК 631.547.15

ВЫРАЩИВАНИЕ САЖЕНЦЕВ ДЖУЗГУНА БЕЗЛИСТНОГО НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ**Булахтина Г. К., кандидат сельскохозяйственных наук
Подопригоров Ю. Н., младший научный сотрудник***ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»
Соленое Займище, Астраханская область, Российская Федерация*

Актуальность. В Северном и Северо-Западном Прикаспии неумеренная животноводческая нагрузка – 1,4-5,2 усл. гол. овец на 1 га, при оптимальной – 0,35-0,86, (увеличение в 4-6 раз) привела к движению песков на 60% территории песчаных пастбищ, а в 2020 году в период весенних пыльных бурь и летней засухи произошло катастрофическое снижение поголовья скота на один миллион голов. Таким образом, необходим переход к природоохранным (NbS) технологиям использования ресурсов планеты. Учеными ФНЦ агроэкологии РАН доказана существенная роль лесомелиорации. Использование лесных насаждений необходимо не только для охраны почв, но и для восстановления деградированных агроландшафтов. Создание защитных лесных насаждений в виде кустарниковых кулис из джужгуна безлистного на песчаных пастбищах явилось высоким результатом многолетнего труда ученых-мелиораторов. В статье представлены результаты исследований, проведенных в Астраханской области на базе ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». Цель проводимых опытов – разработать наиболее экологические и ресурсосберегающие элементы технологии выращивания посадочного материала джужгуна безлистного на светло-каштановых почвах для использования в фитомелиорации аридных деградированных пастбищных экосистем и создания защитных лесных насаждений (ЗЛН) в аридной зоне Северного Прикаспия. В задачи исследований входило: определить оптимальную норму высева и поддерживаемую влагу почвы (% от НВ) при выращивании посадочного материала джужгуна безлистного; провести оценку биометрических показателей саженцев по вариантам опыта. **Материалы и методы.** Поставленная задача решалась путем постановки в 2021-2023 гг. полевого опыта по методике Б. А. Доспехова (2011). Для определения соответствия посадочного материала стандарту использовали Технические условия ОСТ 56-98-93. **Объект исследования** – саженцы джужгуна безлистного. **Предметом** изучения являлись элементы технологии выращивания посадочного материала джужгуна безлистного: норма высева и влага почвы. **Выводы.** По результатам проведенных исследований на светло-каштановых почвах Астраханской области были определены основные элементы технологии выращивания посадочного материала джужгуна безлистного, а именно: норма высева – 250 кг/га, влага почвы в вегетационный период посев-всходы – 60-70% от НВ; поддерживаемая влага почвы в период вегетации – 20-25% от НВ.

Ключевые слова: джужгун безлистный, посадочный материал, нормы высева, процессы опустынивания, защитные лесные насаждения.

Цитирование. Булахтина Г. К., Подопригоров Ю. Н. Выращивание саженцев джужгуна безлистного на светло-каштановых почвах Северного Прикаспия. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 88-95. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-09.

Авторский вклад. 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. Процессы опустынивания в РФ является основной проблемой на землях площадью свыше 100 млн га. Только в Республики Калмыкия и Астраханской области таких земель более 6 млн га. В этих регионах, для которых характерен засушливый климат, крайне высокие дневные температуры в период вегетации растений, засоленные и обедненные почвы, проблема полноценного кормления животных встает особенно остро.

Исследования ученых показывают, что «...в процесс аридной деградации просматривается две стадии» (Аличаев М. М. и др., 2022). Первая – это естественные процессы устойчивого почвообразования, связанные с изменением климата и функционированием живых организмов Земли, вторая стадия обусловлена антропогенным воздействием, которое создает неустойчивый почвенный покров [1].

Особенную угрозу масштабных деградационных процессов, приводящих к опустыниванию, создает эффект синергизма антропогенного воздействия с природными факторами [9, 11].

Так, в Северном и Северо-Западном Прикаспии неумеренная животноводческая нагрузка – 1,4-5,2 усл. гол. овец на 1 га, при оптимальной – 0,35-0,86 (увеличение в 4-6 раз) привели к движению песков на 60% территории песчаных пастбищ, а в 2020 году в период весенних пыльных бурь и летней засухи произошло катастрофическое снижение поголовья скота на один миллион голов [7, 12].

Таким образом, необходим переход к природоохранным (NbS) технологиям использования ресурсов планеты [4].

Учеными доказана существенная роль лесомелиорации. Использование лесных насаждений необходимо не только для охраны почв, но и для восстановления деградированных агроландшафтов. Эти насаждения играют ветрозащитную роль, задерживают снег и помогают сохранять влагу в верхних горизонтах и на поверхности почвы [2, 5, 6].

Создание защитных лесных насаждений в виде кустарниковых кулис из джужгуна безлистного на песчаных пастбищах явилось высоким результатом многолетнего труда ученых-мелиораторов Петрова В. И., Зюзь Н. С., Подгорнова А. С., Кулик К. Н., Сурхаева Г. А., Сурхаева И. Г., Стародубцева Г. П. и др.

В ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в качестве основного фитомелиоранта был исследован джужгун безлистный (жужгун, кандым) (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Guerke) – род растений семейства Гречишных [3, 8].

Хозяйственное значение этого кустарника очень значительно, в т.ч. как хорошо поедаемого растения, превосходного закрепителя песков и фитомелиоранта. При том что джужгун имеет невысокую питательную ценность (0,731 ЭКЕ), он неприхотлив, хорошо растет на бедных и засоленных почвах, обладает высокой засухоустойчивостью и морозостойкостью.

В Республике Калмыкия в Хартолгинском питомнике с 2019 года на бурых солонцеватых почвах начали выращивать посадочный материал джужгуна в условиях капельного орошения, который АУ РК «Калмлес» использует для создания не только лесополос и защитных насаждений на пастбищах, но и в пескоукрепительных работах на значительных территориях [10]. В это же время в ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» Астраханской области также были проведены пробные исследования по выращиванию саженцев джужгуна на светло-каштановых почвах, которые продолжились в последующие годы.

Цель исследований – разработать наиболее экологические и ресурсосберегающие элементы технологии выращивания посадочного материала джужгуна безлистного для использования в фитомелиорации аридных деградированных пастбищных экосистем и создания защитных лесных насаждений (ЗЛН) в аридной зоне Северного Прикаспия. В задачи исследований входило: определить оптимальную норму высева и поддерживаемую влагу почвы (% от НВ) при выращивании саженцев джужгуна безлистного; провести оценку их биометрических показателей по вариантам опыта.

Материалы и методы. Объект исследования – посадочный материал джужгуна безлистного.

Предметом изучения являлись элементы технологии выращивания посадочного материала джужгуна безлистного: норма высева и влага почвы.

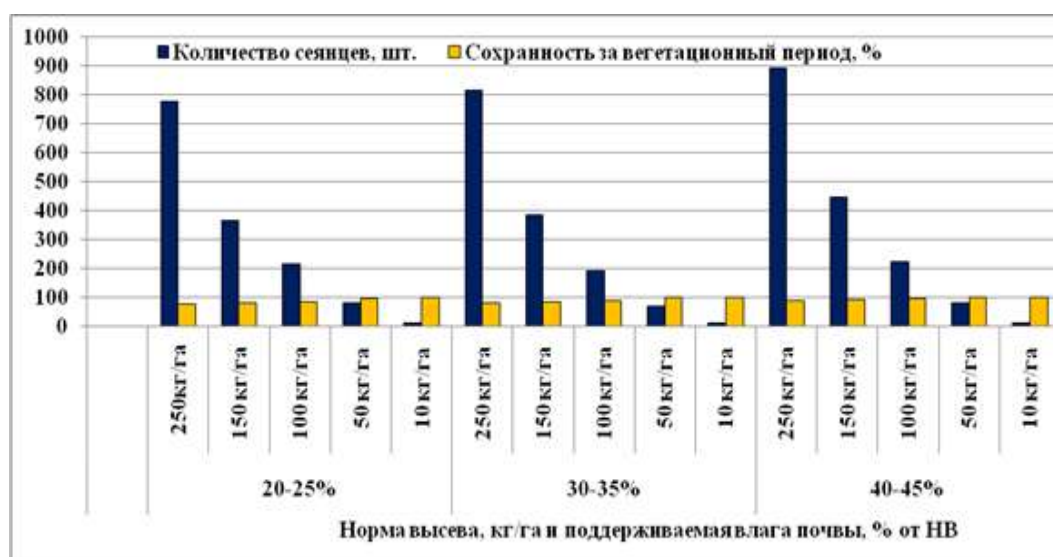
Поставленная задача решалась путем постановки в 2021-2023 гг. полевого опыта по методике Б. А. Доспехова (2011). Определение стандарта посадочного материала проводили по толщине стволика у корневой шейки и высоте сеянца по ОСТ 56-98-93.

Результаты. Для достижения поставленной цели в Прикаспийском аграрном федеральном научном центре был заложен двухфакторный полевой опыт: фактор А – в период посев-полные всходы – 60-70% от НВ; поддерживаемая влага почвы в период вегетации: 20-25; 30-35 и 40-45 % от НВ; фактор В – норма высева семян: 10, 50, 100, 150, 250 кг/га в пересчете на 100% всхожесть. Семенной материал был взят в питомнике интродукции аридных кормовых растений ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», где выращивается дикорастущий вид джужгуна. Масса 1000 семян – 64 гр. Способ посева – ручной, одна деланка имеет размер – 14 м² (5 м X 2,8 м). Опыт имел три повторности.

При выращивании семян на поливе использовался способ капельного орошения. Капельное орошение является наиболее эффективным и экономически выгодным способом, поскольку вода поступает напрямую к корням или в непосредственной близости, при поливе вода не попадает на растения, не обжигает на палящем солнце и не испаряется с поверхности почвы, корневая система имеет хорошую вентилируемость в течение всего роста растения, посадки меньше зарастают сорняками.

Посев проводили 22-24 апреля. Всходы были отмечены 12-16 мая – начало и 19-22 мая – полные. Влажность почвы регулировалась различным количеством поливов и длительностью каждого полива. Каждая поливная лента была оснащена водяным счетчиком, а посадки – стационарными влагомерами.

В связи с тем что джугун является очень засухоустойчивым растением и уже к третьей декаде августа по размерам соответствовал Техническим условиям ОСТ 56-98-93 для саженцев, полив был прекращен на всем участке. Выкопка посадочного материала проводилась 6-9 ноября.



Результаты дисперсионного анализа полученных семян: НСР₀₅ (А) – 5,2; НСР₀₅ (В) – 6,7; НСР₀₅ (АВ) – 5,2

Рисунок 1 – Результаты выращивания посадочного материала джугуна безлистного по вариантам опыта (средние данные)

Figure 1 – Results of growing planting material of juzgun leafless according to the variants of the experiment (average data)

По итогу проведенных исследований выращивания посадочного материала джугуна безлистного по вариантам опыта (рисунок 1) было выявлено:

- на варианте нормы высева 250 кг/га получено семян в среднем на 52, 75, 90 и 99% больше, чем на вариантах 150, 100, 50 и 10 кг/га соответственно;
- сохранность семян на всех вариантах за вегетационный период была высокая и составила 78-100%;
- более высокая сохранность отмечена на варианте с влажностью почвы 40-45% от НВ – 88-100%;
- максимальная сохранность семян 97-100% отмечена на вариантах с меньшей нормой высева 50 и 10 кг/га.

Общий объем воды при выращивании посадочного материала джугуна за весь период вегетации по вариантам опыта в сумме составил: 3608-3667 м³/га (вариант – 20-25% НВ), 3941-4020 м³/га (вариант – 30-35% НВ) и 4326-4424 м³/га (вариант – 40-45% НВ) (таблица 1). В зависимости от количества выпавших осадков, поливная вода в общем объеме по годам составила: на варианте 20-25% от НВ – 52% (2021 г.), 51% (2022 г.), 50% (2023 г.); на варианте 30-35% от НВ – 56% (2021 г.), 55% (2022 г.), 54% (2023 г.); 60% (2021 г.), 59% (2022 г.), 58% (2023 г.).

Таблица 1 – Суммарное водопотребление джугуна безлистного по вариантам опыта, 2021-2023 гг.
Table 1 – Total water consumption of juzgun leafless by experiment options, 2021-2023

Показатели / Indicators	Варианты опыта, влажность почвы – % от НВ / Experiment variants, soil moisture –% of NW								
	20-25			30-35			40-45		
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Осадки за вегета- ционный период, м³/га / Precipitation during the growing season, m³/ha	1418	1388	1523	1418	1388	1523	1418	1388	1523
Поливная вода, м³/га / Irrigation water, m³/ha	1869	1866	1786	2202	2219	2143	2601	2623	2500
Продуктивный запас влаги на начало вегетации, м³/га / Productive moisture reserve at the beginning of the growing season, m³/ha	321	413	303	321	413	303	321	413	303
Продуктивный запас влаги на конец вегетации, м³/га / Productive moisture reserve at the end of the grow- ing season, m³/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Суммарное водо- потребление, м³/га / Total water consumption, m³/ha	3608	3667	3612	3941	4020	3969	4340	4424	4326

Биометрические показатели посадочного материала перед выкопкой по вариантам опыта приведены на графиках 2-3.



HCP₀₅ (A) 0,03
HCP₀₅ (B) 0,04
HCP₀₅ (AB) 0,03

Рисунок 2 – Высота надземной части посадочного материала джугуна безлистного по вариантам опыта
Figure 2 – Height of the above-ground part of the planting material of juzgun leafless according to the variants of the experiment



HCP ₀₅ (A)	0,06
HCP ₀₅ (B)	0,08
HCP ₀₅ (AB)	0,06

Рисунок 3 – Количество побегов 1 и 2 порядка посадочного материала джугуна безлистного по вариантам опыта.

Figure 3 – Number of shoots of the 1st and 2nd order of the planting material of juzgun leafless according to the variants of the experiment.

Изучение биометрических показателей посадочного материала в различных условиях позволило нам сделать следующие выводы:

- более компактный (короткий) посадочный материал был выращен на варианте с большей нормой высева (250 и 150 кг/га) и в более сухой почве (влажность – 20-25% от НВ) (рисунок 2);
- саженцы с меньшей надземной массой (247 г.) и меньшим количеством побегов (1,1 шт.), т.е. наиболее легко переносящие пересадку, были отмечены на варианте с минимальной влажностью почвы (20-25% от НВ) и на варианте нормы высева – 250 кг/га (рисунок 3);
- толщина стволика у всех сеянцев по вариантам опыта составила не менее 3,0 мм, что соответствует Техническим условиям ОСТ 56-98-93. «Отраслевой стандарт. Сеянцы и саженцы основных древесных и кустарниковых пород».

Дисперсионный анализ результатов показал, что фактор А (влажность почвы) и фактор В (норма высева) имеют существенное влияние на биометрические показатели полученных саженцев (рисунки 2, 3).

Результаты исследования и их обсуждение. При выращивании посадочного материала основная задача состоит в том, чтобы получить с единицы площади большее количество сеянцев, которые смогут легко прижиться при посадке в засушливых условиях аридного климата. Все вышеизложенное дает возможность определить, что на светло-каштановых почвах при норме высева – 250 кг/га и поддерживаемой влажности почвы – 20-25% от НВ будет получено на 50-90% больше компактных легких саженцев, чем на других вариантах. При том что сохранность посадочного материала при низких нормах высева достигает 100%, однако и при сохранности 78-88% в пересчете на 1 га есть возможность получить 184762 шт. саженцев при норме высева 250 кг/га, в сравнение с 18809 или 2381 шт., при норме – 50 или 10 кг/га соответственно.

Закключение. Таким образом, по результатам проведенных исследований, были сделаны следующие основные выводы: при выращивании посадочного материала джугуна безлистного в аридных климатических условиях на капельном орошении, в зависимости от количества

выпавших осадков, поливная вода в общем объеме составляет в среднем 52-60%. Оптимальными элементами технологии выращивания посадочного материала джужгуна безлистного на светло-каштановых почвах, являются: норма высева – 250 кг/га, влажность почвы в вегетационный период посев-всходы – 60-70% от НВ; поддерживаемая влажность почвы в период вегетации – 20-25% от НВ.

Conclusions. Thus, according to the results of the research, the following main conclusions were made: when growing planting material of juzgun leafless in arid climatic conditions on drip irrigation, depending on the amount of precipitation, irrigation water in the total volume averages 52-60%. The optimal elements of the technology for growing planting material of leafless juzgun on light chestnut soils are: seeding rate – 250 kg / ha, soil moisture in the growing season sowing and seedling – 60-70% of the NW; maintained soil moisture during the vegetation period – 20-25% of the NW.

Библиографический список

1. Аличаев М. М., Султанова М. Г., Мусалаева П. Д. Дифференциация почвенных процессов по стадиям их развития в регионах засушливого климатического пояса. Аридные экосистемы. 2022. Т. 28. № 4 (93). С. 46-54.
2. Бобушев Т. С., Султаналиев К. Э. Оценка и адаптация подхода НБДЗ к классификации земельных ресурсов в Кыргызской Республике. Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 43-47.
3. Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Подопригоров Ю. Н. Исследование адаптивного потенциала кормовых кустарников для создания зоомелиоративных насаждений в полупустынных пастбищных экосистемах. Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 135-144.
4. Гусев Е. М., Насонова О. Н., Ковалев Е. Э. Изменение влагообеспеченности территории речных бассейнов, расположенных в различных регионах земного шара, в связи с возможными изменениями климата. Аридные экосистемы. 2021. Том 27. № 3 (88). С. 3-15.
5. Дедова Э. Б., Гольдварг Б. А., Цаган-Манджиев Н. Л. Деградация земель Республики Калмыкия: проблемы и пути их восстановления. Аридные экосистемы. 2020. Том 26. № 2 (83). С. 63-71.
6. Золотов Д. В., Черных Д. В. и др. Изменение землепользования в Алтайском крае: проблемы и перспективы достижения Нейтрального Баланса Деградация Земель. Аридные экосистемы. 2020. Том 26. № 2 (83). С. 25-33.
7. Кулик К. Н., Булахтина Г. К., Тютюма Н. А. Изучение факторов влияния мелиоративно-кормовых лесных насаждений на аридные пастбищные экосистемы. Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2021. № 2. С. 28-39.
8. Подопригоров Ю. Н., Хлюпинин А. А. Джужгун безлистный (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Gürke) – эффективный фитомелиорант в засушливых условиях Северного Прикаспия. Известия НВ АУК. 2023. № 2 (70). С. 288-298.
9. Пугачёва А. М. и др. Региональные изменения климата в сухих степях и их связь с засухами. Аридные экосистемы. 2022. Т. 28. № 3 (92). С. 13-21.
10. В Калмыкии впервые начали выращивать джужгун капельным орошением. <https://vesti-kalmykia.ru/news/v-kalmykii-vpervye-nachali-vyrashchivat-dzhuzgun-kapelnyy-orosheniem>
11. Kulik A. K., Kulik K. N., Vlasenko M. V. Water-Regime Formation in Sands of the Archeda-Don Massif with Respect to the Distribution of Plant Formations. Arid Ecosystems. 2021. Vol. 11. No 4. Pp. 358-366.
12. Yuferev V. G., Tkachenko N. A., Sinelnikova K. P. Spectral Characteristics of Desertified Black-Earth Pastures. Arid Ecosystems. 2022. Vol. 12. No 1. Pp. 54-60.

References

1. Alichayev M. M., Sultanova M. G., Musalayaeva P. D. Differentiation of Soil Processes by Stages of Their Development in the Regions of the Arid Climatic Belt. Arid ecosystems. 2022. V. 28. № 4 (93). Pp. 46-54.
2. Bobushev T. S., Sultanaliyev K. E. Assessment and adaptation of the NHD approach to the classification of land resources in the Kyrgyz Republic. Arid ecosystems. 2020. V. 26. № 2 (83). Pp. 43-47.
3. Study of the adaptive potential of fodder shrubs for the creation of zoo-reclamation plantations in semi-desert pasture ecosystems. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. № 1 (61). Pp. 135-144.
4. Gusev E. M., Nasonova O. N., Kovalev E. E. Changes in the Moisture Supply of the Territory of River Basins Located in Different Regions of the Globe in Connection with Possible Climate Changes. Arid ecosystems. 2021. Volume 27. № 3 (88). Pp. 3-15.
5. Dedova E. B., Goldvarg B. A., Tsagan-Mandzhiev N. L. Land Degradation in the Republic of Kalmykia: Problems and Ways of Their Restoration. Arid ecosystems. 2020. Volume 26. № 2 (83). Pp. 63-71.
6. Zolotov D. V., Chernykh D. V., et al. Land Use Change in the Altai Territory: Problems and Prospects for Achieving a Neutral Balance of Land Degradation. Arid ecosystems. 2020. Volume 26. № 2 (83). Pp. 25-33.
7. Kulik K. N., Bulakhtina G. K., Tyutyuma N. A. Study of Factors of Influence of Reclamation and Fodder Forest Plantations on Arid Pasture Ecosystems. Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry. 2021. № 2. Pp. 28-39.
8. Podoprigorov Y. N., Khlyupinin A. A. *Calligonum aphyllum* (Pall.) Gürke is an effective phytomeliorent in the arid conditions of the Northern Caspian Sea. Izvestiya NV AUK. 2023. № 2 (70). Pp. 288-298.
9. Pugacheva A. M. et al. Regional Climate Changes in Dry Steppes and Their Relationship with Droughts. Arid ecosystems. 2022. V. 28. № 3 (92). Pp. 13-21.

10. In Kalmykia, for the first time, they began to grow dzhuzgun by drip irrigation. <https://vesti-kalmykia.ru/news/v-kalmykii-vpervye-nachali-vyrashchivat-dzhuzgun-kaпelnym-oroшeniem>

11. Kulik A. K., Kulik K. N., Vlasenko M. V. Water-Regime Formation in Sands of the Archeda–Don Massif with Respect to the Distribution of Plant Formations. *Arid Ecosystems*. 2021. Vol. 11. No 4. Pp. 358-366.

12. Yuferev V. G., Tkachenko N. A., Sinelnikova K. P. Spectral Characteristics of Desertified Black-Earth Pastures. *Arid Ecosystems*. 2022. Vol. 12. No 1. Pp. 54-60.

Информация об авторах

Булахтина Галина Константиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом рационального природопользования ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, д. 8), ORCID-0000-0001-8949-8666, e-mail: gbulaht@mail.ru

Подопригоров Юрий Николаевич, младший научный сотрудник отдела рационального природопользования, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, д. 8), ORCID-0000-0003-0073-8702; e-mail: podoprigorov.85@mail.ru

Author's Information

Bulakhtina Galina Konstantinovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Environmental Management, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of Solenoye Zaimishche, Severny block, 8), ORCID-0000-0001-8949-8666, e-mail: gbulaht@mail.ru

Podoprigorov Yuri Nikolaevich, junior researcher, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of Solenoye Zaimishche, Severny block, 8), ORCID-0000-0003-0073-8702, e-mail: podoprigorov.85@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-11

REACTION OF GRAPE VARIETIES OF INTERSPECIFIC ORIGIN TO WEATHER CONDITIONS OF LOWER DON REGION

Ganich V. A., Naumova L. G., Fatakhedinova M. V.

*«All-Russian Research Ya. I. Potapenko Institute for Viticulture and Winemaking» – branch of the
Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agricultural Research Center»
Novocherkassk, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: LGnaumova@yandex.ru

Received 23.04.2024

Submitted 20.06.2024

**The research was carried out within the framework of the research topic No. FNFZ-2024-0008
«Preservation and replenishment of the Don ampelographic collection. Study of the adaptive, biological
and technological potential of introduced and autochthonous grape varieties in order to identify valuable
genotypes for their inclusion in breeding and production processes»**

Summary

The article presents the results of a study of non-covered interspecific grape varieties in the area of covered cultivation. Contrast of meteorological conditions in 2022 and 2023 clearly showed the reaction of the studied varieties: Dushistyj, Muscat Donskoy and Saperavi Severnyj, which was expressed in an increase in the average berry weight, average bunch weight, estimated yield, in the 2023 season.

Abstract

Introduction. Growing non-covering grape varieties in the northern zone of industrial viticulture of the Russian Federation (cover cultivation) is economically justified, since labor costs are significantly reduced (expensive work on covering for the winter and opening grape plantings in the spring is eliminated). The purpose of the research is to study the response of interspecific grape varieties to weather and climatic conditions in 2022 and 2023 in the conditions of the Lower Don region. **Materials and methods.** At the Don ampelographic collection named after Ya. I. Potapenko conducted a study of grape varieties of interspecific (European-Amur) origin (selections of ARRIV&W – Branch of the FSBSI FRARC) – Dushistyj, Muscat Donskoy and Saperavi Severnyj. The varieties were cultivated in an uncovered grafted culture (Rootstock Kober 5BB). The study of the varieties was carried out according to generally accepted methods in viticulture and GOSTs. **Results and Discussion.** Data on meteorological conditions during the years of research, indicators of agrobiology, productivity, and crop quality are presented and analyzed. The preservation of buds in the studied varieties is high, varying over the years from 86.3 to 88.5% for the Dushistyj variety, from 90.8 to 94.7% for Saperavi Severnyj, and from 95.4 to 96.9% for Muscat Donskoy. The percentage of fruitful shoots in the varieties: Muscat Donskoy – 66.2-81.6%, Dushistyj – 85.6-95.7%, Saperavi Severnyj – 85.7-92.3%. The not very hot and rainy season of 2023 influenced the size characteristics of berries and bunches of grapes to increase, which was reflected in the yield of varieties in general, which in 2023 compared to 2022 was higher, especially for the Saperavi Severnyj variety (2.9 times). The accumula-

tion of sugars was high – from 23.5 g/100 cm³ in the Saperavi Severnyj variety to 25 g/100 cm³ in the Muscat Donskoy variety. **Conclusion.** Contrast of meteorological conditions in 2022 and 2023 clearly showed the reaction of the studied European-Amur varieties, which was expressed in an increase in yield by 4-20 t/ha.

Keywords: interspecific origin of grape varieties, grape varieties, ampelographic collection, winter-hardy grape varieties.

Citation. Ganich V. A., Naumova L. G., Fatakhedinova M. V. Reaction of grape varieties of interspecific origin to weather conditions of lower Don region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 95-103 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-11.

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

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

УДК 634.852:634.853(470.61)

РЕАКЦИЯ СОРТОВ ВИНОГРАДА МЕЖВИДОВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ НИЖНЕГО ПРИДОНЬЯ

Ганич В. А., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Наумова Л. Г., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Фатахетдинова М. В., аспирант, лаборант-исследователь

*Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия
имени Я. И. Потапенко – филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»
г. Новочеркасск, Российская Федерация*

**Исследования проведены в рамках тематики НИР № FNfZ-2024-0008 «Сохранение и пополнение
Донской ампелографической коллекции. Изучение адаптивного, биологического и технологического
потенциала интродуцированных и автохтонных сортов винограда с целью выделения ценных
генотипов для включения их в селекционный и производственный процессы»**

Актуальность. Выращивание неукрывных сортов винограда в северной зоне промышленного виноградарства РФ (укрывная культура возделывания) является экономически обоснованным, так как значительно снижаются трудозатраты (исключаются дорогостоящие работы по укрывке и откывке виноградных насаждений). Цель исследований – изучение реакции межвидовых сортов винограда к погоднo-климатическим условиям 2022 и 2023 гг. в условиях Нижнего Придонья. **Материалы и методы.** На Донской ампелографической коллекции им. Я. И. Потапенко проведено изучение сортов винограда межвидового (европейско-амурского) происхождения (селекции ВНИИВиВ-филиал ФГБНУ ФРАНЦ) – Душистый, Мускат донской и Саперави северный. Сорта возделывались в неукрывной привитой культуре (подвой Кобер 5ББ). Изучение сортов проведено по общепринятым в виноградарстве методикам и ГОСТам. **Результаты и обсуждение.** Представлены и проанализированы данные метеорологических условий в годы исследований, показатели агробиологии, продуктивности, качества урожая. Сохранность глазков у изучаемых сортов – высокая, по годам варьировала от 86,3 до 88,5% у сорта Душистый, от 90,8 до 94,7% у Саперави северного, и от 95,4 до 96,9% у Муската донского. Процент плодоносных побегов у сортов: Мускат донской – 66,2-81,6%, Душистый – 85,6-95,7%, Саперави северный – 85,7-92,3%. Не очень жаркий и дождливый сезон 2023 года повлиял на размерные характеристики ягод и гроздей винограда в сторону увеличения, что отразилось и на урожайности сортов в целом, которая в 2023 году по сравнению с 2022 годом была выше, особенно у сорта Саперави северный (в 2,9 раза). Накопление сахаров было высоким – от 23,5 г/100 см³ у сорта Саперави северный до 25 г/100 см³ у сорта Мускат донской. **Заключение.** Контрастность метеорологических условий 2022 и 2023 гг. наглядно показала реакцию изучаемых европейско-амурских сортов, которая выразилась в увеличении урожайности на 4-20 т/га.

Ключевые слова: межвидовое происхождение сортов винограда, сорта винограда, ампелографическая коллекция, зимостойкостойкие сорта винограда.

Цитирование. Ганич В. А., Наумова Л. Г., Фатахетдинова М. В. Реакция сортов винограда межвидового происхождения на погодные условия Нижнего Придонья. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 95-103. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-11.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Выращивание неукрывных сортов винограда межвидового происхождения в зоне рискованного виноградарства является экономически обоснованным, значительно снижаются трудозатраты на весенне-осенние работы, так как исключаются дорогостоящие уходные работы для укрывки на зиму и открывки весной виноградных насаждений, сроки обрезки кустов не зависят от уборки урожая. Хозяйствам, занимающимся возделыванием винограда желательнее выделять площади под зимостойкие сорта, обладающие высоким качеством урожая и универсальностью выпускаемой продукции [1-3].

Одним из этапов селекционной работы, проводимой во Всероссийском научно-исследовательском институте виноградарства и виноделия (г. Новочеркасск, Ростовской области) является селекция на комплексную устойчивость к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды. В качестве доноров устойчивости к низким температурам и грибным болезням используют виды *Vitis amurensis* Rupr., *Vitis labrusca* L., а также, сорта и гибридные формы сложного межвидового происхождения [2].

Сорта винограда должны обладать не только повышенной устойчивостью к различным стрессовым факторам, но и иметь высокую пластичность к меняющемуся климату окружающей среды [4-14].

Целью работы было изучение реакции межвидовых сортов винограда к погодным условиям 2022 и 2023 гг. в условиях Нижнего Придонья.

Материалы и методы. На Донской ампелографической коллекции им. Я. И. Потапенко (ВНИИВиВ – филиал ФГБНУ ФРАНЦ, г. Новочеркасск, Ростовской области) в 2022-2023 гг. провели изучение технических сортов винограда европейско-амурского происхождения (селекции ВНИИВиВ-филиал ФГБНУ ФРАНЦ) – Душистый, Мускат донской и Саперави северный. Сорта выращиваются в неукрывной культуре на богаре. Кусты привиты на подвой Кобер 5ББ, схема размещения 3 x 1,5 м.

Коллекционные участки расположены в умеренно-континентальном климате на плато правобережья реки Дон. Световой и тепловой режимы обеспечивают благоприятные условия для роста, развития и созревания винограда. Почвы – обыкновенный чернозем.

Исследования проводили по общепринятым методикам для культуры винограда (Лазаревский М. А. «Изучение сортов винограда», Амирджанов А. Г., Сулейманов Д. С. «Оценка продуктивности сортов винограда и виноградников», Простосердов Н. Н. «Изучение винограда для определения его использования. Увология»), сахаристость сока ягод определяли по ГОСТ 27198-87, титруемую кислотность – ГОСТ 32114-2013.

Возделывание виноградников осуществляется по стандартной технологии, принятой для северной зоны промышленного виноградарства РФ. Метеорологические условия представлены по данным метеопоста ВНИИВиВ-филиал ФГБНУ ФРАНЦ, расположенного рядом с коллекцией.

Результаты и обсуждение. Оценка сортов винограда невозможна без анализа метеорологических условий места произрастания. Основными факторами, оказывающими влияние на рост, развитие и продуктивность виноградного растения являются температура и осадки.

Характер метеорологических условий в годы изучения отличался контрастностью. Анализ метеорологических условий периода покоя, показал, что годы различаются не только между собой, но и в сравнении с многолетними данными. Так осенне-зимний период 2021-2022 гг. был теплее, чем 2022-2023 гг. (таблица 1).

Положительные среднесуточные температуры воздуха в зимние месяцы отмечены в декабре 2021 и феврале 2022 гг., превышая при этом среднемноголетние показатели на 2,2°C и 5,3°C соответственно. Превышение многолетней нормы составило 4,1°C в марте и 1,5°C в первой половине апреля 2023 года. Очень теплым был февраль 2022 года, среднесуточная температура воздуха отмечена на уровне плюс 7°C при многолетней минус 2,5°C.

Сумма температур за период покоя 2021-2022 гг. в 2,4 раза превысила среднемноголетние показатели и составила 572,1°C при норме 236,2°C. За аналогичный период 2022-2023 гг. этот показатель составил 529,5°C. Аномально теплым был март 2023 года, сумма температур была на уровне 215,9°C при многолетней норме 91,2°C.

Таблица 1 – Метеорологические данные за период покоя
Table 1 – Meteorological data for the quiet period

Месяцы / Months	Средние температуры воздуха, °C / Average air temperatures, °C			Сумма температур, °C / Sum of temperatures, °C		
	2021-2022	2022-2023	многолетние* / long-term	2021-2022	2022-2023	многолетние* / long-term
Октябрь (с 16 по 31) / October (16 to 31)	9,0	9,3	8,4	144,5	149,1	133,4
Ноябрь / November	5,0	4,6	3,0	148,8	139,6	89,3
Декабрь / December	0,6	-0,4	-1,6	20,3	-12,5	-49,7
Январь / January	-1,7	-2,2	-3,2	-51,5	-66,9	-100,2
Февраль / February	2,8	-2,1	-2,5	77,8	-59	-69,4
Март / March	2,1	7,0	2,9	65,8	215,9	91,2
Апрель (с 1 по 15) / April (1st to 15th)	11,1	10,9	9,4	166,4	163,3	141,6
Сумма за пе- риод / Amount for the period	-	-	-	572,1	529,5	236,2

*- многолетние показатели представлены за 30 лет (1991-2020 гг.)

*- long-term indicators are presented for 30 years (1991-2020)

Сравнивая количество выпавших осадков периодов покоя, отмечаем, что наблюдалось уменьшение их по сравнению с многолетними показателями (рисунок 1).

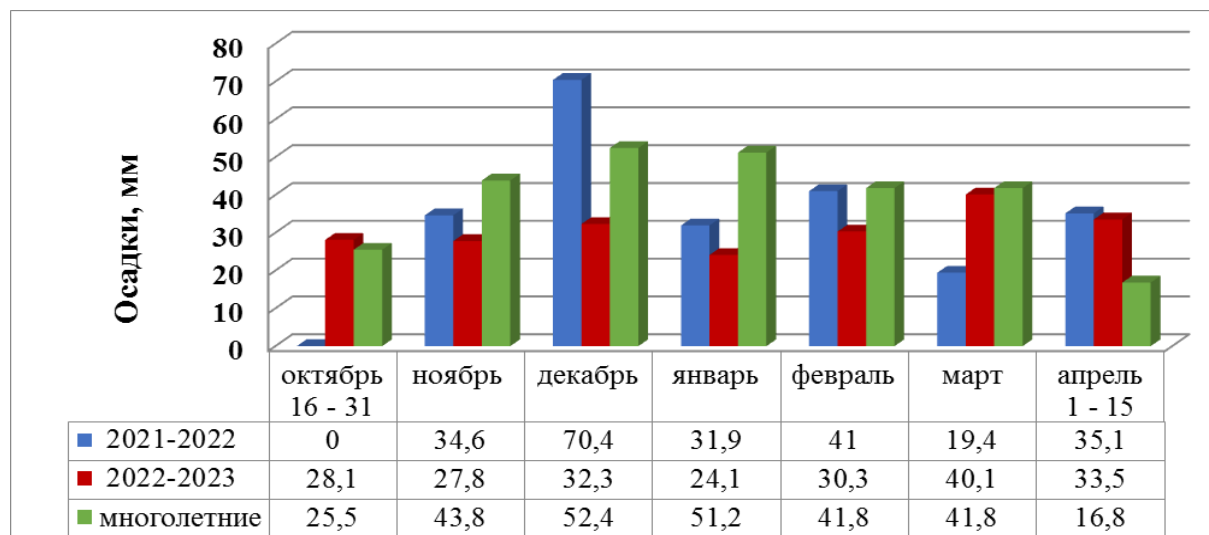


Рисунок 1 – Количество осадков в период покоя винограда

Figure 1 – Amount of precipitation during the dormant period of grapes

Период покоя 2021-2022 гг. характеризовался как засушливый, выпало осадков на 138,4 мм меньше многолетних показателей. Ежемесячный недобор осадков составлял от 0,8 до 25,5 мм, исключение составили декабрь 2021 года и апрель (1-15 число). Наибольшее количество осадков выпало в декабре 2021 г., превысив многолетние показания на 29,7%, минимальное – с 16-31 октября 2021 года (0 мм).

Температурные условия вегетационных периодов значительно различались, так в 2022 году среднесуточная температура летних месяцев была выше, чем в 2023 году, превышение составило в июне, июле, августе – 3,5, 0,5 и 1,3°C соответственно (таблица 2). Отмечено значительное повышение среднемесячной температуры в августе 2022 г. на 2,9°C. Сумма активных температур за периоды вегетации была примерно на уровне многолетних, с колебаниями по месяцам.

Таблица 2 – Метеорологические данные за период вегетации

Table 2 – Meteorological data for the growing season

Месяцы / Months	Средние температуры воздуха, °C / Average air temperatures, °C			Сумма температур, °C / Sum of temperatures, °C		
	2022	2023	многолетние* / long-term	2022	2023	многолетние* / long-term
Апрель (с 16 по 30) / April (16 to 30)	13,8	11,8	12,5	207,5	176,3	187,4
Май / May	15,1	15,8	17,4	467	490,9	539,1
Июнь / June	23,8	20,3	22,2	713	609,9	664,4
Июль / July	24,1	23,6	24,4	747,3	730,8	757,2
Август / August	26,7	25,4	23,8	826,8	787,0	736,7
Сентябрь / September	16,7	18,4	17,4	501,5	551,8	523,4
Октябрь (с 1 по 15) / October (1 to 15)	13,9	11,8	12,4	208,5	176,4	186,3
Сумма за период / Amount for the period	-	-	-	3671,6	3523,1	3594,5

*- многолетние показатели представлены за 30 лет (1991-2020 гг.)

*- long-term indicators are presented for 30 years (1991-2020)

Период вегетации 2023 года был прохладнее и с большим количеством атмосферных осадков (рисунок 2).

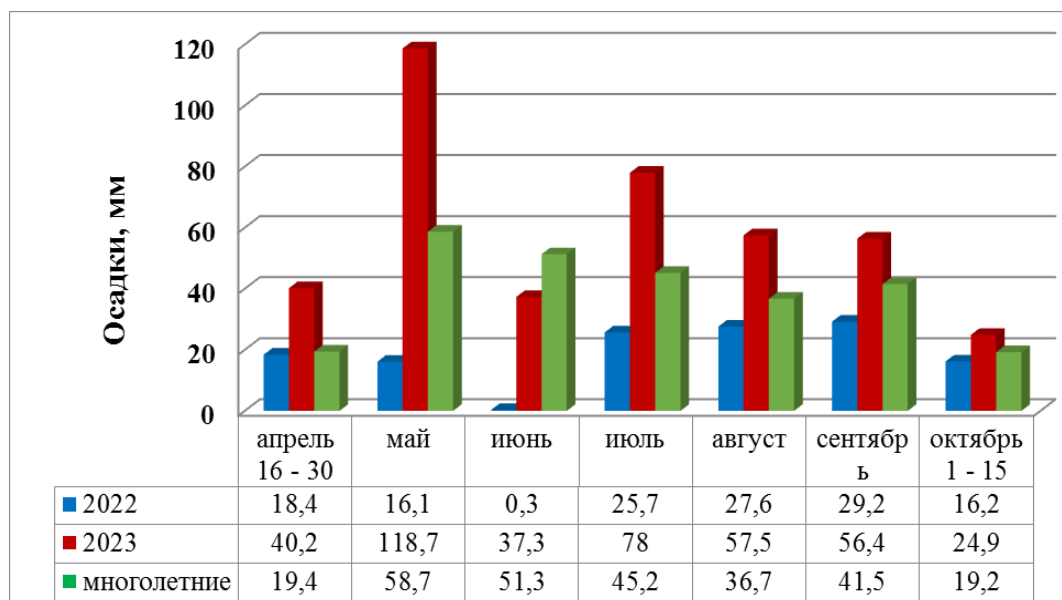


Рисунок 2 – Количество осадков в период вегетации

Figure 2 – Amount of precipitation during the growing season

Количество осадков за период вегетации 2023 года превысило норму на 141 мм, меньше нормы осадков было только в июне месяце. Наиболее дождливым месяцем был май, осадков выпало в два раза больше многолетних показателей (118,7 мм против 58,7 мм).

Контрастные метеорологические условия показывают реакцию сорта на изменение условий произрастания, и она более четко отражается в годы со значительными колебаниями климатических условий.

Важным признаком при оценке сорта выращиваемого в неукрытой культуре является зимостойкость, которая определяет способность сорта противостоять резким изменениям погодных условий зимнего периода. Сложившиеся погодные условия осенне-зимних периодов были благоприятными для подготовки и перезимовки кустов изучаемых сортов винограда, что положительно отразилось на сохранности глазков.

Наиболее раннее распускание глазков у изучаемых сортов отмечено в 2023 г. – на неделю раньше, чем в 2022 г., чему способствовали высокие плюсовые температуры в марте и апреле (таблица 3).

Таблица 3 – Хозяйственно-биологические показатели изучаемых сортов
Table 3 – Economic and biological indicators of the studied varieties

Показатели / Indicators	Душистый / Dushistyj		Саперави северный / Saperavi Severnyj		Мускат донской / Muscat Donskoy	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Дата начала распускания почек / Date of the beginning of bud blossoming	26.04	20.04	26.04	18.04	23.04	16.04
Распустившихся почек, % / Blossoming buds, %	86,3	88,0	90,8	94,7	96,9	95,4
Плодоносных побегов, % / Fruit-bearing shoots, %	95,7	85,6	85,7	92,3	66,2	81,6
Коэффициент плодоношения / Fruiting coefficient	1,8	1,4	1,5	1,8	1,0	1,5
Средняя масса грозди, г / Average bunch weight, g	141	158	120	217	200	253
Средняя масса ягоды, г / Average berry weight, g	1,6	2,2	1,2	1,7	1,2	1,6
Урожай с куста, кг / Harvest per bush, kg	7,9	9,7	4,7	13,7	5,2	9,5
Дата химического анализа / Date of chemical analysis	07.09	08.09	05.09	19.09	05.09	11.09
Сахаристость сока ягод, г/100 см ³ / Sugar content of berry juice, g/100 cm ³	20,4	24,6	24,2	23,5	25,0	25,0
Титруемая кислотность, г/дм ³ / Titratable acidity, g/dm ³	6,4	4,6	8,1	6,5	8,2	6,1
От начала распускания почек до полной зрелости ягод: / From the beginning of bud blossoming to full ripeness of berries:						
количество дней / number of days	134	127	132	146	135	134
сумма температур, °C / sum of temperatures, °C	2955,7	2608,6	2927,8	2968,1	2941,6	2645,4

Сохранность глазков по данным агробиологических учетов отмечена как высокая. По годам она варьировала от 86,3 до 88,5% у сорта Душистый, от 90,8 до 94,7% у сорта Саперави северный и от 95,4 до 96,9% у сорта Мускат донской.

Изучаемые сорта характеризуются высоким процентом плодоносных побегов: у сорта Душистый – 85,6-95,7%, у Саперави северного – 85,7-92,3% и от 66,2 до 81,6% у Муската донского.

Наибольшее количество развившихся соцветий на одном плодовом побеге отмечено у сортов Душистый и Саперави северный (1,8).

Сорта винограда европейско-амурского происхождения унаследовали от родителей не только повышенную морозостойкость, но и повышенную потребность в воздушной и почвенной влаге, поэтому недостаток влаги в почве отрицательно сказывается на их росте, плодоношении и качестве урожая.

Метеорологические условия в годы исследований позволили наглядно увидеть реакцию сортов на изменение условий произрастания. Не очень жаркий и дождливый сезон 2023 года повлиял на размерные характеристики ягод и гроздей в сторону увеличения, что отразилось на урожайности сортов, которая в 2023 году по сравнению с 2022 годом была выше, особенно у сорта Саперави северный, превышение составило в 2,9 раза (рисунок 3).

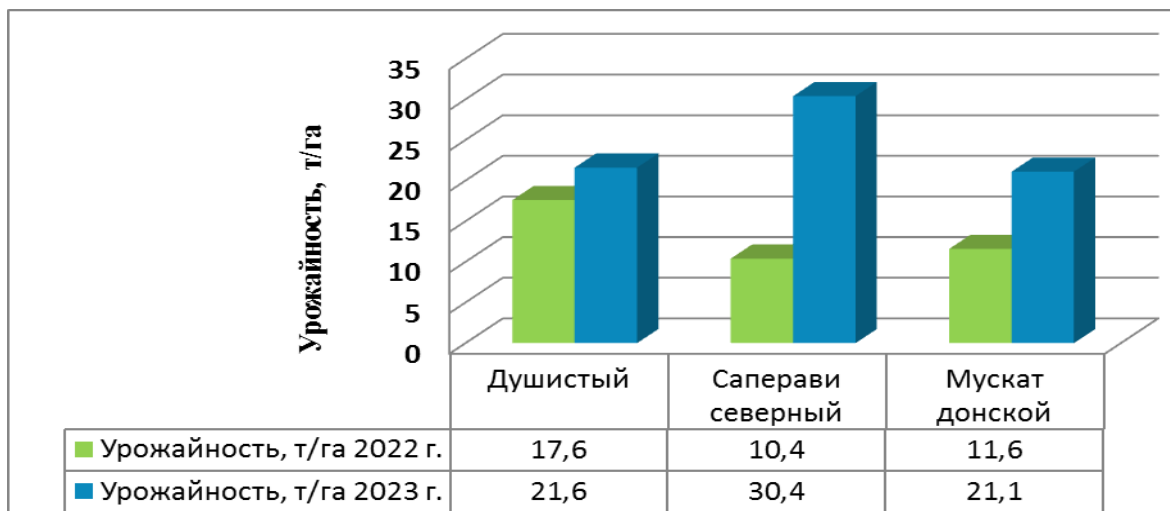


Рисунок 3 – Расчетная урожайность изучаемых сортов винограда
Figure 3 – Estimated yield of the studied grape varieties

Хозяйственная ценность сорта определяется не только урожайностью, но и его качеством. Количество осадков и температура воздуха в дневные и ночные часы в период созревания урожая играют основную роль в процессе накопления сахаров, органических кислот, ароматических веществ и т.д. Дата полной зрелости ягод в 2023 году ненамного сдвинулась на более поздние сроки по сравнению с сезоном 2022 года за счет более высокой урожайности, но на качество урожая это не повлияло.

Несмотря на обилие осадков в августе и сентябре 2023 года накопление сахаров у изучаемых сортов было высоким – от 23,5 г/100 см³ у сорта Саперави северный до 25 г/100 см³ у сорта Мускат донской. Титруемая кислотность была оптимальной – от 4,6 г/дм³ у сорта Душистый до 8,2 г/дм³ у сорта Мускат донской. Формированию хороших кондиций урожая способствовало достаточное количество влаги и высокие дневные температуры воздуха в августе и сентябре 2023 года.

Более высокая сахаристость сока ягод у изучаемых сортов объясняется биологическими особенностями свойственным амурским видам (требовательность к повышенному содержанию влаги). У сорта Саперави северный накопление сахаров было незначительно меньше, чем в 2022 г., за счет большого количества урожая (10,4 против 30,4 т/га в 2023 г.). У сортов Душистый и Мускат донской в 2023 году, несмотря на более высокую урожайность по сравнению с предыдущим годом процесс сахаронакопления был хорошим. У Муската донского отмечено превышение по урожайности почти в 2 раза, однако, он в первой декаде сентября имел массовую концентрацию сахаров на уровне прошлого года. Повышенное количество влаги в сезон 2023 г. позволило получить более высокую урожайность, чем в 2022 году и хорошего качества.

Выводы. При оценке влияния климата на урожайность и его качество сезонные условия являются ключевыми факторами. Сложившиеся погодные условия не оказали отрицательного влияния на хозяйственно-ценные показатели изучаемых сортов. Контрастность метеорологических условий 2022-2023 гг. наглядно показала реакцию изучаемых сортов.

У сортов винограда Душистый, Саперави северный и Мускат донской в сезон 2023 года проявилась биологическая приспособленность к повышенному количеству влаги, что присуще для европейско-амурских гибридов. Это выразилось в увеличении средней массы ягоды у сорта Душистый на 0,6 г, грозди на 17 г, прибавка урожайности составила 4 т/га. У сортов Саперави северный и Мускат донской масса ягоды была больше на 0,5 и 0,4 г, масса грозди на 97 и 53 г, урожайность на 20 и 9,5 т/га соответственно.

Conclusions. When assessing the impact of climate on crop yield and quality, seasonal conditions are key factors. The current weather conditions did not have a negative impact on the economically valuable indicators of the studied varieties. The contrast in meteorological conditions in 2022 and 2023 clearly showed the reaction of the studied varieties.

In the 2023 season, the Dushistyj, Saperavi Severnyj and Muscat Donskoy grape varieties showed biological adaptation to increased amounts of moisture, which is typical for European-Amur hybrids. This was reflected in an increase in the average weight of berries in the Dusty variety by 0.6 g, in clusters by 17 g, and the increase in yield was 4 t/ha. In the Saperavi Northern and Muscat Donskoy varieties, the berry weight was greater by 0.5 and 0.4 g, the bunch weight was greater by 97 and 53 g, and the yield was greater by 20 and 9.5 t/ha, respectively.

Библиографический список

1. Сухинин С. А. Особенности локализации и развития виноградарства в Ростовской области. Аграрная Россия. 2021. № 10. С. 42-48.
2. Наумова Л. Г., Ганич В. А. Изучение сортов винограда межвидового происхождения в условиях Ростовской области. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 4 (68). С. 24-31.
3. Moreira L., Underhill A., Clark M. Postharvest evaluation of cold-hardy table-grape breeding lines. Acta Hort. 2019. Vol. 1248. Pp. 101-108.
4. Пята Е. Г., Ильницкая Е. Т., Нудьга Т. А. и др. Сорта винограда для качественного виноделия Курчанский, Дмитрий, Владимир, обладающие повышенной адаптивностью к низким зимним температурам. Аграрная Россия. 2017. № 12. С. 16-19.
5. Bianchi D., Grossi D., Tincani D. T. G., et al. Multi-parameter characterization of water stress tolerance in Vitis hybrids for new rootstock selection. Plant Physiol. Biochem. 2018. V. 132. Pp. 333-340.
6. Dal Santo S., Zenoni S., Sandri M., et al. Grapevine field experiments reveal the contribution of genotype, the influence of environment and the effect of their interaction (G×E) on the berry transcriptome. Plant J. 2018. Mar. 93(6). Pp. 1143-1159.
7. Rustioni L., Cola G., Maghradze D., et al. Description of the Vitis vinifera L. phenotypic variability in enocarpological traits by a Euro-Asiatic collaborative network among ampelographic collections. Vitis. 2019. No 58 (1). Pp. 37-46.
8. Doğan O., Kara Z., Yazar K., Sabir A. Freezing tolerance of some grape cultivars and rootstocks. Acta Hort. 2020. Vol. 1276. Pp. 223-230.
9. Moreira L., Underhill A., Clark M. Postharvest evaluation of cold-hardy table-grape breeding lines. Acta Hort. 2019. Vol. 1248. Pp. 101-108.
10. Bianchi D., Modina D., Cavallaro L., et al. Vineyard water stress evaluation using a multispectral index: a case study in the Chianti area. Acta Hort. 2021. Vol. 1314. Pp. 39-46.
11. Nadav I. Controlling variability in vineyard with variable rate drip irrigation. Acta Hort. 2021. Vol. 1314. Pp. 23-30.
12. Ponce de León M. A., Bailey B. N. Fruit Zone Shading to Control Grape Berry Temperature: A Modeling Study. American Journal of Enology and Viticulture. 2022. Vol. 73 (3). Pp. 183-197.
13. Майстренко А. Н., Майстренко Л. А., Дуран Н. А. Сорт винограда Нектарий для северной зоны промышленного виноградарства России. Садоводство и виноградарство. 2023. № 2. С. 12-20.
14. Сироткина Н. А., Манацков А. Г., Тарасенко И. А. Толерантные к филлоксере сорта винограда для переработки на вино и крепкие напитки. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 173-182.

References

1. Sukhinin S. A. Features of localization and development of viticulture in the Rostov region. Agrarian Russia. 2021. No. 10. Pp. 42-48.
2. Naumova L. G., Ganich V. A. Study of grape varieties of interspecies origin in the conditions of Rostov region. Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2022. V. 17. No. 4 (68). Pp. 24-31.
3. Moreira L., Underhill A., Clark M. Postharvest evaluation of cold-hardy table-grape breeding lines. Acta Hort. 2019. Vol. 1248. Pp. 101-108.
4. Pyata E. G., Ilitskaya E. T., Nudga T. A., et al. Grape varieties for high-quality winemaking are Kurchansky, Dmitry, Vladimir, which have increased adaptability to low winter temperatures. Agrarian Russia. 2017. No. 12. Pp. 16-19.
5. Bianchi D., Grossi D., Tincani D. T. G., et al. Multi-parameter characterization of water stress tolerance in Vitis hybrids for new rootstock selection. Plant Physiol. Biochem. 2018. V. 132. Pp. 333-340.
6. Dal Santo S., Zenoni S., Sandri M., et al. Grapevine field experiments reveal the contribution of genotype, the influence of environment and the effect of their interaction (G×E) on the berry transcriptome. Plant J. 2018. Mar. 93 (6). Pp. 1143-1159.
7. Rustioni L., Cola G., Maghradze D., et al. Description of the Vitis vinifera L. phenotypic variability in enocarpological traits by a Euro-Asiatic collaborative network among ampelographic collections. Vitis. 2019. No. 58 (1). Pp. 37-46.
8. Doğan O., Kara Z., Yazar K., Sabir A. Freezing tolerance of some grape cultivars and rootstocks. Acta Hort. 2020. Vol. 1276. Pp. 223-230.
9. Moreira L., Underhill A., Clark M. Postharvest evaluation of cold-hardy table-grape breeding lines. Acta Hort. 2019. Vol. 1248. Pp. 101-108.
10. Bianchi D., Modina D., Cavallaro L., et al. Vineyard water stress evaluation using a multispectral index: a case study in the Chianti area. Acta Hort. 2021. Vol. 1314. Pp. 39-46.
11. Nadav I. Controlling variability in vineyard with variable rate drip irrigation. Acta Hort. 2021. Vol. 1314. Pp. 23-30.

12. Ponce de León M. A., Bailey B. N. Fruit Zone Shading to Control Grape Berry Temperature: A Modeling Study. *American Journal of Enology and Viticulture*. 2022. Vol. 73 (3). Pp. 183-197.

13. Maistrenko A. N., Maistrenko L. A., Duran N. A. The Nectary grape cultivar for the northern zone of Russian industrial viticulture. *Horticulture and viticulture*. 2023. No. 2. Pp. 12-20.

14. Sirotkina N. A., Manatskov A. G., Tarasenko I. A. Phylloxera-tolerant grape varieties for processing for wine and strong drinks. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. No. 3 (71). Pp. 173-182.

Информация об авторах

Ганич Валентина Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории ампелографии и технологической оценки сортов винограда, Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко – филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 166), e-mail: ganich1970@yandex.ru

Наумова Людмила Георгиевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией ампелографии и технологической оценки сортов винограда, Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко – филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 166), e-mail: LGnaumova@yandex.ru

Фатахетдинова Мария Викторовна, аспирант, лаборант-исследователь лаборатории биотехнологии, Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко – филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (Российская Федерация, 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 166), e-mail: marya.victorovna2018@yandex.ru

Author's Information

Ganich Valentina Alekseevna, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, Laboratory of Ampelography and Technological Evaluation of Grape Varieties, All-Russian Research Institute named after Ya. I. Potapenko for Viticulture and Winemaking – Branch of Federal State Budget scientific Institution «Federal Rostov Agricultural Research Center» (Russian Federation, 346421, Rostov region, Novochoerkassk, Baklanovsky Ave., 166), e-mail: ganich1970@yandex.ru

Naumova Lyudmila Georgievna, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, Head of the Laboratory of Ampelography and Technological Evaluation of Grape Varieties, All-Russian Research Institute named after Ya. I. Potapenko for Viticulture and Winemaking – Branch of Federal State Budget scientific Institution «Federal Rostov Agricultural Research Center» (Russian Federation, 346421, Rostov region, Novochoerkassk, Baklanovsky Ave., 166), e-mail: LGnaumova@yandex.ru

Fatahetdinova Maria Viktorovna, graduate student, Laboratory Assistant-Researcher of Biotechnology Laboratory. All-Russian Research Institute named after Ya. I. Potapenko for Viticulture and Winemaking – Branch of Federal State Budget scientific Institution «Federal Rostov Agricultural Research Center» (Russian Federation, 346421, Rostov region, Novochoerkassk, Baklanovsky Ave., 166), e-mail: marya.victorovna2018@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-11

THE EFFICIENCY OF VARIOUS POTATO PROTECTION SYSTEMS IN THE TECHNOLOGY OF CULTIVATING VARIETIES WITH PIGMENTED PULP

¹Gichenkova O. G., ²Laptina Yu. A., ¹Malikova P. S., ¹Laptina U. A.

¹Volgograd state agricultural university
Volgograd, Russian Federation

²Federal research Center "Nemchinovka"
Odintsovo, Moscow region, Russian Federation

Corresponding author E-mail: ylaptina82@mail.ru

Received 07.06.2024

Submitted 02.07.2024

Abstract

Introduction. Organic production is one of the priorities in the agro-industrial sector, which ensures a reduction of the pesticide burden on agricultural landscapes and the production of environmentally safe products. In the technological cycle of crop cultivation, comprehensive protection is mainly based on the use of chemicals that are not allowed for use in organic farming, and the effectiveness of their use does not always provide the expected result. Recently, much attention has been paid to biologization aimed at preserving and replenishing the soil microbiota, which ensures the growth of soil fertility, in which protective measures during the growing season are provided through the use of microbiological preparations of complex action with protective functions that support a favorable infectious background. In this regard, the selection of the most effective plant protection products with not only the greatest biological, but also economic efficiency is becoming more relevant. **The purpose of the research** is to develop a potato protection system, to justify the use of biological preparations according to the phases of growth and development in irrigation conditions while minimizing energy consumption and anthropogenic impact on the environment. **Materials and methods.** The research was carried out on an experimental irrigated site of the Volgograd State Agricultural Enterprise NODP "Innovative Village" according to the Methodology of research on potato culture (NIIKH, 1967) and the Federal State Budgetary Scientific Institution VIZR (All-Russian Research Institute of Plant

Protection). The experiment was based on the method of split plots with a single-tier systematic arrangement of varieties. **As a result** of the conducted research, according to a comparative assessment of the biological and chemical protection system, it was found that the use of biological products contributed to an increase in yield on all studied varieties, the most responsive varieties on average over the years of research were Nevsky and Northern Lights.

Keywords: potato cultivation, plant protection systems, potato varieties, pigmented potato pulp.

Citation. Gichenkova O. G., Laptina Yu. A., Malikova P. S., Laptina U. A. the efficiency of various potato protection systems in the technology of cultivating varieties with pigmented pulp. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 103-115 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-11.

Author's contribution. In the presented publication, all listed authors were directly involved in planning, performing the necessary experiments and analyzing the data obtained. The declared authors of this article have previously read and approved the final version submitted.

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

УДК 633.491

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОРТОВ С ПИГМЕНТИРОВАННОЙ МЯКОТЬЮ

¹Гиченкова О. Г., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

²Лаптина Ю. А., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

¹Маликова П. С., аспирант

¹Лаптина У. А., студент

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

г. Одинцово, Московская область, Российская Федерация

Актуальность. Органическое производство – одно из приоритетных направлений в агропромышленном секторе, обеспечивающее снижение пестицидной нагрузки на агроландшафты и получение экологически безопасной продукции. В технологическом цикле при возделывании сельскохозяйственных культур комплексная защита в основном базируется на использовании химических препаратов, недопустимых к использованию в органическом земледелии, да и эффективность их применения не всегда обеспечивает ожидаемый результат. В последнее время большое внимание уделяется биологизации, направленной на сохранение и восполнение почвенной микробиоты, обеспечивающей рост почвенного плодородия, при которой защитные мероприятия в течение вегетации обеспечиваются за счет применения микробиологических препаратов комплексного действия с защитными функциями, поддерживающих благоприятный инфекционный фон. В связи с этим большую актуальность приобретает подбор наиболее эффективных средств защиты растений, обладающих не только наибольшей биологической, но и экономической эффективностью. **Цель исследований** – разработать систему защиты картофеля, обосновать применение биологических препаратов по фазам роста и развития в условиях орошения при минимизации энергопотребления и антропогенного воздействия на окружающую среду. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном орошаемом участке Волгоградского ГАУ НОДП «Инновационная деревня» согласно Методике исследований по культуре картофеля (НИИХ, 1967) и ФГБНУ ВИЗР (Всероссийский НИИ защиты растений). Опыт закладывали методом расщепленных делянок при одноярусном систематическом расположении сортов. **В результате** проведенных исследований благодаря оценке биологической и химической системы защиты было установлено, что использование биопрепаратов способствовало повышению урожайности на всех изучаемых сортах, наиболее отзывчивыми в среднем за годы исследований были сорта Невский и Северное сияние.

Ключевые слова: возделывание картофеля, системы защиты растений, сорта картофеля, пигментированная мякоть картофеля.

Цитирование. Гиченкова О. Г., Лаптина Ю. А., Маликова П. С., Лаптина У. А. Эффективность различных систем защиты картофеля в технологии возделывания сортов с пигментированной мякотью. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 103-115. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-11.

Авторский вклад. В представленной публикации все перечисленные авторы непосредственно принимали участие в планировании, выполнении необходимых экспериментов и анализе полученных данных. Заявленные авторы данной статьи предварительно ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы публикации заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Значительная роль в повышении урожайности картофеля отводится сельскохозяйственной технике и средствам защиты растений. Система защиты картофеля включает использование химических и биологических средств, которые непосредственно влияют на формирование вегетативной массы, процесс производства, качество клубней и их сохранность [10].

Исследования Плехановой Л. П., Булдакова С. А. и других ученых по эффективности фунгицидов позволяют сделать вывод о том, что они не всегда имеют возможность без ущерба для растений сдерживать распространение болезни. Поэтому тенденция последних лет заключается в экологизации систем защиты растений, где предпочтение отдается микробиологическим препаратам отечественного производства. Состояние агроценозов Нижнего Поволжья характеризуется неблагоприятным фитосанитарным состоянием, и ежегодно возникает необходимость подбора перспективных систем, обеспечивающих защитные мероприятия при возделывании картофеля от комплекса вредных организмов в условиях орошения [8].

Для безопасности здоровья человека, защиты окружающей среды от пестицидной нагрузки разработаны биологические методы воспроизводства плодородия почв и защиты растений [2, 3].

Органический тип производства овощной продукции и картофеля – это перспективное направление, особенно для мелкотоварных производителей, требующее использование современных, биологизированных агротехнологий, построенных на основе синтеза последних достижений биологической и инженерной науки, адаптированных к местным условиям [7].

Важной проблемой органического земледелия является достижение высокой, конкурентной продуктивности полевых культур за счет использования биологического потенциала сортов, выбора адекватной агротехнологии, включающей применение органических удобрений и регулирование биологических процессов в агроэкосистеме.

Таким образом, агропроизводителям требуются комплексные агротехнологии как средства управления агроценозом конкретной культуры в агроландшафте [1, 11], адаптированные к местным условиям и включающие в себя весь спектр необходимых биопрепаратов и разрешенных агрохимикатов.

Картофель является достаточно значимой продовольственной культурой в условиях юга Российской Федерации. Большинство отечественных сортов заметно отличаются от зарубежных по уровню адаптивности к местным условиям выращивания, устойчивости к болезням и биохимическому составу, определяющие стабильные столовые качества клубней [6].

Вопрос расширения ассортимента продуктов питания за счет продуктов полезных для здоровья и возможных для применения потребителям, страдающим сахарным диабетом и другими сопутствующими болезнями (ожирение, гипертоническая болезнь), на сегодняшний день является как никогда актуальным [4].

Особый интерес представляют сорта картофеля с пигментированной мякотью, которые благодаря своим генетическим особенностям снижают риск развития ряда заболеваний и подходят для диетического питания. Эти сорта обладают более высокой пищевой ценностью и содержанием антиоксидантов по сравнению с традиционными сортами картофеля [12].

При этом сорта картофеля, которые имеют одинаковую продолжительность вегетации, обычно имеют схожий уровень потенциальной урожайности. Однако конкретные урожаи в каждом году зависят от погодных условий и физических свойств почвы в течение вегетационного периода. Для получения высоких и стабильных урожаев картофеля необходимо оптимизировать условия влажности, питания растений и систему защитных мероприятий в разные периоды вегетации, помимо таких факторов, как свет, тепло и воздух [5, 9].

Цель исследований – снизить распространение и развитие вредных организмов, повысить урожайность и качество клубней картофеля, а также уменьшить негативное воздействие на агроландшафты и здоровье людей.

Материалы и методы. Исследования проводились согласно Методике по культуре картофеля (НИИКС, 1967) и ФГБНУ ВИЗР (Всероссийский НИИ защиты растений). Опыт закладывали методом расщепленных делянок при одноярусном систематическом распо-

ложении сортов. Защитные мероприятия включали две системы защиты растений биологическая – учетная делянка 4-х рядная каждого сорта и – химическая (контроль). Площадь делянки 240 м², учетная площадь 42 м². Влажность почвы поддерживали на уровне 80% НВ.

Перед закладкой и после уборки с опытных делянок отбирались пробы на микологический состав почвы.

Агротехника в опыте включала обязательный перечень агроприемов: лущение стерни предшественника, внесения фосфорно-калийных удобрений с последующей отвальной вспашкой на глубину 0,25-0,27 м. Весной проводили покровное боронование в два следа бороной БЗСС-1. Перед посадкой почву обрабатывали доминатором «Румпстад». Посадку осуществляли в соответствии со схемой опытов картофелесажалкой СН-4Б с одновременной обработкой клубней инсектицидами.

Изучались две системы защиты картофеля: биологическая и химическая (контроль). На контрольном варианте (химия) применялась система защиты, разработанная в хозяйстве, где протравливание клубней проводилось при посадке препаратом Эместо Квантум, обработка растений от грибных болезней осуществлялась Консенто, КС, Луна Транквилити, КС, Борей Нео, СК, Гремми, Ордан; для борьбы с вредителями использовались Кароген и Регент. На биологической системе защиты применялись препараты производства ООО «Биотехагро» – Геостим Фит А, Геостим Фит Ж, БСка-3, БФТИМ, Инсетим, Ж. Защитные мероприятия по обеим системам применялись на пяти сортах и двух гибридах картофеля отечественной селекции Северное сияние, Лекарь, Элексир, Гурман, Гибрид-16182 (Гибрид 1), Гибрид-338-45-82-12 (Гибрид 2), Невский.

Во время проведения исследования погодные условия не были благоприятными для оптимального роста и развития растений, отличаясь от среднегодовых данных. В мае 2023 года среднесуточная температура была на 2 градуса выше среднего, но количество осадков было вдвое меньше обычного. В 2022 году май был прохладным и влажным.

За все годы исследований июньские температуры воздуха были выше среднего уровня, особенно в 2022 году, когда июнь был на 4,5 градуса теплее обычного. Что касается осадков, то в 2022 году июнь был самым сухим месяцем, а в 2023 году – самым влажным, с объемом осадков в 37 миллиметров, что на 21 миллиметр или в 1,8 раза превышает средние значения.

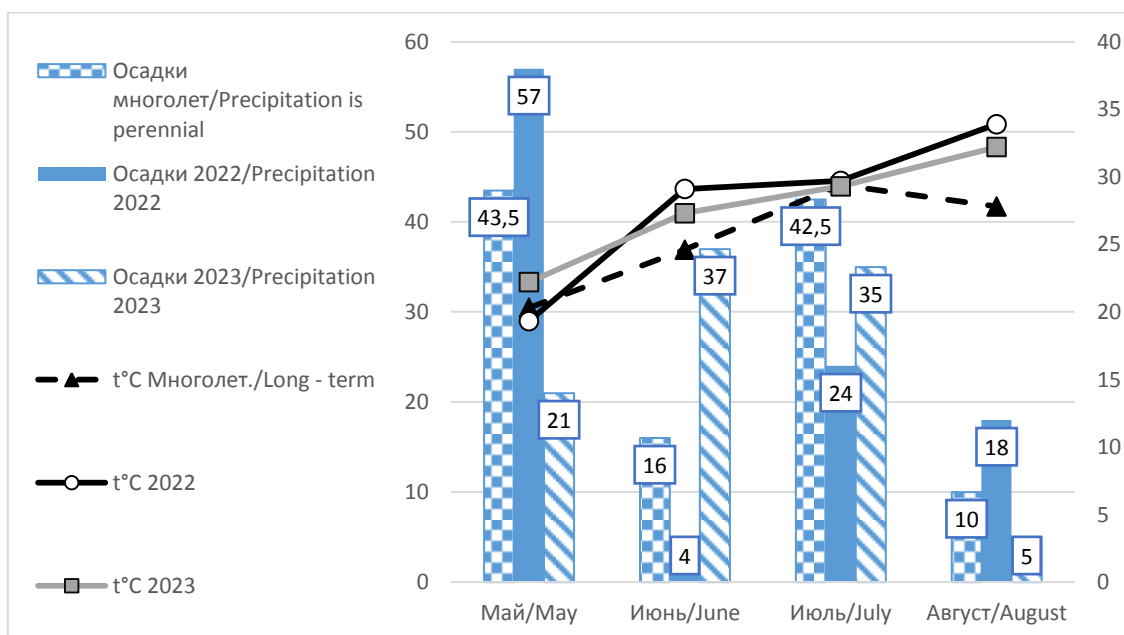


Рисунок 1 – Погодные условия в годы исследований
Figure 1 – Weather conditions during the years of research

Июль характеризовался умеренными температурными колебаниями, близкими к средним значениям. Однако в 2022 году осадков было недостаточно.

В августе отмечались высокие среднесуточные температуры, превышающие норму на 4,4 и 6,1 градуса. Количество осадков в 2022 году почти вдвое превышало норму, в то время как в 2023 году было вдвое меньше.

Результаты и обсуждение.

В результате микологического анализа почвенных образцов были выделены и идентифицированы 2 группы микромицетов с различной трофической специализацией (рисунк 2).

Таблица 1 – Результаты микологического анализа почвы/

Table 1 – Results of mycological soil analysis

Варианты / Variants	КОЕ грибов, тыс. шт. в одном грамме абсолютно сухой почвы / CFU of mushrooms, thousand pieces in one gram of absolutely dry soil									
	Penicillium	Aspergillu	Trichoderma.	Rizopus	Cladosporium	Paecilomyces	Pythium	Verticillium	Fusarium	Alternaria
2022 год/year										
Почва опытного участка (весна)/ Soil of the experimental site (spring)	31,4	6,9	0,8	0	0	1,4	0	7,5	23,3	1,3
Почва опытного участка к уборке (химия)/ The soil of the experimental site for harvesting (chemistry)	59,6	15,1	1,4	1,6	1,4	0	0	9,6	14,6	0
Почва опытного участка к уборке (био) / Soil of the experimental site for harvesting (bio)	89,6	11,1	5,9	1,4	1,4	1,7	0	3,5	10,8	1,2
2023 год/year										
Почва опытного участка (весна)/ Soil of the experimental site (spring)	92,2	9,2	5,5	1,3	1,3	1,6	0,0	4,1	14,9	1,2
Почва опытного участка к уборке (химия)/ The soil of the experimental site for harvesting (chemistry)	117	10,2	2,3	2,5	11,5	0	1,2	6,2	25,6	1,7
Почва опытного участка к уборке (био)/ Soil of the experimental site for harvesting (bio)	157,6	13,5	9,6	2,8	6,2	0	1,2	3,4	8,7	1,3

Грибы Verticillium spp., Fusarium spp., Alternaria spp., Bipolaris spp. составили патогенную группу. Анализ почвенных образцов, взятых с опытного участка до начала опыта в 2023 году, показал высокий уровень супрессивности почвы, в то время как в 2022 году значения были низкими. Во всех образцах преобладает сапрофитная микрофлора, хотя в процессе вегетации и применения защитных мероприятий наблюдались изменения.

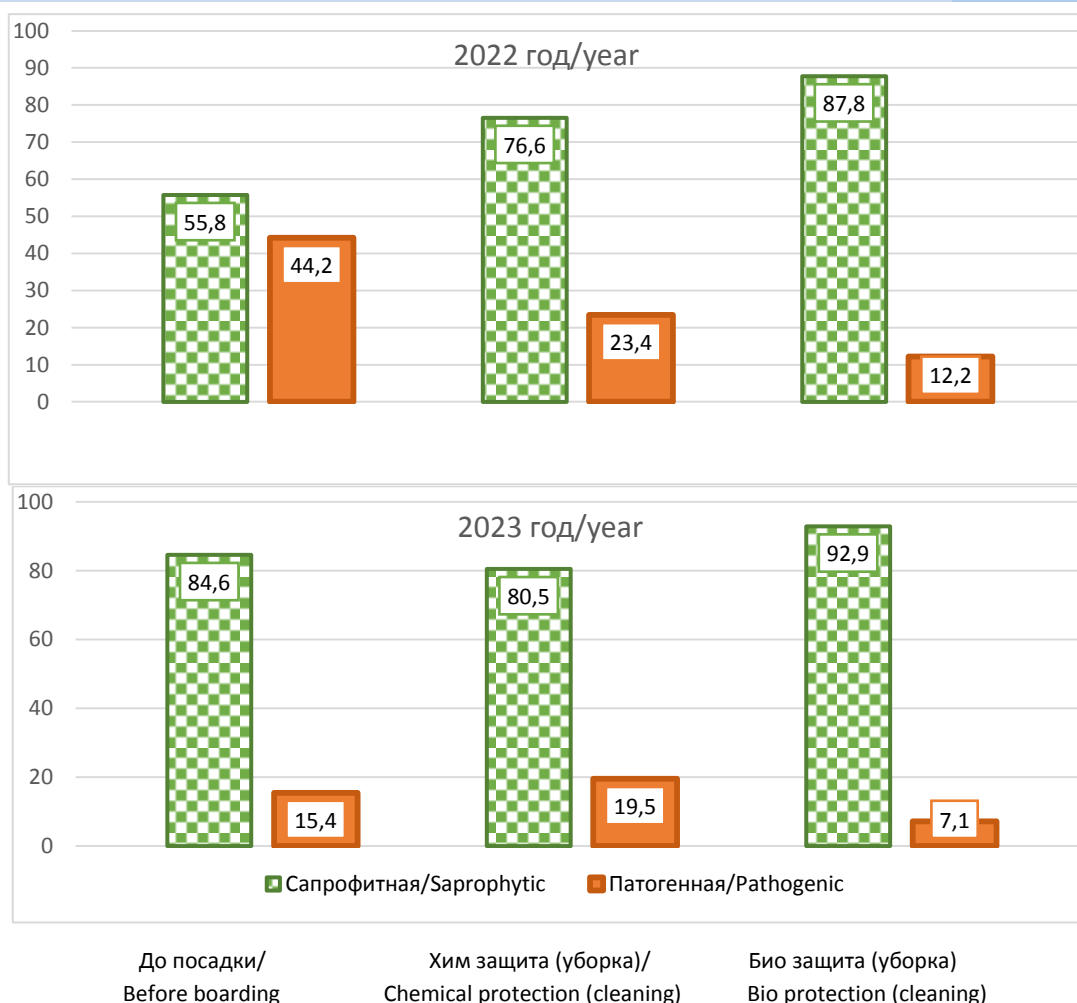


Рисунок 2 – Соотношение эколого-трофических групп микроскопических грибов
Figure 2 – Ratio of ecological and trophic groups of microscopic fungi, %

Во всех образцах преобладает сапрофитная микрофлора, хотя в процессе вегетации и применения защитных мероприятий происходят изменения. В 2022 году применение химической системы защиты способствовало увеличению сапрофитной микрофлоры и росту супрессивности почвы, однако при использовании биологической защиты эти показатели были выше. В 2023 году на фоне химической защиты отмечено снижение численности полезной микрофлоры на 80,5% и увеличение патогенов к концу вегетации на 4,1%. Биопрепараты оказали положительное влияние на развитие сапрофитной микрофлоры, снижая численность вредных микроорганизмов и предотвращая появление грибных болезней, улучшая фитосанитарное состояние посадок.

Результаты биометрических наблюдений показывают (таблица 4), что высота и биомасса растений картофеля на варианте биологической системы защиты была выше, чем при химической системе защиты.

Хотя погодные условия минимизировали среднесуточные приросты вегетативной массы у всех изучаемых сортов, биопрепараты позволили повысить стрессоустойчивость растений. В 2022 году максимальные приросты биомассы были отмечены у сортов Лекарь, Гурман и у Гибрида 1 и составили 717, 650, 700 г на фоне применения биопрепаратов. Такая же закономерность прослеживалась и при химической системе защиты, но с меньшими показателями 630, 610 и 680 г.

Таблица 2 – Формирование биомассы различных сортов и гибридов картофеля
Table 2 – Formation of biomass of various potato varieties and hybrids

Сорта и гибриды / Varieties and hybrids	Высота растений, м / Plant height, m		Кол-во стеблей, шт. / Number of stems, pcs		Масса ботвы, г / Weight of the tops, g	
	2022 г	2023 г	2022 г	2023 г	2022 г	2023 г
Биологическая система защиты / Biological protection system						
Невский (st) / Nevsky (st)	0,69	0,74	2	4	400	675
Северное сияние/ Northern lights	0,72	0,79	3	8	333	680
Лекарь / The Healer	0,75	0,77	3	3	717	580
Элексир / Elixir	0,72	0,70	4	5	600	578
Гурман/ Gourmet	0,80	0,78	3	3	650	670
Гибрид 1 / Hybrid 1	0,72	0,76	3	3	700	670
Гибрид 2 / Hybrid 2	0,79	0,82	6	5	500	690
Химическая система защиты (контроль) / Chemical protection system (control)						
Невский (st) / Nevsky (st)	0,67	0,70	2	3	385	590
Северное сияние/ Northern lights	0,69	0,75	3	5	333	558
Лекарь / The Healer	0,70	0,72	3	2	630	490
Элексир / Elixir	0,65	0,68	3	4	510	550
Гурман / Gourmet	0,73	0,74	3	2	610	430
Гибрид 1 / Hybrid 1	0,70	0,72	3	3	680	530
Гибрид 2 / Hybrid 2	0,74	0,77	4	4	490	570

В начале вегетации 2023 года все сорта успели заложить оптимальное количество стеблей и выдержать параметры линейного роста, однако биомасса у сортов Лекарь, Гурман и Гибрида 1 была меньше на 19-22%.

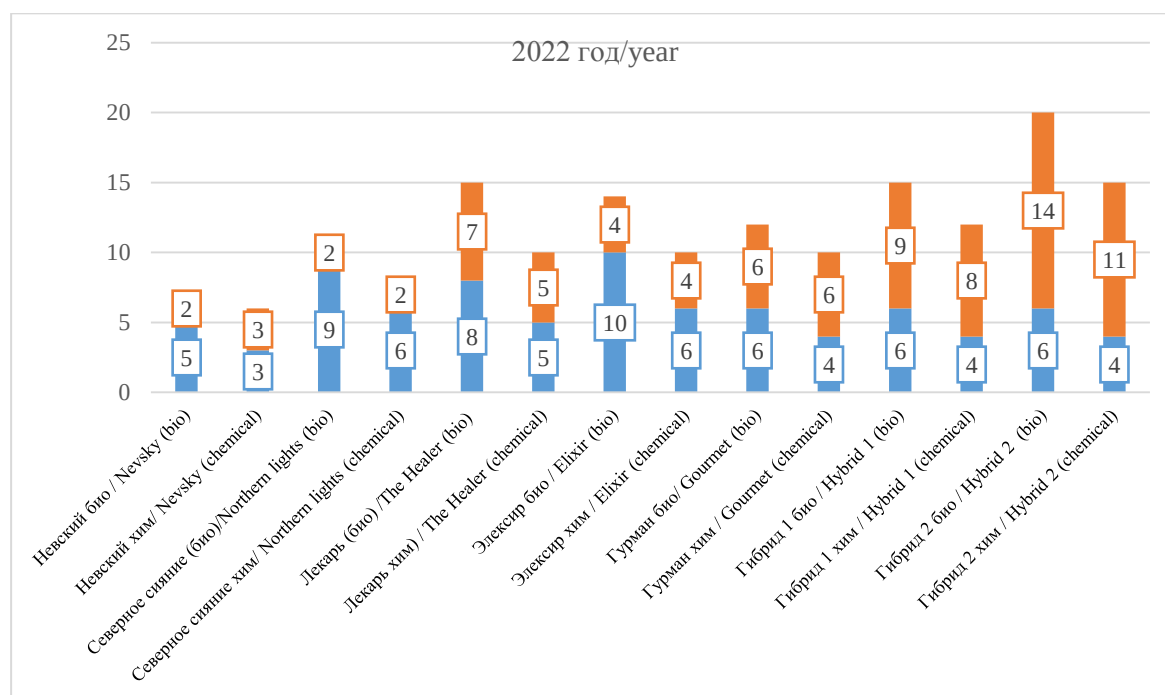


Рисунок 3 а – Количество клубней с одного растения в зависимости от применяемой системы защиты растений, шт.

Figure 3 a – The number of tubers per plant, depending on the applied plant protection system, pcs

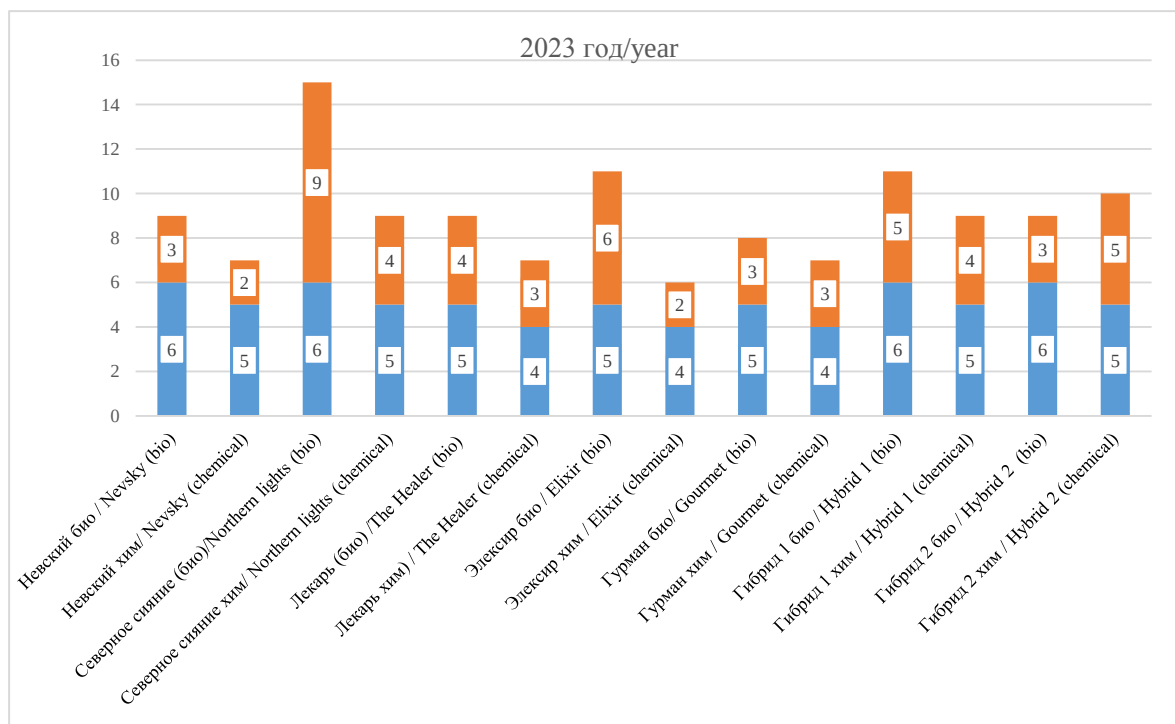


Рисунок 3 б – Количество клубней с одного растения в зависимости от применяемой системы защиты растений, шт.

Figure 3 b – The number of tubers per plant, depending on the applied plant protection system, pcs.

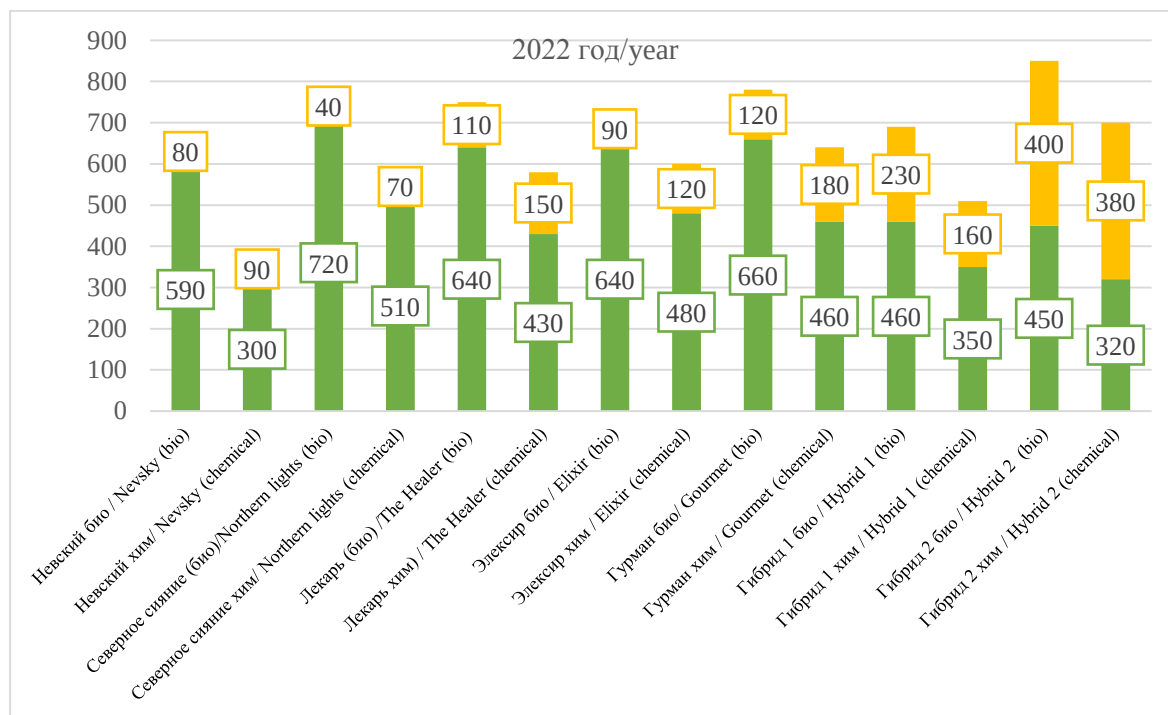


Рисунок 4 а – Масса клубней с одного растения в зависимости от применяемой системы защиты растений, г

Figure 4 a – The mass of tubers per plant, depending on the applied plant protection system, g

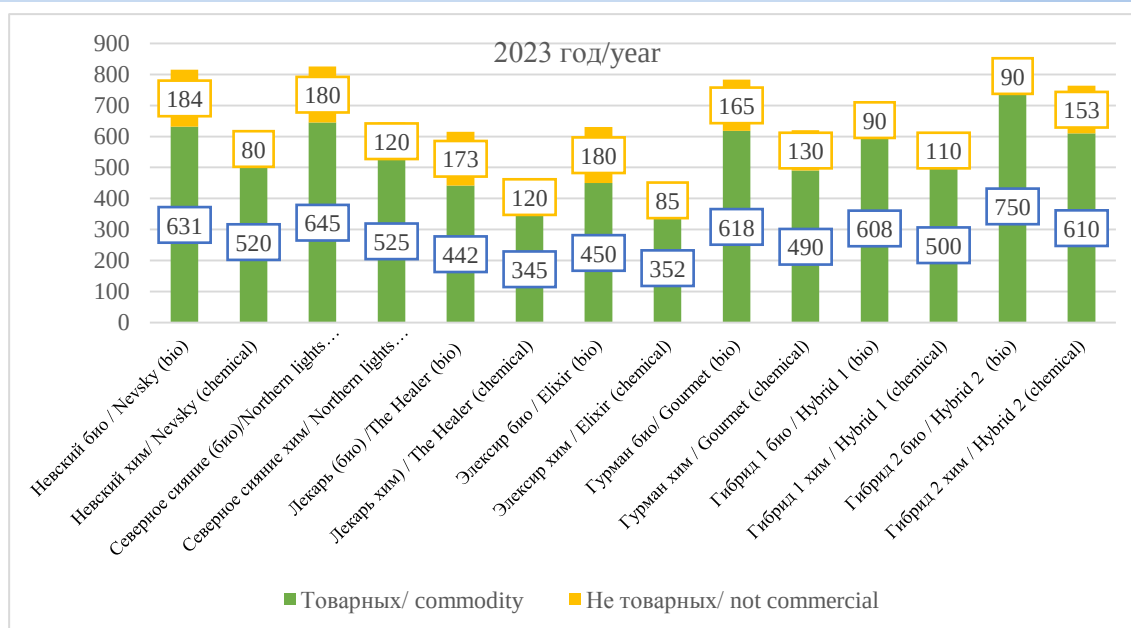


Рисунок 4 б – Масса клубней с одного растения в зависимости от применяемой системы защиты растений, г
Figure 4 b – The mass of tubers per plant, depending on the applied plant protection system, g

По сортам Невский, Северное сияние и Гибрид 2, напротив, отмечено значительное увеличение массы ботвы в сравнении с 2022 годом, при этом преимущество биологической системы защиты сохранилось. Опираясь на полученные результаты, можно констатировать отзывчивость всех сортов на применение биопрепаратов по сравнению с химическими аналогами.

Все находящиеся на испытании сорта и гибриды имеют высокий потенциал клубнеобразования (рисунок 3 а, б), но максимальное количество клубней с одного растения было отмечено при биологической системе защиты. Применение химических средств защиты существенно снизило закладку столонов, которых в зависимости от сорта было меньше на 3-5 шт. в сравнении с биологической защитой, такая закономерность прослеживалась до конца вегетации и отразилась на массе товарных и не товарных клубней.

Минимальное количество клубней как на биологической, так и на химической системах защиты было отмечено у сорта Невский в 2022 году и составило 7 и 6 шт. с одного растения. Другие изучаемые сорта и гибриды раскрыли достаточно высокий потенциал по клубнеобразованию, и их количество варьировало от 8 до 20 шт. с одного растения. При применении биопрепаратов количество сформированных клубней изменялось от 11 до 20 шт. и превосходило химическую защиту на 14-25%.

Анализируя полученные результаты по структуре урожая рисунок 4 а, б, следует отметить положительное влияние биопрепаратов на продуктивность всех сортов в сравнении с химическими. Несмотря на то что в годы исследований погодные условия складывались по-разному, эффективность биологической системы защиты растений была очевидной, так как способствовала росту продуктивности сортов в 2022 году на 18-42%, а в 2023 году на 10-31%.

Находившиеся на агроэкологическом испытании сорта и гибриды в 2022 году превышали продуктивность контроля (сорт Невский) на 10-20%, где максимальными значениями 850-700 г/куст характеризовался Гибрид 2 при обеих системах защиты. В 2023 году при использовании биопрепаратов продуктивность сорта Невский, используемого в качестве контроля, была больше на 18% в сравнении с 2022 годом и на 26% в сравнении с химической защитой растений. При этом следует отметить сорт Северное сияние и Гибрид 2, которые отличались высокими адаптационными способностями и показали более высокую продуктивность по отношению к контролю.

Таблица 3 – Оценка сортов картофеля по товарности в зависимости от систем защиты растений
Table 3 – Evaluation of potato varieties by marketability depending on plant protection systems

Сорта и гибриды / Varieties and hybrids	Товарность / Marketability, %					
	Биологическая система защиты / Biological protection system			Химическая система защиты (контроль) / Chemical protection system (control)		
	2022	2023	Среднее/ Average	2022	2023	Среднее/ Average
Невский (st) / Nevsky (st)	88,1	77,4	82,8	77,0	86,7	81,8
Северное сияние / Northern lights	95,0	78,2	86,6	88,0	81,4	84,7
Лекарь / The Healer	85,3	72,0	78,7	74,1	74,2	74,2
Элексир / Elixir	87,7	71,4	80,0	80,0	80,5	80,3
Гурман / Gourmet	85,0	79,0	82,0	72,0	79,0	75,5
Гибрид 1 / Hybrid 1	66,6	87,1	77,0	68,6	82,0	75,3
Гибрид 2 / Hybrid 2	53,0	89,3	71,2	45,7	80,2	63,0

В структуре урожая 2022 года все сорта на фоне биозащиты имели товарность более 80%, при этом наибольшее значение отмечено по сорту Северное сияние 95%, тогда как гибриды заложили наибольшее количество клубней, но реализовать этот потенциал не смогли и товарность составила 53-66,6%. Применение химических средств защиты снижало процент товарных клубней относительно варианта с биопрепаратами. Обработка клубней перед посадкой и растений во время вегетации биопрепаратами способствует росту товарности. По некоторым сортам этот показатель увеличивался на 6,5-8,2%, позволяя получать более выровненную фракцию товарной продукции.

В 2023 году на варианте с применением микробиологических препаратов по всем сорта, кроме сорта Гурман, наблюдалась обратная зависимость по уровню товарности в сравнении с химическими препаратами, отмечалось снижение товарности при этом на варианте с биозащитой масса товарных клубней была выше, что свидетельствует о том, что применение биопрепаратов стимулирует процесс клубненакопления, но и клубнеобразования в течении всей вегетации.

В наших исследованиях максимальная урожайность клубней картофеля получена в варианте с биологической системой защиты растений и в зависимости от изучаемых сортов и гибридов в среднем за два года составила 27,2-33,8 т/га (таблица 4). Минимальная урожайность клубней картофеля получена в варианте с химической системой защиты растений, которая в среднем находилась в пределах 19,8-29,2 т/га или на 13-33% меньше по сравнению с биологической.

Наибольшей продуктивностью в среднем за годы исследований характеризовался гибрид 338-45-82-12, который на фоне биопрепаратов сформировал урожайность на уровне 33,8 т/га, а на варианте с химическими пестицидами – 29,2 т/га. Также высокие показатели продуктивности отмечены у сортов Северное сияние и Гурман, соответственно 31,7 и 31,3 т/га на варианте с биологической защитой.

Таблица 4 – Оценка сортов картофеля по урожайности в зависимости от систем защиты растений
Table 4 – Evaluation of potato varieties by yield depending on plant protection systems

Сорта и гибриды / Varieties and hybrids	Урожайность, т/га/ Yield, t/ha					
	Биологическая система защиты / Biological protection system			Химическая система защиты (контроль) / Chemical protection system (control)		
	2022	2023	Среднее / Average	2022	2023	Среднее / Average
Невский (st) / Nevsky (st)	26,8	32,6	29,7	19,6	24,0	19,8
Северное сияние / Northern lights	30,4	33,0	31,7	23,2	25,8	24,5
Лекарь / The Healer	30,0	24,6	27,3	23,2	18,6	20,9
Элексир / Elixir	29,2	25,2	27,2	24,0	17,5	21,0
Гурман / Gourmet	31,2	31,3	31,3	25,6	24,8	25,2
Гибрид 1 / Hybrid 1	27,6	27,9	28,0	20,4	24,4	22,4
Гибрид 2 / Hybrid 2	34,0	33,6	33,8	28,0	30,4	29,2

НСП А, т/га = 0,39, НСП В, т/га = 0,73, НСП АВ, т/га = 55

Пищевое и потребительское достоинство клубней картофеля определяется высоким содержанием в них крахмала и сухого вещества. Поэтому очень важно при разработке и подбору системы защиты растений обеспечивать получение высококачественной, экологически безопасной продукции.

Повышенное содержание сухого вещества в клубнях картофеля имели сорта Северное сияние – 23,11-23,17% и Невский – 22,44-22,65% (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели содержания питательных веществ и нитратов в клубнях картофеля, среднее 2022-2023 г

Table 5 – Indicators of the content of nutrients and nitrates in potato tubers, average 2022-2023 g

Система защиты / Protection system		Сорта и гибриды / Varieties and hybrids	Содержание в сырой массе клубня / The content of the tuber in the raw mass, %				Нитраты, мг/кг/ Nitrates, mg/kg	
			СВ / dry matter		Крахмал / starch			
			2022	2023	2022	2023	2022	2023
Биологическая система защиты / Biological protection system	Невский (st) / Nevsky (st)	22,65	23,83	14,33	15,02	20,36	21,64	
	Северное сияние / Northern lights	23,17	24,37	15,43	16,17	15,05	16,00	
	Лекарь / The Healer	17,64	18,56	11,34	11,88	26,56	28,23	
	Элексир / Elixir	20,62	21,69	13,67	14,33	19,92	21,17	
	Гурман / Gourmet	20,13	21,18	13,83	14,49	21,69	23,06	
	Гибрид 1 / Hybrid 1	18,53	19,49	11,02	11,55	35,85	38,11	
	Гибрид 2 / Hybrid 2	19,37	20,38	14,83	15,54	46,48	49,41	
Химическая система защиты (контроль) / Chemical protection system (control)	Невский (st) / Nevsky (st)	22,44	23,61	13,81	14,47	32,51	34,56	
	Северное сияние / Northern lights	23,11	24,31	15,03	15,75	40,43	42,98	
	Лекарь / The Healer	17,51	18,42	10,89	11,41	45,95	48,84	
	Элексир / Elixir	20,08	21,12	13,52	14,17	39,26	41,73	
	Гурман / Gourmet	19,99	21,03	12,31	12,90	48,54	51,60	
	Гибрид 1 / Hybrid 1	18,44	19,40	10,09	10,57	54,91	58,37	
	Гибрид 2 / Hybrid 2	19,30	20,30	14,72	15,43	58,23	61,90	

В клубнях картофеля сортов Элексир, Гурман и у Гибридов 1 и 2 содержание сухого вещества было ниже и изменялось от 18,44 до 20,62%. Минимальное содержание сухого вещества в клубнях картофеля было у сорта Лекарь, которое в зависимости от системы защиты картофеля изменялось от 17,51 до 17,64%. Содержание крахмала в клубнях картофеля в зависимости от системы защиты по сортам изменялось от 10,9 до 15,43%. Максимальным содержанием крахмала 15,03-15,43 характеризовался сорт Северное сияние, а минимальным – 10,09-11,02 Гибрид 1.

При оценке безопасности химической продукции мы учитывали содержание токсина NO_3 в клубнях. Согласно санитарным нормам, клубни считаются экологически чистыми, если содержание NO_3 не превышает 200 мг/кг. Анализ результатов исследований показал, что продукция, произведенная с использованием различных систем защиты, содержит значительно меньше NO_3 , чем допустимый порог 15,05-58,2 мг/кг. Однако при использовании химической системы защиты содержание NO_3 повышается на 11,75-26,85% по сравнению с биологической системой защиты.

Выводы. Таким образом, сравнение различных систем защиты позволило определить наиболее эффективную для орошаемых условий Нижнего Поволжья, а также подобрать сорта с высокими адаптационными качествами. Применение биопрепаратов обеспечило повышение супрессивности почвы, а также способствовало росту продуктивности в зависимости от сорта на 10-40% и обеспечило прибавку урожая на 4,6-9,9 т/га. Как показали результаты исследований эффективность биологической системы защиты составила 13-33% в сравнении с химической.

Conclusions. Thus, the comparison of various protection systems made it possible to determine the most effective for the irrigated conditions of the Lower Volga region, as well as to select varieties with high adaptive qualities. The use of biological preparations increased the suppressiveness of the soil, and also contributed to the increase in productivity, depending on the variety, by 10-40% and provided an increase in yield by 4.6-9.9 t/ha.

Библиографический список

1. Анишко М. Ю., Зимина Ж. А., Андросов П. А. Влияние фолиарных подкормок на урожайность картофеля. *Аграрная Россия*. 2022. № 5. С. 29-31.
2. Бутов А. В., Мандрова А. А. Экологическое качество картофеля при биологизации высокоинтенсивной технологии его возделывания и поливе. *Техника и технология пищевых производств*. 2018. Т. 48. № 2. С. 170-177.
3. Гериева Ф. Т., Газданова И. О. Эффективность применения перспективных биопрепаратов нового поколения в условиях Северо-Кавказского региона. *Аграрный вестник Урала*. 2021. № 03 (206). С. 2-9.
4. Жукова Ю. С. Проблемы и перспективы развития производства и продажи диабетической продукции в России. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2016. № 6 (48).
5. Зеленев А. В., Уришев Р. Х. Урожайность сортов картофеля в зависимости от применения различных удобрений при капельном орошении Нижнего Поволжья. *Основы и перспективы органических биотехнологий*. 2018. № 1. С. 26-30.
6. Максимов Д. А., Минин В. Б., Мельников С. П., Установ А. А. и др. Экспериментальные исследования по возделыванию картофеля в соответствии с требованиями органического земледелия. *Теоретический и научно-практический журнал. ИАЭП*. 2017. Вып. 93. С. 34-42.
7. Минин В. Б., Мельников С. П., Логинов Г. А., Мбайхолойел Э. Предварительная оценка биологизированной технологии возделывания картофеля на Северо-Западе России. *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*. 2019. № 2 (99). С. 204-214.
8. Плеханова Л. П., Булдаков С. А. Эффективность действия биопрепаратов и фунгицидов против болезней растений, клубней картофеля и их влияние на урожайность. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2019. № 9 (87).
9. Есаулко А. Н. и др. Современные удобрения и получение высоких урожаев экологически чистого картофеля на черноземе выщелоченном. *Вестник АПК Ставрополя*. 2013. № 4 (12). С. 26-30.
10. Удалова Е. Ю. Фитометрический показатель и урожайность картофеля в зависимости от применяемых фунгицидов. *Вестник Марийского государственного университета «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки»*. 2019. № 2. Т. 5. С. 204-209.
11. Шабанов А. Э., Анисимов Б. В., Киселев А. И., Зебрин С. Н. Новые перспективные сорта картофеля и их урожайность при создании оптимального агрофона с применением капельного полива. *Аспирант*. 2016. № 4. Ч. 1. С. 43-45.
12. Гиченкова О. Г., Лаптина Ю. А., Маликова П. С., Лаптина У. А. Эколого-географическое испытание сортов картофеля с пигментированной окраской мякоти. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2023. № 4 (72). С. 112-124.

References

1. Anishko M. Yu., Zimina Zh. A., Androsov P. A. The effect of foliar top dressing on potato yield. *Agrarian Russia*. 2022. No. 5. Pp. 29-31.
2. Butov A. V., Mandrova A. A. Ecological quality of potatoes during biologization of high-intensity technology of its cultivation and watering. *Technique and technology of food production*. 2018. Vol. 48. No. 2. Pp. 170-177.
3. Gerieva F. T., Gazdanova I. O. The effectiveness of the use of promising new generation biologics in the conditions of the North Caucasus region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021. No. 03 (206). Pp. 2-9.
4. Zhukova Yu. C. Problems and prospects of development of production and sale of diabetic products in Russia. *International Scientific Research Journal*. 2016. № 6 (48).
5. Zelenov A. V., Urishev R. H. The yield of potato varieties depending on the use of various fertilizers in drip irrigation of the Lower Volga region. *Fundamentals and prospects of organic biotechnologies*. 2018. No. 1. Pp. 26-30.
6. Maksimov D. A., Minin V. B., Melnikov S. P., Ustanov A. A., et al. Experimental research on potato cultivation in accordance with the requirements of organic farming. *Theoretical and scientific-practical journal. IAEП*. 2017. Issue 93. Pp. 34-42.
7. Minin V. B., Melnikov S. P., Loginov G. A., Mbayholoyel E. Preliminary assessment of the biologized technology of potato cultivation in the North-West of Russia. *Technologies and technical means of mechanized production of crop production and animal husbandry*. 2019. No. 2 (99). Pp. 204-214.
8. Plekhanova L. P., Buldakov S. A. The effectiveness of biologics and fungicides against plant diseases, potato tubers and their effect on yield. *International Scientific Research Journal*. 2019. № 9 (87).
9. Yesaulko A. N., et al. Modern fertilizers and obtaining high yields of environmentally friendly potatoes on leached chernozem. *Bulletin of the Agroindustrial complex of Stavropol*. 2013. № 4 (12). Pp. 26-30.
10. Udalova E. Y. Phytometric index and potato yield depending on the applied fungicides. *Bulletin of the Mari State University "Agricultural sciences. Economic Sciences"* 2019. No. 2. Vol. 5. Pp. 204-209.
11. Shabanov A. E., Anisimov B. V., Kiselev A. I., Zebrin S. N. New promising potato varieties and their productivity in creating an optimal agrophone using drip irrigation. *Graduate student*. 2016. No. 4. Part 1. Pp. 43-45.
12. Gichenkova O. G., Laptina Yu. A., Malikova P. S., Laptina U. A. Ecological and geographical testing of potato varieties with pigmented pulp color. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education*. 2023. № 4 (72). Pp. 112-124.

Информация об авторах

Гиченкова Ольга Геннадьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Садоводство и защита растений» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), e-mail: olga.gichenkova@mail.ru

Лаптина Юлия Александровна, зам. директора по науке, ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, ФИЦ «Немчиновка» (Российская Федерация, 143026, Московская область, г. Одинцово, пос. Новоивановское, ул. Агрохимиков, д. 6), e-mail: ylaptina82@mail.ru

Маликова Полина Сергеевна, аспирант агротехнологического факультета ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), e-mail: polina_aleksashenkova@mail.ru

Лаптина Ульяна Алексеевна, студент агротехнологического факультета ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), e-mail: ylanalaptina@gmail.com

Author's Information

Gichenkova Olga Gennadiyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Horticulture and Plant Protection, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Ave., 26), e-mail: olga.gichenkova@mail.ru

Laptina Yulia Aleksandrovna, Leading researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Federal Research Center "Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow Region, Odintsovo, Novoivanovskoye Settlement, Agrokhimikov St., 6), e-mail: ylaptina82@mail.ru

Malikova Polina Sergeevna, postgraduate student, Agrotechnological Faculty, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Ave., 26), e-mail: polina_aleksashenkova@mail.ru

Laptina Ulyana Alekseevna, student, Agrotechnological Faculty, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Ave., 26), e-mail: ylanalaptina@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-12

COTTON FIBER QUALITY OF RUSSIAN BREEDING. PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

¹Grigoriev S. V., ²Illarionova K. V.¹N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR)²Peter the Great Polytechnic University
Saint Petersburg, Russian Federation

Corresponding author E-mail: ser.grig@mail.ru

Received 26.05.2024

Submitted 02.07.2024

The work was carried out within the framework of the VIR state task according to the thematic research plan "Plant resources of oilseeds and fiber crops of the VIR as the basis for theoretical research and their practical application" No. FGEM-2022-0005

Summary

The article presents the results of the quality parameters assessment of white and naturally colored cotton fiber of breeding material and varieties of cotton grown in the Southern Federal District of the Russian Federation, identification of the principal components among a number of quality characteristics, searching for sources of traits for creating cotton varieties of high-grade fiber.

Abstract

Introduction. Cotton (*Gossypium* spp.) is the most important industrial crop in the world. Cotton is a key raw material for the textile industry of the Russian Federation, which is being imported in large volumes. The cost of the fiber is determined by its quality characteristics. Improving fiber is one of the main objectives of crop breeding. Length, uniformity, strength, maturity and fineness are the most important fiber parameters. **Materials and methods.** The object of the research was samples of differently colored cotton fiber from lines and varieties of cotton of Russian breeding. The fiber obtained from 17 accessions of *Gossypium* spp. cotton VIR catalogue, grown in the Astrakhan region of RF were carried out using a complex of analytical equipment HVI 1000 (Uster Technologies AG). Fiber quality traits were interpreted using principal component analysis (PCA). **Results and conclusion.** The fiber length varied in range 28.1-29.6 mm, which corresponded to quality fiber of type 4-5. Strength – was not lower than 25.2, which characterizes the fiber strength not lower than average level. It was found that the fiber had normal micronaire in range 3.8-4.0, which indicated a good degree of maturity of the fibers, which is most acceptable in the textile industry. Significant factor loadings in the variability of quality attributes were established for micronaire (factor loading 0.91), strength and uniformity (loading 0.91). In contrast to the fiber length (loading 0.20) and fiber elongation at break (0.11). The research showed that the fiber length of cotton varieties and lines was not significantly related to its strength, fineness, maturity (micronaire) and uniformity. The goal should be to simultaneously increase the fiber length, its strength and optimize the micronaire up to the gradations recommended range 3.5-4.9.

Keywords: cotton fiber, fiber length, fiber strength, fiber quality.

Citation. Grigoriev S. V., Illarionova K. V. Cotton fiber quality of russian breeding. Principal component analysis. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 115-122 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-12.

Author's contribution. In the presented publication, all listed authors were directly involved in planning, performing the necessary experiments and analyzing the data obtained. The declared authors of this article have previously read and approved the final version submitted.

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

УДК 633.511:631.52

**КАЧЕСТВО ВОЛОКНА ХЛОПЧАТНИКА РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ.
АНАЛИЗ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ**¹Григорьев С. В., кандидат сельскохозяйственных наук²Илларионова К. В., кандидат технических наук, доцент¹ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский Политехнический университет им. Петра Великого²ФГБНУ ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР)
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Исследования проведены в соответствии с тематическим планом ВИР № FGEM-2022-0005
«Растительные ресурсы масличных и прядильных культур ВИР как основа теоретических
исследований и их практического использования»**

Актуальность. Хлопчатник (*Gossypium* spp.) является важнейшей промышленной культурой в мире. Хлопок – ключевое сырье для текстильной промышленности РФ, которое импортируется в больших объемах. Стоимость волокна обуславливается его характеристиками качества. Улучшение волокна – одна из главных задач селекции культуры. Длина, однородность, прочность, зрелость и тонины являются важнейшими параметрами волокна. **Объект.** Объектом исследований явились образцы разноокрашенного хлопкового волокна линий и сортов хлопчатника российской селекции. **Материалы и методы.** Проведено изучение волокна, полученного с 17 образцов хлопчатника *Gossypium* spp. каталога ВИР, выращенного в Астраханской обл. России с использованием комплекса аналитического оборудования HVI 1000 (Uster Technologies AG). Признаки качества волокна интерпретированы с применением анализа главных компонент (PCA). **Результаты и выводы.** Длина волокна варьировала в пределах 28,1-29,6 мм, что соответствовало качественному волокну 5 типа. Прочность – не ниже 25,2, что характеризовало устойчивость к разрыву не ниже средней степени. Хлопковое волокно демонстрировало нормативные параметры микропейра 3,8-4,0, что оценено в градациях зрелого, достаточно выполненного и нормально извитого волокна, которое востребовано в промышленном прядении. Значимые факторные нагрузки признаков качества установлены для микропейра (нагрузка 0,91), прочности и равномерности по длине (нагрузки по 0,91). Контрастно меньшие нагрузки имели показатели длины (0,20) и удлинения волокна при разрыве (0,11). Результаты исследований показали, что длина волокна хлопчатника сортов и линий значимо не связана с его прочностью, тониной, зрелостью (микропейром) и равномерностью по длине. В селекции сортов хлопчатника РФ следует преследовать цель комплексного повышения длины волокна, его прочности и оптимизации микропейра до востребованных в производстве значений в пределах 3.5-4.9. Сделан вывод, что волокно хлопчатника выращиваемого в условиях Южного ФО России, может сочетать признаки длинного и оптимально прочного волокна в комплексе со зрелостью и тониной.

Ключевые слова: хлопковое волокно, длина волокна, прочность волокна, качество волокна.

Цитирование. Григорьев С. В., Илларионова К. В. Качество волокна хлопчатника российской селекции. Анализ главных компонент. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 115-122. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-12.

Авторский вклад. В представленной публикации все перечисленные авторы непосредственно принимали участие в планировании, выполнении необходимых экспериментов и анализе полученных данных. Заявленные авторы данной статьи предварительно ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы публикации заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Хлопчатник является основным возобновляемым источником натурального текстильного волокна, одной из важнейших экономических культур мира и выращивается почти на 30 млн га. Промышленная переработка хлопка являются важнейшей частью мировой экономики. Но глобальное производство хлопка отстает от интенсивно растущего его потребления. Вместе с тем мировые цены на это сырье находятся под сильным давлением из-за конкуренции со стороны растущего производства синтетических волокон [1, 2]. В современных условиях ограниченной доступности и дефицита воды необходимо усиление признака толерантности сортов хлопчатника к ограниченному поливу [3]. Однако качество хлопкового волокна остается одним из основных конкурентных преимуществ культуры [4]. Показатели качества волокна контролируются множеством генов и являются сложными количественными признаками, селекционное улучшение которых достаточно не просто, поскольку могут отрицательно коррелировать с достижением потенциальной урожайности [5]. Длина волокна, однородность по длине, прочность, удлинение при разрыве, зрелость и то-

нина (микронейр) являются важнейшими параметрами качества хлопкового волокна [6]. Однако некоторые авторы выделяют значимость длины и прочности волокна для получения качественной пряжи [7], другие отмечают, что именно микронейр (тонина и зрелость) должны быть в приоритете, поскольку оптимальный микронейр способствует применению современных технологий отделки волокна и повышает эффективность фабричного крашения [8].

Оценка качества отечественного хлопка представляется весьма актуальной, поскольку хлопок является основным натуральным сырьем для производства текстиля в РФ [9], которое ввозится в страну в больших объемах: импорт в группе «хлопок» (Код ТНВЭД: 52) в 2020 составил \$533 млн и достиг 249 тыс. т. Ввозилась преимущественно «пряжа хлопчатобумажная, не расфасованная» с доминированием поставок из Узбекистана (46%) и КНР (15%) [10].

Целью наших исследований явилась оценка параметров качества белого и цветного волокна у селекционных линий и сортов хлопчатника, выращенного в Южном ФО РФ, выделение главных компонент среди исследованных признаков качества волокна, поиск источников для создания сортов хлопчатника с качественным волокном.

Материалы и методы. Было проведено изучение хлопкового волокна, полученного с растений 17 образцов хлопчатника *Gossypium* spp. каталога ВИР (таблица 1), выращенного в Астраханской обл. России. Агроклиматические показатели района проведения полевых экспериментов были близки к средним многолетним, характеризовались крайней засушливостью, континентальностью, типичными для условий полупустыни, жаркими и сухими летними месяцами. Посев семян образцов производился по бороздам с высотой 15-20 см и междурядьем 60 см в середине мая. После посева проводился полив. Средняя температура в период с конца мая до конца сентября составила 22,8°C, количество осадков 22,0 мм. Наиболее жаркий период со среднесуточной температурой плюс 31,8°C длился с начала июля до начала августа и приходился на момент завершения массового цветения растений хлопчатника – начало формирования коробочек. Во время вегетации растений проводилось 9 поливов капельным методом в расчете 20 л/м². Почва на опытном поле луговая с содержанием доступных форм фосфора 72,2 мг/кг, азота – 28,0-32,2 мг/кг, калия – 50-70 мг/кг в пахотном горизонте. Плотный остаток солей местами достигал 0,72%, а содержание хлорид ионов – 0,116%. Волокно (хлопок-сырец) было собрано с трех первых коробочек нижних симподиальных ветвей у каждого растения изучаемых делянок вручную в середине сентября. Исследования средней пробы волокна каждого сорта и линии проводили в двух аналитических пробах по признакам длины (мм), равномерности по длине (%), прочности (g/tex), тонины и зрелости волокна – микронейру (μ/inch) с использованием комплекса аналитического оборудования Uster Technologies AG (HVI 1000). Статистическая обработка данных проведена с применением STATISTICA 10 for Windows.

Таблица 1 – Материал исследований. Образы хлопчатника *Gossypium* spp. – источники волокна
Table 1 – Material evaluated. Accessions of cotton *Gossypium* spp. as the source of fiber

Каталог / Catalog	Вид / Type	Название / Name	Происхождение / Origin
И:0159123	<i>G. hirsutum</i> L.	Войтенок ФРТ / Voitenok FRT	Россия / Russia
И:0159124	<i>G. hirsutum</i> L.	Аболин ЦФН / Abolin CFN	Россия / Russia
И:0159125	<i>G. hirsutum</i> L.	Кумбазик Марон / Kumbazik Maron	Россия / Russia
И:0159126	<i>G. barbadense</i> L.	Тямин / Taymin	Россия / Russia
И:0159127	<i>G. herbaceum</i> L.	Тутум / Tutum	Россия / Russia
И:0159128	<i>G. herbaceum</i> L.	Катипок Бура / Katipok Bora	Россия / Russia
И:604968	<i>G. hirsutum</i> L.	Рунгрин / Rungrin	Россия / Russia
И:604968	<i>G. hirsutum</i> L.	Рунгрин BrSds / Rungrin BrSds	Россия / Russia
И:604969	<i>G. hirsutum</i> L.	Kuk5	Россия / Russia
И:604970	<i>G. hirsutum</i> L.	Kuk4	Россия / Russia
И:604971	<i>G. hirsutum</i> L.	Kuk5GG5	Россия / Russia
И:604972	<i>G. hirsutum</i> L.	Форс / Force	Россия / Russia
И:604977	<i>G. hirsutum</i> L.	K4G2-3	Россия / Russia
И:604982	<i>G. hirsutum</i> L.	Рунгольт СБП / Runholt SBP	Россия / Russia
И:604983	<i>G. hirsutum</i> L.	K3GG6	Россия / Russia
И:604986	<i>G. hirsutum</i> L.	Kuk5GG5-6	Россия / Russia
И:604987	<i>G. hirsutum</i> L.	Kuk2GG2	Россия / Russia

Были проанализированы ковариационные зависимости изученных признаков качества волокна с применением анализа главных компонент (PCA). Анализ является многомерным статистическим методом, который позволяет эффективно идентифицировать и описать латентные взаимозависимости множества признаков, выделить и ранжировать факторы, описывающие дисперсию и ковариацию переменных, ранжировать каждый исследованный признак и его факторные нагрузки [11, 12].

Результаты и обсуждение. Исследования параметров волокна показали, что длина волокна колебалась в пределах 28,1-29,6 мм. Такое волокно может быть отнесено к качественному волокну 5 типа (таблица 2).

Равномерность длины волокна составила 84,0-85,7%. Этот показатель волокна является одним из важнейших для формирования качества прочности и выровненности пряжи.

Прочность волокна изученного волокна не снижалась менее 25,2 g/tex, что соответствовало фабричным нормативам для первого и второго сорта хлопкового волокна. Оптимальная прочность волокна варьировала в пределах 23,5-26,8 g/tex.

Таблица 2 – Средние значения физико-механических и геометрических параметров волокна образцов хлопчатника, Астраханская обл., Россия

Table 2 – Average values of physical, mechanical and geometric parameters of fiber of cotton samples, Astrakhan region, Russia

Astrakhan Region, Russia				
Параметры волокна / Fiber Parameters	Среднее* / Average*	Ошибка / Error	Максимум и минимум (для 95,00% интервала) / High and low (for 95.00% of the interval)	
Длина, мм / Length, mm	28,7	0,31	29,3	28,1
	29,0		29,6	28,3
Равномерность по длине, % / Uniformity in length, %	84,7	0,36	85,4	84,0
	84,9		85,7	84,2
Прочность, g/tex / Strength, g/tex	25,2	0,66	26,5	23,9
	25,5		26,8	24,2
Микронейр (тонина и зрелость), µg/inch / Micronaire (fineness and maturity), µg/inch	3,78	0,14	4,07	3,49
	4,00		4,29	3,71
Удлинение при разрыве, % / Elongation at break, %	6,37	0,08	6,54	6,21
	6,58		6,74	6,41
Примечание *значения аналитических проб. p = 0,0001 / Note *values of analytical samples. p = 0,0001				

Исследования показали, что волокно имело хорошую степень извитости и зрелости внутреннего канала. Значения микронейра изученных образцов волокна варьировали в пределах 3,8-4,0, что наиболее востребовано в промышленном прядении.

Удлинение при разрыве волокна имеет большое значение в оценке его механической эластичности. Средние значения показателя колебались в пределах 6,37-6,58 %.

Как уже было сказано, качество хлопкового волокна определяется комплексом признаков. Для оценки изученных образцов хлопчатника по параметрам волокна был проведен анализ главных компонент (*principal component analysis, PCA*), который позволил провести объективное ранжирование признаков по факторным нагрузкам. С использованием метода были выделены признаки, которые значимы для оценки образцов по волокну. При анализе нескольких факторов сильно коррелирующие между собой значения признаков были объединены под действие одного фактора. В результате метод позволил получить информативную структуру нескольких факторов, выделить основные, наиболее значимые главные, выделил из набора представленных признаков независимые группы, внутри которых связанность признаков (переменных) значимо выше, чем вне этих групп.

Анализ главных компонент выделил пять факторов, условно формирующих качество хлопкового волокна. С применением критерия «каменистой осыпи», который подразумевает поиск точки, после которой убывание значений стремится к выходу на плато, были выделены три фактора, которые определяют изменчивость и связанность признаков качества хлопкового волокна, таблица 3. Первые два фактора, как главные, суммарно объяснили 73% дисперсии. На долю фактора 1 пришлось 49,8% объяснённой дисперсии признаков, который установил, что значимую факторную нагрузку в дисперсии параметров каче-

ства волокна несут признаки: микронейр, который характеризует тонины и зрелость (факторная нагрузка минус 0,91), прочность и равномерность волокна по длине (нагрузка минус 0,91). Вместе с тем обнаружено, что контрастно меньшие факторные нагрузки имели показатели длины (нагрузка 0,20) и удлинения волокна при разрыве (нагрузка 0,11). Фактор 2, объяснивший только 23,2% дисперсии признаков волокна, выделил признак длины волокна с факторной нагрузкой минус 0,91. Факторные нагрузки остальных признаков были указаны как незначительные.

В координатной системе двух главных факторов (рисунок 1), по оси основного фактора 1 видно, что признаки длины волокна и удлинения при разрыве кардинально отстоят от признаков микронейра, прочности и равномерности волокна по длине. Следует предположить, что до 50% наблюдаемой изменчивости признаков качества волокна хлопчатника у представленных образцов определяется признаками зрелости, тонины, прочности и равномерности волокна с одной стороны, длины и удлинения волокна – с другой и их кардинальной сегрегацией в факторном поле.

Таблица 3 – Факторные нагрузки признаков качества хлопкового волокна и доли дисперсии, определенные главными факторами

Table 3 – Factor loadings of cotton quality traits and the proportion of variance determined by the main factors

Параметры волокна / Fiber Parameters	Факторные нагрузки / Factor loadouts		
	Фактор 1 / Factor 1	Фактор 2 / Factor 2	Фактор 3 / Factor 3
Дисперсия, % / Dispersion, %	49,8	23,2	19,3
Микронейр (MIC) / Microwire (MIC)	<u>-0,91</u>	0,24	0,14
Прочность (STR) / Durability (STR)	<u>-0,91</u>	-0,20	-0,04
Равномерность по длине (UNF) / Length Uniformity (UNF)	<u>-0,88</u>	-0,29	-0,04
Длина (UHML) / Length (UHML)	0,20	<u>-0,91</u>	-0,33
Удлинение при разрыве (ELNG) / Elongation at Break (ELNG)	0,11	-0,40	<u>0,91</u>
Стандартное отклонение 0,42 / Standard deviation 0.42			

Анализ компонент также позволил наглядно показать агрегированность и обособление кластеров образцов хлопчатника по пяти основным признакам качества хлопка, рисунок 2.

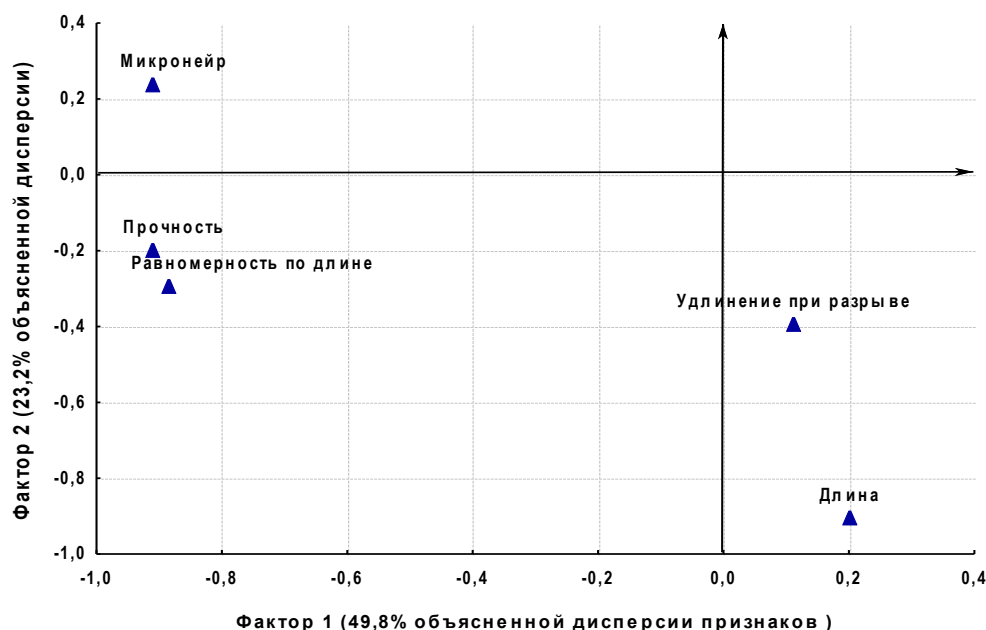


Рисунок 1 – Расположение признаков – параметров хлопкового волокна в системе двух первых факторов

Figure 1 – Location of traits – parameters of cotton fiber in the system of the first two factors

Основной фактор 1, отделил группы образцов, обладающих оптимальными значениями тонины и зрелости волокна (микронейра) (кластер А), от группы образцов с высокой прочностью (кластер В). Это можно объяснить тем, что высокая прочность волокна в ряде случаев наблюдалась у образцов хлопчатника с грубым волокном, имеющих показатели микронейра больше или меньше оптимальных значений. При более детальном анализе образцов – это волокна либо тонкостенные, недозревшие с малой извитостью, либо перезревшие и грубые. Фактор 1 также выделил группу образцов с длинным волокном (кластер С). По оси абсцисс главного фактора 1 видно, что кластеры образцов хлопчатника имеют общие зоны объединения: кластер А (оптимальный микронейр волокна) имеет зону пересечения с кластером В, который включает образцы высокой прочности. Вместе с тем группа образцов с длинным волокном (кластер С), включает в себя ряд образцов как с оптимальным микронейром, так и с прочным волокном.

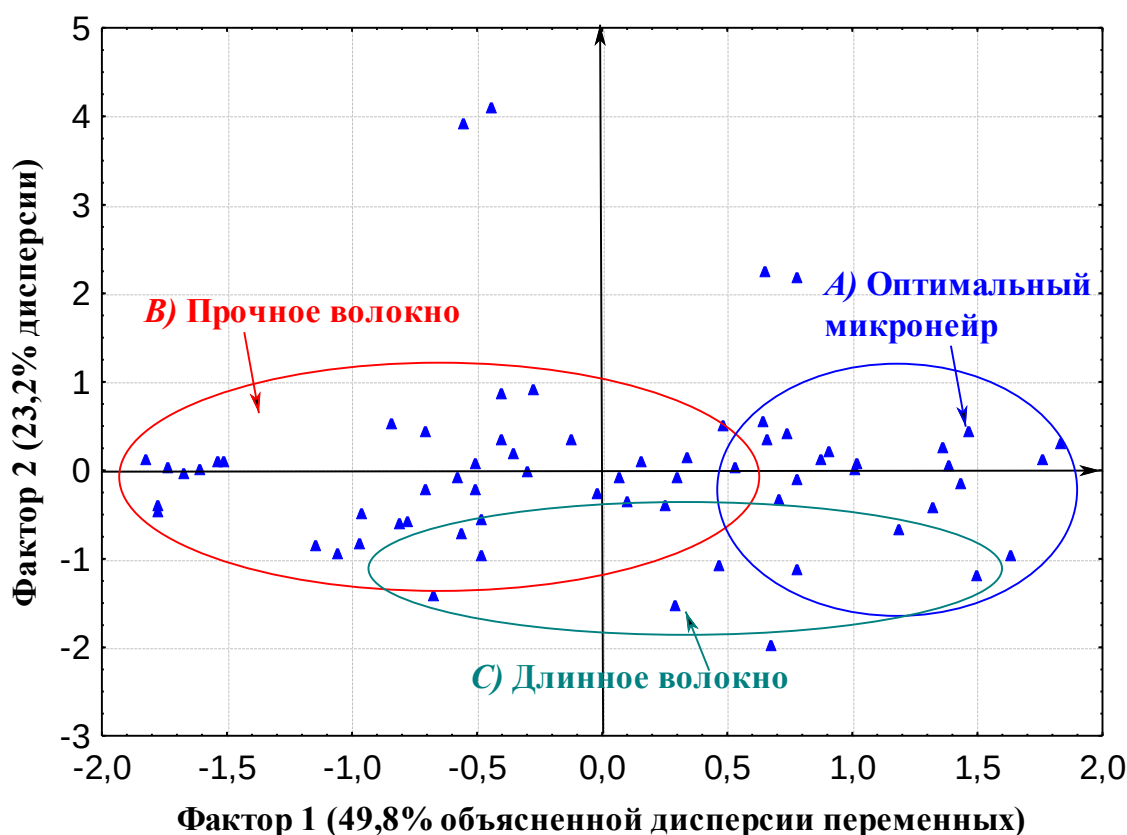


Рисунок 2 – Распределение образцов хлопчатника по признакам градаций качества волокна в системе координат двух главных факторов
Figure 2 – Distribution of cotton accessions according to fiber quality gradations in the coordinate system of two main factors

Заключение. Результаты проведенных исследований важных технологических признаков хлопкового волокна показали, что длина волокна хлопчатника сортов и линий, выращенных в Южном ФО России значимо не связана с его прочностью, тониной, зрелостью (микронейром) и равномерностью по длине. В ряде случаев может иметь место явление, когда наиболее длинное волокно становится менее прочным. Исследования показали, что в этом случае значимую роль может играть вариабельность микронейра волокна. У наиболее длинного волокна прочность может снижаться в силу регресса показателя извитости и зрелости волокна (микронейра). Однако необходимо отметить, что прочность волокна не оказывает значимого влияния на отрицательную корреляцию между микронейром и длиной. В связи с этим очевидна возможность эффективного повышения направленным отбором образцов по длине волокна в комплексе с прочностью и оптимальным микронейром волокна (в пределах 3.5-4.9), что весьма востребовано в текстильном производстве.

Из приведенных исследований следует вывод, что образцы хлопчатника при возделывании в условиях Южного ФО России могут совмещать признаки длинного и оптимально прочного волокна в сочетании с его зрелостью и тониной. Таким образом, на юге России можно создавать сорта хлопчатника, обладающие оптимальным сочетанием признаков качества волокна.

Conclusions. The results of studies of main technological characteristics of cotton fiber showed that the length of the fiber of cotton varieties and lines grown in the Southern Federal District of Russia is not significantly related to its strength, fineness, maturity (micronaire) and length uniformity. In some cases, a phenomenon may occur when the longest fiber becomes less strong. Studies have shown that in this case, the variability of the micronaire of the fiber can play a significant role. A decrease in micronaire can contribute to a decrease in the strength of a long fiber. So, fiber length is negatively related to micronaire, while fiber strength does not have a significant effect. For this reason, for breeding of Russian cotton varieties of new generation, the goal should be achieved to increase simultaneously the optimal length of fiber, its strength and optimize the micronaire up to the grades that are being recommended in textile production within 3.5-4.9.

Concluding the studies it follows that cotton, cultivated in the climatic conditions of the Southern Federal District of Russia, can combine the traits of long and optimally strong fiber in combination with its maturity and fineness. Thus, in the South of Russia it is possible to create cotton varieties with an optimal combination of fiber quality traits.

Библиографический список

1. Ulloa M., De Santiago L. M., Hulse-Kemp A. M., Stelly D. M., Burke J. J. Enhancing Upland cotton for drought resilience, productivity, and fiber quality: comparative evaluation and genetic dissection. *Molecular genetics and genomics*: MGG. 2020. 295(1). Pp.155-176.
2. OECD/Food and Agriculture Organization of the United Nations. "Cotton", in OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027. V. 2018. Rome: OECD Publishing, Paris/food and agriculture Organization of the United Nations.
3. Григорьев С. В., Илларионова К. В. Результаты селекции хлопчатника на качество волокна и продуктивность в условиях минимализации оросительных норм юга РФ. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 54. С. 120-123.
4. Илларионова К. В., Григорьев С. В. Микронейр и прочность хлопкового волокна, произведенного в РФ, как факторы высокого качества пряжи. Торгово-экономические проблемы регионального бизнес пространства. 2014. № 1. С. 235-238.
5. Ijaz B., Zhao N., Kong J., Hua J. Fiber quality improvement in Upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.): quantitative trait loci mapping and marker assisted selection application. *Frontiers in plant science*. 2019. № 10.1585.
6. Zhang K., Kuruparth V., Fang H., Zhu L., Sood S., Jones D. C. High-density linkage map construction and QTL analyses for fiber quality, yield and morphological traits using Cotton SNP63K array in Upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *BMC genomics*. 2019. № 20 (1). 889.
7. Yang X., Wang Y., Zhang G., Wang X., Wu L., et al. Detection and validation of one stable fiber strength QTL on c9 in tetraploid cotton. *Molecular Genetics and Genomics*. 2016. № 291. Pp.1625-1638.
8. Rodgers J., Zumba J., Fortier C. Measurement comparison of cotton fiber micronaire and its components by portable near infrared spectroscopy instruments. *Textile Research Journal*. 2017. № 87. Pp. 57-69.
9. Илларионова К. В., Григорьев С. В. Сырьевые предпочтения на рынке текстиля и предложения производству волокна в России. *Международный научный журнал*. 2015. № 1. С. 15-19.
10. Экспорт и импорт России по товарам и странам. <https://ru-stat.su/date-Y2017-2022/RU/import/world/1152>.
11. Григорьев С. В., Илларионова К. В., Подольная Л. П., Шеленга Т. В. Использование метода главных компонент в ранжировании образцов конопли посевной *Cannabis sativa* L. по жирнокислотному составу масла для ускорения селекции. Биотехнология и селекция растений. 2023. № 6 (4). С. 6-13.
12. Martins T. D., Annichino-Bizzacchi J. M., Romano A. V. C., Filho R. M. Principal component analysis on recurrent venous thromboembolism. *Clinical and applied thrombosis/hemostasis: official journal of the International Academy of Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis*. 2019. № 25. 1076029619895323.

References

1. Ulloa M., De Santiago L. M., Hulse-Kemp A. M., Stelly D. M., Burke J. J. Enhancing Upland cotton for drought resilience, productivity, and fiber quality: comparative evaluation and genetic dissection. *Molecular genetics and genomics*: MGG. 2020. 295(1). Pp. 155-176.
2. OECD/Food and Agriculture Organization of the United Nations. "Cotton", in OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027. V. 2018. Rome: OECD Publishing, Paris/food and agriculture Organization of the United Nations.
3. Grigoriev S. V., Illarionova K. V. Results of upland cotton lint quality and yielding improvement in conditions of watering limitation in Southern Russia. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2015. No 54. Pp. 120-123.
4. Grigoriev S. V., Illarionova K. V. Micronaire and strength of cotton fiber produced in the Russian Federation as factors of high quality yarn. Trade and economic problems of regional business space. 2014. No 1. Pp. 235-238.
5. Ijaz B., Zhao N., Kong J., Hua J. Fiber quality improvement in Upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.): quantitative trait loci mapping and marker assisted selection application. *Frontiers in plant science*. 2019. V. 10.1585.
6. Zhang K., Kuruparth V., Fang H., Zhu L., Sood S., Jones D. C. High-density linkage map construction and QTL analyses for fiber quality, yield and morphological traits using Cotton SNP63K array in Upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *BMC genomics*. 2019. V. 20 (1). 889.
7. Yang X., Wang Y., Zhang G., Wang X., Wu L., et al. Detection and validation of one stable fiber strength QTL on c9 in tetraploid cotton. *Molecular Genetics and Genomics*. 2016. V. 291. Pp.1625-1638.

8. Rodgers J., Zumba J., Fortier C. Measurement comparison of cotton fiber micronaire and its components by portable near infrared spectroscopy instruments. *Textile Research Journal*. 2017. V. 87. Pp. 57-69.
9. Illarionova K. V., Grigoriev S. V. Raw materials preferences in the textile market and offers for fiber production in Russia. *International scientific journal*. 2015. No 1. Pp. 15-19.
10. Export and import of Russia by goods and countries. <https://ru-stat.su/date-Y2017-2022/RU/import/world/1152>.
11. Grigoriev S. V., Illarionova K. V., Podolnaya L. P., Shelenga T. V. The use of the principal component analysis in ranking hemp (*Cannabis sativa* L.) accessions according to the seed oil fatty acid composition for crop improvement. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2023.6(4). Pp.6-13.
12. Martins T. D., Annichino-Bizzacchi J. M., Romano A. V. C., Filho R. M. Principal component analysis on recurrent venous thromboembolism. *Clinical and applied thrombosis/hemostasis: official journal of the International Academy of Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis*. 2019. V. 25. 1076029619895323.

Информация об авторах

Григорьев Сергей Владимирович, Ph.D., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, отдел генетических ресурсов масличных и прядильных культур, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР) (Российская Федерация, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 42), <https://orcid.org/0000-0001-7670-4360>, e-mail: ser.grig@mail.ru

Илларионова Ксения Викторовна, кандидат технических наук, доцент, ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский Политехнический университет им. Петра Великого (Российская Федерация, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), <https://orcid.org/0000-0002-2563-6094>, e-mail: elkv@mail.ru

Author's Information

Grigoriev Sergei Vladimirovich, Ph.D., Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Department of Genetic Resources of Oilseeds and Spinning Crops, N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (Russian Federation, 190000, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya str., 42), <https://orcid.org/0000-0001-7670-4360>, e-mail: ser.grig@mail.ru, s.grigoriev@vir.nw.ru

Illarionova Ksenia Victorovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Peter the Great Polytechnic University (Russian Federation, 190000, St. Petersburg, Polytechnic str., 29), <https://orcid.org/0000-0002-2563-6094>, e-mail: elkv@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-13

PHYTOSANITARY CONDITION OF SOYBEAN CROPS IN THE KALUGA REGION¹Demyanenko E. V., ¹Fedorova Z. S., ¹Malakhova S. D., ²Trunov V. V.

¹*Kaluga branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev"*
Kaluga, Russian Federation

²*Lipetsk Rapeseed Research and Development Institute – the branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center "All-Russian Research and Development Institute of Oilseeds named after V. S. Pustovoi"*
Lipetsk, Russian Federation

Corresponding author E-mail: soya@lniir.ru

Received 28.04.2024

Submitted 20.06.2024

Summary

Work on introduction of soybeans in the Kaluga region began in 1987 at the Kaluga branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev" (Kaluga, Russia). Soybean farming is moving to the northern regions. The studies are aimed at determining the species composition of pests and diseases of soybean of the northern ecotype in the conditions of the Kaluga region.

Abstract

Introduction. During the vegetation period, soybean is susceptible to damage by various types of pests and diseases. While soybean cultivation process in different regions of the Russian Federation, the diseases affecting the crop can vary tremendously. **Object of the research.** Various northern ecotype soybean varieties and their pests and diseases. **Materials and methods.** Biometric analysis of plant samples has been performed in accordance to Posynov G.S. method. The plants have been dug out to the depth of plowing. The nodules number and weight of the samples the weight and moisture content of plant organs have been determined. The leaf area has been calculated by the cut method. Leghemoglobin content in nodules has been found out using S. S. Melik-Sarkisyan method. Disease registration has been applied and diagnosis has been established during a fixed-route examination of experimental plots; 10 plants were selected at 10 areas, a total of 100 plants. The disease spread and the damage degree were taken into account in accordance to the phytopathological scales. Carrying out the surveys, not only the number of the pest has been determined, but also the degree of damage to the plants. Pest statistics were determined at permanent plots, using sweep-net method, during a route examination, and during the soybeans analysis. The plot seed yield was adjusted according to standard humidity.

In order to determine the correlation between the photosynthetic and symbiotic activity of soybean crops and the plant diseases spread, the variants with different degrees of pathogenic load were added into the experimental design. **Results and conclusions.** For the first time in the Central region of the Non-Chernozem Zone, the main pathogens affecting northern ecotype soybean varieties in this region - downy mildew, fusarium and – have been studied; their pathogenicity has been established. The species composition of potential soybean pests has been established. The economic threshold of harmfulness of the root nodule weevil has been determined. The study of northern ecotype soybean crops conducted in the Kaluga region has established a whole complex of pests and diseases. The main insect pests of northern ecotype soybean are represented by the orders of Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, and Thysanoptera. The class of arachnids is represented by the spider mite. The main pathogens that attack northern ecotype soybean varieties are the fungi of the *Fusarium* sp., *Peronospora*, *Ascochyta* genera; viruses – growth retardation virus, Bean Southern Mosaic Virus, wither tip strawberry virus 2

Keywords: soybean crops, phytosanitary condition of crops, soybean growing, soybean cultivation.

Citation. Demyanenko E. V., Fedorova Z. S., Malakhova S. D., Trunov V. V. Phytosanitary condition of soybean crops in the Kaluga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 122-132 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-13.

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

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

УДК 633.853.52:632.913

ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ СОИ В КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Демьяненко Е. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Федорова З. С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Малахова С. Д., кандидат биологических наук, доцент

²Трунов В. В., младший научный сотрудник

¹Калужский филиал ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
г. Калуга, Российская Федерация

²Липецкий научно-исследовательский институт рапса – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта»
г. Липецк, Российская Федерация

Резюме. Работы по интродукции сои в Калужской области были начаты в 1987 году в Калужском филиале Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева» (Калуга, Россия). Соеводство продвигается в северные районы. Цель исследований – определение видового состава вредителей и болезней сои северного экотипа в условиях Калужской области.

Актуальность. В течение вегетации соя подвержена повреждению вредителями и поражению болезнями различной этиологии. При возделывании сои в различных регионах Российской Федерации комплекс болезней, поражающих культуру, может значительно различаться. **Объект.** Различные сорта сои северного экотипа. Учитывали вредителей и болезни сои. **Материалы и методы.** Биометрический анализ растительных образцов проводили по методике Посыпанова Г. С. Растения откапывали на глубину пахотного слоя. Определяли количество и массу клубеньков в пробе, массу и влажность органов растений. Площадь листьев определяли методом высечек. Содержание легтемоглобина в клубеньках – по методике С. С. Мелик-Саркисян. Учёт и диагностику болезней проводили при маршрутном обследовании опытных делянок, в 10 точках отбирали по 10 растений, всего – 100 растений. Учитывали степень распространения болезней и степень поражения растений по фитопатологическим шкалам. При проведении учётов определяли не только численность вредителя, но и степень повреждения растений. Учёт вредителей определяли на стационарных площадках, методом «кошения» сачком, при маршрутном обследовании и при анализе бобов сои. Поделяночный урожай семян приводили к стандартной влажности. Для выявления связи фотосинтетической и симбиотической деятельности посевов сои с поражённостью растений болезнями в схему опыта ввели варианты с различной степенью патогенной нагрузки. **Результаты и выводы.** Впервые в Центральном районе Нечерноземной зоны изучены основные патогены, поражающие сорта сои северного экотипа в этом регионе - пероноспороз, фузариоз и вирус задержки роста; установлена степень их патогенности. Установлен видовой состав потенциальных вредителей сои. Определён экономический порог вредоносности клубенькового долгоносика. Исследованиями, проведёнными в посевах сои северного экотипа в условиях Калужской области, установлен комплекс вредителей и болезней. Ос-

новные насекомые-вредители сои северного экотипа представлены отрядами жесткокрылые, чешуекрылые, полужесткокрылые, бахромчатокрылые. Класс паукообразных представлен паутиным клещом. Основные патогены, поражающие сорта сои северного экотипа, – грибы рода *Fusarium* sp., *Peronospora*, *Ascochyta*; вирусы – вирус задержки роста, вирус южной мозаики фасолы *Bean Southern Mosaic Virus*, вирус краевого хлороза земляники *Strawberry virus*.

Ключевые слова: посевы сои, фитосанитарное состояние посевов, соеводство, возделывание сои.

Цитирование. Демьяненко Е. В., Федорова З. С., Малахова С. Д., Трунов В. В. Фитосанитарное состояние посевов сои в Калужской области. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 122-132. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-13.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В России потенциальные потери урожая от вредителей, болезней и сорняков составляют от 26 до 50%. Успех защиты растений во многом определяется наличием своевременной информации о развитии, распространении и численности вредных объектов, а также о состоянии растений и общей экологической обстановки. На основе такой информации планируется организация защиты растений. Получаемая фитосанитарная информация должна использоваться творчески, исходя из конкретных условий района возделывания сельскохозяйственных культур. Важно не только знать наиболее опасные вредные объекты, которые могут свести на нет труд, вложенный в выращивание культуры, но и своевременно применить эффективные, экономичные и безопасные для окружающей среды защитные методы и средства [1, 2].

Основные посевы сои в России находятся на Дальнем Востоке и в Центральном Черноземном районе. Но в последнее время всё чаще появляется информация о возделывании сои в Поволжье и в Нечерноземной зоне Российской Федерации. Сорта сои северного экотипа выгодно отличаются от сортов сои традиционных регионов возделывания, так как содержат больше белка [3].

Сорта сои северного экотипа поражаются болезнями и повреждаются вредителями. Однако видовой состав вредных организмов в данном регионе ранее не изучался [4].

В Калужской области соя высевается с 1987 года. К этому времени был создан первый сорт сои северного экотипа – Магева, исследования проводились с этим сортом, а затем по нашему региону были зарегистрированы сорта сои Окская, Светлая и Касатка.

Растения сои привлекают насекомых-фитофагов. В нашей зоне распространены клубеньковые долгоносики, повреждающие и однолетние, и многолетние бобовые культуры. В Орловской области всходам сои вредят не только долгоносики *Curculionidae*, но и гусеницы подгрызающих совок *Agrotis* и лугового мотылька *Loxostege sticticalis* [5].

На Дальнем Востоке известно около 100 видов фитофагов, но только 20 видов приносят экономический вред. Одним из специализированных вредителей является соевая плодожорка. Так, соевая плодожорка в Приморском крае по данным исследований в 2019-2020 гг. повредила от 4,5 до 10,2% бобов сои разных сортов. Доминирующими видами вредителей в Приморском крае являются листоед соевый полосатый *Paraluperodes suturalis nigrobilineatus* Motsch., соевая тля *Aphis glycinis* Mats. и соевая плодожорка *Leguminivora glycinivorella* Mats.

По данным Титовой С. А. и Семеновой Е. А. (2016) на Дальнем Востоке отмечено 30 грибных болезней сои. Мягкий влажный климат Хабаровского края влияет на развитие таких болезней сои, как септориоз, пероноспороз, церкоспороз, фузариоз, аскохитоз [6, 7]. Другие ученые отмечают, что в Приморском крае пероноспорозом за 2019 г. было поражено 95% посевов сои при степени развития 21,6%. Отмечен завоз заражённых бобов сои пурпурным церкоспорозом из Аргентины и Парагвая [8]. В Приморском крае ежегодно наблюдаются вспышки церкоспороза. При поражении растений сои церкоспорозом ухудшается качество зерна и снижается урожайность [9].

Болезни листьев сои резко снижают ассимиляционную поверхность растений, не позволяя им реализовать потенциальную урожайность сорта.

На Дальнем Востоке, как отмечает Р. В. Гнутова, встречается семь видов вирусных болезней сои [10].

Наиболее характерной реакцией растений сои на заболевание является изменение ферментативной активности, контролирующей метаболизм хозяина.

Материалы и методы. С 2015-2020 гг. проводились вегетационные и полевые опыты, учеты и наблюдения за развитием вредных организмов. Исследования проводились на территории Калужской области.

Цель наших исследований – определение видового состава вредителей и болезней сортов сои северного экотипа в условиях Калужской области.

Задачи исследований:

1. Установить видовой состав патогенов и вредителей по фазам развития сои в условиях Калужской области;
2. Определить влияние повреждения растений сои различными вредителями и болезнями на урожай семян.

Опыты закладывались в четырёхкратной повторности. Размещение делянок – рендомизированное. Контролем служили растения, не повреждённые вредителями и непоражённые фитопатогенами. Объектами исследований были сорта сои северного экотипа, районированные в Калужской области: Магева, Окская, Светлая и Касатка.

Учёт вредителей и болезней сои проводили в соответствии с методикой учёта численности основных вредителей и болезней бобовых, представленных в справочном пособии «Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами» [11]. Учет количества клубеньков определялся по методике изучения биологической фиксации азота воздуха. Растения откапывали на глубину пахотного слоя. Корни освобождали от почвы сухой разборкой с последующей отмывкой на ситах с диаметром отверстий 0,5 мм. Корни отделяли от стеблей на уровне корневой шейки. Определяли количество и массу клубеньков в пробе, массу и влажность органов растений, отбирали образцы на химический анализ. Площадь листьев определяли методом высечек. Учёт и диагностику болезней проводили при маршрутном обследовании опытных делянок, в 10 местах отбирали по 10 растений, всего – 100 растений. Учитывали степень распространения болезней и степень поражения растений по фитопатологическим шкалам [12].

При проведении учётов определяли не только численность вредителя, но и степень повреждения растений. Учёт вредителей определяли на стационарных площадках, методом «кошения» сачком (10 проб по 10 взмахов) с последующим определением насекомых в лабораторных условиях, при маршрутном обследовании путем осмотра 100 растений – 10 проб по 10 растений и при анализе бобов сои.

Поделяночный урожай семян приводили к стандартной влажности.

Результаты и обсуждение. В первые годы исследований (с 2015 по 2020 гг.) на сое в условиях Калужской области из вредителей встречались клубеньковые долгоносики (*Sitona crenitus*, *Sitona lineatus*). Было отмечено, что долгоносики наносят особый вред растениям сои. Опасность представляют и жуки, и личинки. В результате исследований был определен экономический порог вредоносности клубеньковых долгоносиков рода *Sitona* на сое – 30 шт./м².

Значительное влияние на развитие насекомых-фитофагов, как известно, оказывают погодные условия, особенно температура воздуха. Так, вегетационный период 2015 года отличался высокими температурами и отсутствием осадков. Температура воздуха во всех декадах была выше среднегодовых значений на 2,6-3,2°C, что отрицательно повлияло на развитие культурных растений. На посевах сои за данный период при проведении маршрутных обследований были выявлены следующие вредители: жуки клубенькового долгоносика и крестоцветной блошки, гороховый трипс, луговые клопы, клопы – щитники, а также паутинный клещ. Учеты, проведенные в фазу интенсивного роста сои, показали, что численность паутинного клеща – среднее число личинок, нимф и имаго на лист, в течение двух недель росло от 22,3 до 33 штук.

Клубеньковые долгоносики (*Sitona crenitus*, *Sitona lineatus*) и крестоцветная блошка (*Phyllotreta undulate*) наносили наибольший вред в начале вегетации – в фазу всходов сои. Процент повреждения листьев клубеньковым долгоносиком у сортов сои составлял от 15,4-

16,0% у сортов Окская и Светлая, у сорта Мажева до 19,4%. Наибольший процент повреждения листьев крестоцветной блошкой наблюдался у сои сорта Светлая. В меньшей степени жуками в фазу всходов повреждался сорт Окская.

Гороховый трипс (*Kakothrips robustus*) в посевах был обнаружен в фазу цветения сои.

Было выявлено, что повреждение растений гороховым трипсом снижает ассимиляционную поверхность листьев в два раза, а семена на поврежденных растениях не образуются. Поврежденные листья имели неравномерную желтовато-белую окраску, с нижней стороны листьев наблюдали темные выделения трипсов, листья быстро засыхали и опадали.

Поврежденные трипсом растения встречались очагами. На делянках сорта сои Окская очагов горохового трипса обнаружено не было (таблица 1).

Экономический порог вредоносности горохового трипса составляет 1 имаго на 2 цветка или 2 личинки на 1 цветок.

Таблица 1 – Влияние горохового трипса на развитие растений сои, 2020 г.

Table 1 – Impact of pea thrips on development of soybean plants, 2020

Показатель / Index	Вариант / Variant	Контроль / Control	Гороховый трипс / Pea thrips
Сорт Мажева / Mageva variety			
1. Площадь листьев, см ² /раст. / Leaf area, cm ² /plant		471	239,5
2. Повреждение листьев, % / Leaf damage, %		0	100
3. Повреждение семян / Seed damage		0	Семян нет / There are no seeds
Сорт Окская / Okskaya variety			
1. Площадь листьев, см ² /раст. / Leaf area, cm ² /plant		567	0
2. Повреждение листьев, % / Leaf damage, %		0	0
3. Повреждение семян / Seed damage		0	0
Сорт Светлая / Variety Svetlaya			
1. Площадь листьев, см ² /раст. / Leaf area, cm ² /plant		560	389,7
2. Повреждение листьев, % / Leaf damage, %		0	100
3. Повреждение семян / Seed damage		0	Семян нет / There are no seeds

По нашим наблюдениям численность личинок превышала экономический порог вредоносности и составляла 5 личинок на 1 цветок.

В фазу налива семян провели обследование посевов, в результате чего было выявлено повреждение семян сои луговым клопом (*Lygus pratensis* L.).

Повреждение семян луговым клопом наблюдалось у растений всех сортов сои, однако в большей степени были повреждены растения сорта Мажева – 32,0%. Луговой клоп переносит вирусные болезни.

В посевах сои за вегетационный период 2015 года при проведении учетов и маршрутных обследований были выявлены следующие вредители: жуки клубенькового долгоносика рода *Sitona*, гусеницы стальной совки (*Pyrrhia umbra* L.), гусеницы ивовой углокрылой пяденицы (*Semiothisa alternata* Hb.), нимфы клопа рапсового (*Eurydema oleraceae* L.), клопа щитника ягодного (*Dolichor baccarum* L.), щавелевого клопа (*Coreus magrinatus* L.) (таблица 2).

В фазу образования бобов провели обследование посевов, в результате чего было выявлено повреждение семян сои люцерновой совкой. Гусеницы старших возрастов выгрызают в бобах крупные отверстия, через которые выедают семена.

Таблица 2 – Видовой состав вредителей сои в Калужской области
Table 2 – Species composition of soybean pests in the Kaluga region

Класс Насекомые, Отряд / Class Insects, Order	Представители / Representatives
1. Coleoptera – Жесткокрылые	Щетинистый клубеньковый долгоносик – <i>Sitona crenitus</i> Hrbst.; Полосатый клубеньковый долгоносик – <i>Sitona lineatus</i> Hrbst.; Крестоцветная блошка – <i>Phyllotreta undulate</i> Kutsch.; Хрущик светлый – <i>Anomala luculenta</i> Erichson; Кузька садовый – <i>Phyllopertha horticola</i> L.
2. Hemiptera – полужесткокрылые	Луговой клоп – <i>Lygus pratensis</i> L.; Щавелевый клоп – <i>Coreus magrinatus</i> L.; Клоп щитник ягодный – <i>Dolichorhynchus baccarum</i> L.; Клоп рапсовый – <i>Eurydema oleraceae</i> L.
3. Thysanoptera – бахромчатокрылые или трипсы	Трипс гороховый – <i>Kakothrips robustus</i> Uzel.
4. Lepidoptera – Чешуекрылые	Волнянка античная – <i>Orgyia antiqua</i> L.; Пяденица ивовая углокрылая – <i>Semiothisa alternata</i> Hb.; Совка люцерновая – <i>Heliothis virescens</i> Hufn.; Совка пашенная – <i>Mesapamea secalis</i> L.; Совка стальниковая – <i>Pyrrhia umbra</i> L.; Репейница – <i>Vanessa cardui</i> L.; Огнёвка бобовая (акациевая) – <i>Etiella zinckenella</i> Tr.
Класс паукообразные, отряд клещи / Class Arachnids, order Mites	Паутинный клещ – <i>Tetranychus urticae</i> C.L.Koch.

Source: Compiled by the authors.

Во время уборки урожая было выявлено, что одна пятая всех бобов была повреждена люцерновой совкой – *Heliothis virescens* Hufn. Распространенность люцерновой совки в опыте составила 80%. Потери урожая составили 20% (рисунок 1).

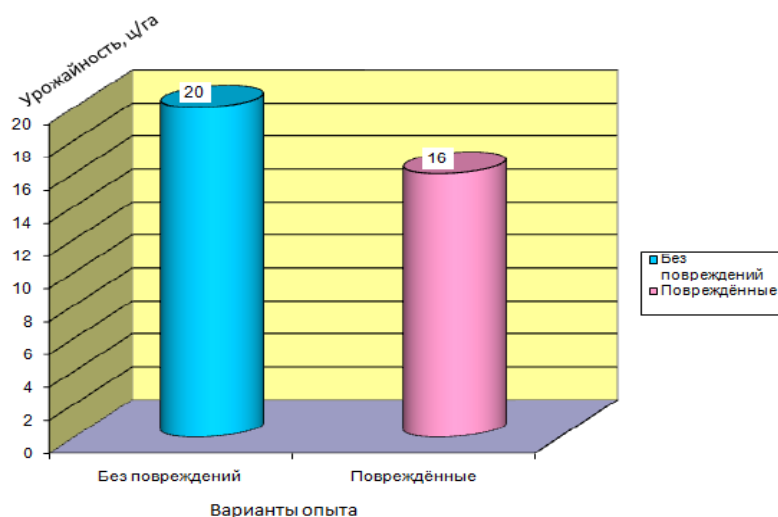


Рисунок 1 – Урожайность семян сои в зависимости от повреждения люцерновой совкой, ц/га
НСР₀₅ – 3,4 ц/га.

Figure 1 – Soybean seed yield depending on damage by the alfalfa cutworm, dt/ha. NSR05 – 3.4 dt/ha (NSR (HCP) – least significant difference)

Хорошо известна вредоносность патогенов. Потери урожая от грибных болезней в отдельные годы могут достигать 50-60 %. Потери от вирусных патогенов достигают 100%.

Во время проведения исследований в условиях Калужской области были выявлены такие болезни, как фузариоз (*Fusarium* sp.), пероноспороз (*Peronospora manshurica*), аскохитоз (*Ascochyta sojicola*), вирус задержки роста (*Soybean stunt virus*), вирус краевого хлороза земляники – (*Strawberry virus 2*), вирус южной мозаики фасоли (**SBMV**) (рисунки 2, 3, 5).

Часть исследований проводилась на искусственном фоне. Было отмечено, что в небольшом количестве грибы рода *Fusarium* sp. способны стимулировать развитие клубеньков сои. Но, если инфекционную нагрузку увеличить, количество и масса клубеньков снижается в 1,5-7 раз.



Рисунок 2 – Фузариоз всходов сои – *Fusarium* sp.
Figure 2 – Fusarium disease of soybean seedlings – *Fusarium* sp.



Рисунок 3 – Фузариоз сои – *Fusarium* sp.
Figure 3 – Fusarium soybean – *Fusarium* sp.

При проведении исследований нами было отмечено, что на фузариозном фоне растения сои сильно поражаются пероноспорозом. В контрольном варианте поражённых растений не было.

Возбудитель пероноспороза – *Peronospora manshurica* снижает урожай семян сои в 2,5 раза, (рисунки 4, 6).



Рисунок 4 – Пероноспороз (ложная мучнистая роса) – *Peronospora manshurica*
Figure 4 – Downy mildew – *Peronospora manshurica*



Рисунок 5 – Аскохитоз – *Ascochyta sojaecola*
Figure 5 – Ascochyta blight – *Ascochyta sojaecola*

В контрольном варианте поражённых растений не было. Но пероноспороз поражает растения сои не только на инфекционном фоне. В условиях влажного лета 2017 года распространённость пероноспороза в посевах сои составила 33%. Урожай семян сои в посевах, зараженных пероноспорозом, достигал 9,7 ц/га – 39,3% от урожайности непораженных растений.

В полевом опыте 2015 года и в вегетационных опытах 2015-2020 гг. на фузариозном фоне на сое был выявлен вирус задержки роста (ВОМ). Гибель поражённых вирусом растений сои составила 100% [4].

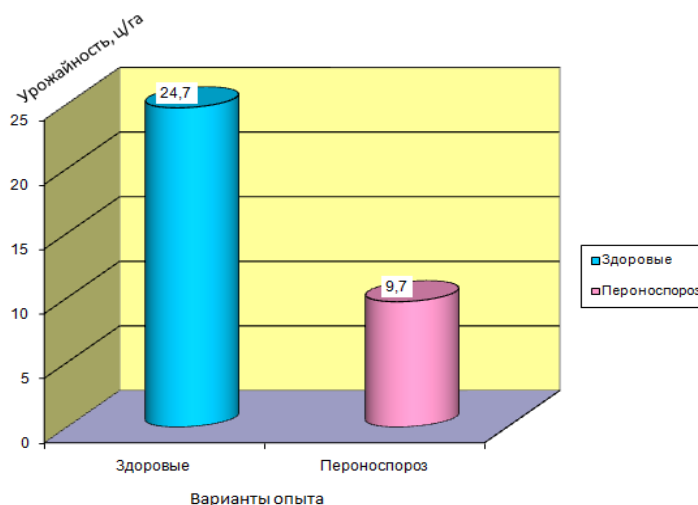


Рисунок 6 – Урожайность семян сои в зависимости от поражения пероноспорозом, ц/га. НСР₀₅ – 2,7 ц/га
Figure 6 – Soybean seed yield depending on downy mildew, dt/ha. NSR₀₅ – 2.7 dt/ha

В посевах сои сорта Магева были выявлены такие вирусные заболевания как краевой хлороз земляники лесной, (рисунки 7, 8), угнетение роста, (рисунки 9, 10). В посевах сои сорта Светлая были выявлены растения, поражённые вирусом южной мозаики фасоли.



Рисунок 7 – Вирус краевого хлороза земляники – *Strawberry virus 2*
Figure 7 – *Strawberry marginal chlorosis virus* – *Strawberry virus 2*



Рисунок 8 – Вирус краевого хлороза земляники – *Strawberry virus 2* – поражённые бобы
Figure 8 – *Strawberry marginal chlorosis virus* – *Strawberry virus 2* – affected beans

Растения сои сортов Магева и Светлая, поражённые вирусной инфекцией, заметно снижают биометрические показатели – высоту растений на 5-6 см, площадь листьев – в 1,4-2 раза (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние вирусной инфекции на площадь листьев сои, 2015
Table 3 – Effect of viral infection on soybean leaf area, 2015

Показатель / Index	Марева / Mageva		Светлая / Svetlaya	
	Здоровые / Healthy	поражен. / Amazed.	Здоровые / Healthy	поражен. / Amazed.
1. Высота растений, см / Plant height, cm	27	22	29	23
2. S листьев, см ² /раст. / leaves, cm ² /plant.	471	239,5	560	389,7

Количество и масса клубеньков при поражении вирусами снижается – количество – в 1,6-1,7 раз, масса – в 1,3-1,5 раз.

Урожай семян, пораженных вирусами растений сои, снижается и у сорта Магева и у сорта Светлая – в 1,8 раз [4], (рисунок 11). Снижаются также такие показатели, как высота растений: у сорта Магева – на 44%, у сорта Светлая – на 29%. Количество бобов на растении снижается – в 1,8 раза.

Количество семян снижается по сортам в 1,7-1,8 раза.

Таблица 4 – Количество и масса клубеньков в зависимости от поражения вирусами

Table 4 – Quantity and weight of nodules depending on virus damage

Показатель / Index	Магева		Светлая / Svetlaya	
	Вирус / virus	Здоровые / Healthy	Вирус / virus	Здоровые / Healthy
1. Количество клубеньков, шт./раст. / Number of nodules, pcs/plant	32,7	53,7	35,5	61,0
2. Масса клубеньков, г/раст. / Nodule weight, g/rast.	1,48	2,2	1,95	2,6



Рисунок 9 – Вирус задержки роста –
Soybean stunt virus – в вегетационном опыте

Figure 9 – Stunting virus –
Soybean stunt virus – greenhouse test



Рисунок 10 – Вирус задержки роста –
Soybean stunt virus – в полевом опыте

Figure 10 – Stunting virus –
Soybean stunt virus – field test

Масса семян – грамм на растение снижается по сортам – в 1,8-2,3 раза.

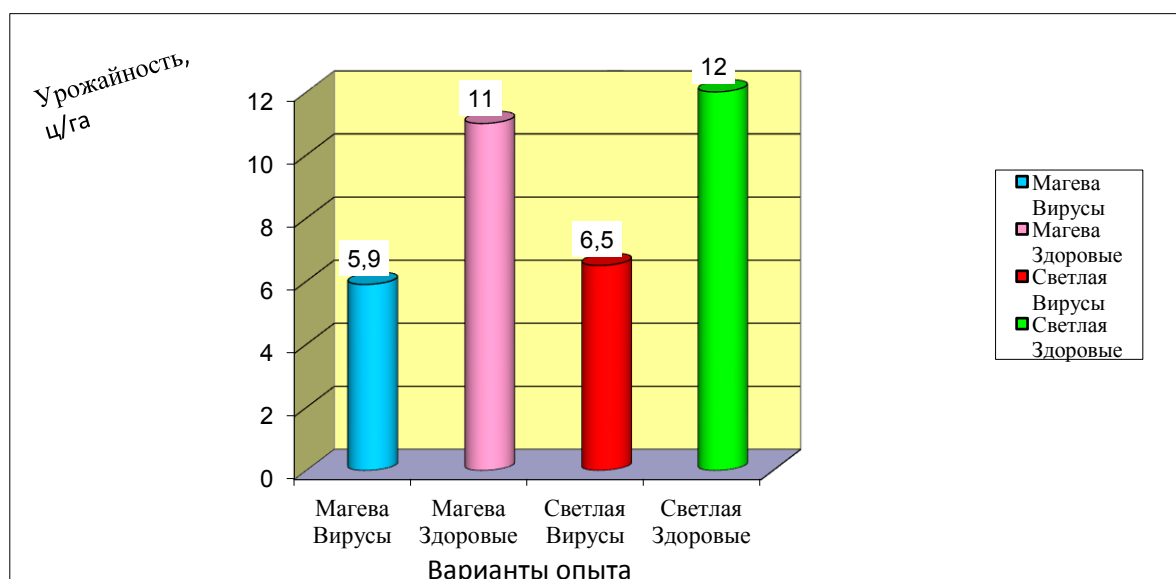


Рисунок 11 – Урожайность сои в зависимости от поражения вирусной инфекцией, ц/га

Figure 11 – Soybean yield depending on viral infection, dt/ha

Заключение. Исследованиями, проведёнными в посевах сои северного экотипа в условиях Калужской области, установлен комплекс вредителей и болезней, который несколько отличается от комплекса вредных объектов традиционных районов возделывания данной культуры. Видовое разнообразие вредных объектов определяется климатическими, экологическими и антропогенными факторами. Основные насекомые – вредители сои северного экотипа представлены отрядами жесткокрылые, чешуекрылые, полужесткокрылые, бахромчатокрылые. Класс паукообразные представлен паутиным клещом (*Tetranychus urticae*).

Основные патогены, поражающие сорта сои северного экотипа – грибы рода *Fusarium* sp., *Peronospora*, *Ascochyta*; вирусы – вирус задержки роста, вирус южной мозаики фасоли, вирус краевого хлороза земляники.

Проведённые исследования позволяют сделать вывод, что в условиях Калужской области на данном этапе сформирован определённый комплекс вредных организмов, снижающих продуктивность растений сои.

Conclusions. The studies of the soybean crops of the northern ecotype in the Kaluga region have established the complex of pests and diseases, which is somewhat different from the complex of harmful objects in traditional areas of cultivation of this crop. The species diversity of harmful objects is determined by climatic, environmental and anthropogenic factors. The main insect pests of soybean of the northern ecotype are represented by Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, and Fringed Ptera. The arachnid class is represented by the spider mite (*Tetranychus urticae*).

The main pathogens that attack soybean varieties of the northern ecotype are fungi of *Fusarium* sp. genus, *Peronospora* genus, *Ascochyta* genus; viruses – growth retardation virus, southern mosaic bean virus, strawberry marginal chlorosis virus.

The completed studies allow to conclude that a certain complex of harmful organisms has been formed that reduce the productivity of soybean plants in the conditions of the Kaluga region at this stage.

Библиографический список

1. Антоненко В. В., Бабаков В. П. Защита сои в Приамурье. Защита и карантин растений. 2016. № 7. С. 33-35.
2. Саенко Г. М., Бушнева Н. А. Мониторинг болезней и вредителей сои в условиях Краснодарского края. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2019. С. 484-488.
3. Тевченков А. А., Федорова З. С. Оценка пригодности различных сортов сои к возделыванию в условиях Центрального района Нечерноземья РФ. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23. № 6. С. 796-804.
4. Новиков М. Н. Биологические приемы борьбы с болезнями растений в агроценозах. Владимирский земледelec. 2021. № 1. С. 15-19.
5. Лысенко Н. Н., Кузмичева Ю. В. Защита сои в Орловской области. Защита и карантин растений. 2017. № 7. С. 23-26.
6. Саенко Г. М. Фитосанитарный мониторинг сои на Дальнем Востоке. Известия НВ АУК. 2022. № 4 (68). С. 120-133.
7. Титова С. А., Семенова Л. Е. Влияние погодных условий на развитие болезней сои в южной зоне Амурской области. Проблемы экологии Верхнего Приамурья. 2016. № 17. С. 12-23.
8. Лукьянчук Л. М., Дега Л. А., Хасбиуллина О. И. Регуляторы роста и биопрепараты в защите сои от церкоспороза. Защита и карантин растений. 2018. № 9. С. 23-24.
9. Кузнецова В. А., Блинова А. А., Тарасова О. Н., Иваченко Л. Е. Активность оксидоредуктаз семян и проростков сои в условиях грибковой инфекции *Septoria glycines* Hemmi. Аграрный вестник Урала. 2020. No 07 (198). С. 47-55.
10. Васина Е. А., Бутовец Е. С., Дега Л. А. Распределение сортов сои по устойчивости к патогенам в экологогеографических группах. Защита и карантин растений. 2019. № 6. С. 50-52.
11. Лукомец В. М., Тишков Н. М., Семеренко С. А. Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами. Краснодар: ООО "Просвещение-Юг", 2022. 538 с.
12. Лукомец В. М., Тишков Н. М., Трунова М. В., Семеренко С. А., Махонин В. Л. Методика проведения агротехнических исследований в опытах с масличными культурами (Сообщение 1. Исследования в опытах с соей). Масличные культуры. 2023. Вып. 1 (193). С. 33-52.

References

1. Antonenko V. V., Babakov V. P. Protection of soybeans in the Amur region. Protection and quarantine of plants. 2016. No 7. Pp. 33-35.
2. Saenko G. M., Bushneva N. A. Monitoring of soybean diseases and pests in the Krasnodar region. Collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Omsk: Omsk State Agrarian University, 2019. Pp. 484-488.
3. Tevchenkov A. A., Fedorova Z. S. Assessment of the suitability of various soybean varieties for cultivation in the conditions of the Central region of the Non-Black Earth Region of the Russian Federation. Agricultural Science of the Euro-North-East. 2022. V. 23. No. 6. Pp. 796-804.
4. Novikov M. N. Biological methods of combating plant diseases in agroecosystems. Vladimir Farmer. 2021. No. 1. Pp. 15-19.

5. Lysenko N. N., Kuzmicheva Yu. V. Protection of soybeans in the Oryol region. Protection and quarantine of plants. 2017. No 7. Pp. 23-26.
6. Saenko G. M. Phytosanitary monitoring of soybeans in the Far East. Izvestia NV AUK. 2022. No 4 (68). Pp. 120-133.
7. Titova S. A., Semenova L. E. The influence of weather conditions on the development of soybean diseases in the southern zone of the Amur region. Ecological problems of the Upper Amur region. 2016. No 17. Pp. 12-23.
8. Lukyanchuk L. M., Dega L. A., Khasbiullina O. I. Growth regulators and biological products in the protection of soybeans from cercospora. Plant protection and quarantine. 2018. No 9. Pp. 23-24.
9. Kuznetsova V. A., Blinova A. A., Tarasova O. N., Ivachenko L. E. Activity of oxidoreductases of soybean seeds and seedlings under conditions of fungal infection Septoria glycines Hemmi. Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 07 (198). Pp. 47-55.
10. Vasina E. A., Butovets E. S., Degas L. A. Distribution of soybean varieties by resistance to pathogens in ecological and geographical groups. Protection and quarantine of plants. 2019. No 6. Pp. 50-52.
11. Lukomets V. M., Tishkov N. M., Semerenko S. A. Methods of agrotechnical research in experiments with main field crops. Krasnodar: LLC "Prosveshchenie-Yug", 2022. 538 p.
12. Lukomets V. M., Tishkov N. M., Trunova M. V., Semerenko S. A., Makhonin V. L. Methodology for conducting agrotechnical research in tests with oilseeds (Message 1. Research in tests with soybeans). Oilseeds. 2023. Issue. 1 (193). Pp. 33-52.

Информация об авторах

Демьяненко Елена Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии Калужского филиала КФ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (Российская Федерация, 248007, г. Калуга, ул. Вишневого, д. 27), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6390-8687>, e-mail: vaselevs61@mail.ru

Федорова Зоя Степановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии Калужского филиала КФ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (Российская Федерация, 248007, г. Калуга, ул. Вишневого, д. 27), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6939-1853>, e-mail: vitaf01@yandex.ru

Малахова Светлана Дмитриевна кандидат биологических наук, доцент кафедры агрономии Калужского филиала КФ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (Российская Федерация, 248007, г. Калуга, ул. Вишневого, д. 27), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1112-8774>, e-mail: sd.malakhova@mail.ru

Трунов Василий Васильевич, младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства сои Липецкий научно-исследовательский институт рапса – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта» (Российская Федерация, 398037, г. Липецк, ул. Боевой проезд, 26), ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2766-9601>, e-mail: soya@lniir.ru

Author's Information

Elena Vladimirovna Demyanenko, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy of the Kaluga branch of "Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev" (Russian Federation, 248007, Kaluga, Vishnevskogo st., 27), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6390-8687>, e-mail: vaselevs61@mail.ru

Fedorova Zoya Stepanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy of the Kaluga Branch of "Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev" (Russian Federation, 248007, Kaluga, Vishnevsky St., 27), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6939-1853>, e-mail: vitaf01@yandex.ru

Malakhova Svetlana Dmitrievna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy of the Kaluga Branch of "Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev" (Russian Federation, 248007, Kaluga, Vishnevsky St., 27), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1112-8774>, e-mail: sd.malakhova@mail.ru

Trunov Vasily Vasilievich, Junior Researcher at the laboratory of selection and primary seed production of soybeans, Lipetsk Rapeseed Research and Development Institute – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center" All-Russian Research and Development Institute of Oilseeds named after V. S. Pustovoyt" (Russian Federation, 398037, Lipetsk, Boevoy proezd, 26), ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2766-9601>, e-mail: soya@lniir.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-14

A NEW PROMISING VARIETY OF SAFFLOWER ASTRAKHAN 646**Zaitseva N. A., Klimova I. I., Yachmeneva E. V.**

*Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Solenoye Zaymische, Astrakhan Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: irina.ssd1981@yandex.ru

Received 15.05.2024

Submitted 19.07.2024

Summary

The main advantage of safflower in arid areas is its higher adaptability to drought compared to other oilseeds. Due to the increasing interest in this crop, in recent years, breeding work has been intensified to breed more productive and high-quality varieties of safflower.

Abstract

Introduction. In Russia, a significant area of arable land is located in unfavorable climatic conditions. The climate of the Astrakhan region is characterized by a shortage of precipitation, and therefore the list of crops grown in rain conditions is very limited. There is a need for the cultivation of unpretentious, drought-resistant

field crops capable of rationally using the scarce soil resources of the infertile lands of this region. The most suitable for growing in acutely arid conditions is safflower. Safflower dye is a drought-resistant oilseed crop that is able to withstand the harsh conditions of non-irrigation farming, grows even on saline soils. The versatile use of safflower and the low cost of cultivation make it a universal, economically profitable crop. Safflower can be used as a fodder, decorative, phytomeliorative, sideral and technical culture, and can also be used in medicine, food and cosmetics industries. The wide range of applications of safflower and the needs of the market require an increase in the area of cultivation of this crop. In this regard, there is a need to create new competitive varieties that combine productivity, oil content and environmental stability. **The object** of the study was the thorn less safflower variety Astrakhan 646, bred at the Federal State Budgetary Scientific Institution "PAFSC RAS". **Materials and methods.** The Astrakhan variety 646 was created by the method of multiple individual selection. During the study period, its main economic and biological properties were studied: biometrics, elements of productivity, yield, huskiness, oil content. It has been included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation since 2022, and is recommended for cultivation in the Lower Volga region. **Results and conclusions.** The new variety of safflower dye is characterized by drought resistance, heat resistance, high yield and high oil content. The weight of 1000 seeds is 36-41 g. The oil content is 45-48%. The potential yield in the Astrakhan region is about 1.5 t/ha. The growing season is 67-93 days.

Keywords: Safflower selection, safflower varieties, safflower yield, safflower oil content, dyeing safflower.

Citation. Zaitseva N. A., Klimova I. I., Yachmeneva E. V. A new promising variety of safflower Astrakhan 646. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 132-138 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-14.

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 631.527:633.863.2

НОВЫЙ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СОРТ САФЛОРА АСТРАХАНСКИЙ 646

Зайцева Н. А., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Климова И. И., научный сотрудник

Ячменёва Е. В., научный сотрудник

ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН
с. Солёное Займище Астраханская область, Российская Федерация

Аннотация. В России значительная площадь пахотных земель расположена в неблагоприятных климатических условиях. Климат Астраханской области характеризуется дефицитом атмосферных осадков, в связи с этим список выращиваемых культур в богарных условиях весьма ограничен. Возникает необходимость в возделывании неприхотливых, устойчивых к засухе полевых культур, способных рационально использовать скудные почвенные ресурсы малоплодородных земель данной области. Наиболее подходящим для выращивания в острозасушливых условиях является сафлор. Сафлор красильный – это засухоустойчивая масличная культура, которая способна выдерживать жесткие условия неполивного земледелия, произрастает даже на засоленных почвах. Многостороннее применение сафлора и малозатратность возделывания делает его универсальной, экономически выгодной культурой. Сафлор может быть использован как кормовая, декоративная, фитомелиоративная, сидеральная и техническая культура, а также может применяться в медицине, пищевой и косметической промышленности. Широкий спектр применения сафлора и потребности рынка требуют увеличения площади выращивания этой культуры. В этой связи возникает необходимость в создании новых конкурентноспособных сортов, сочетающих в себе продуктивность, масличность и экологическую стабильность. **Объектом** исследования являлся бесшипый сорт сафлора Астраханский 646, выведенный в ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». **Материалы и методы.** Сорт Астраханский 646 был создан методом многократного индивидуального отбора. За период исследования были изучены его основные хозяйственные и биологические свойства: биометрия, элементы продуктивности, урожайность, лузжистость, масличность. Включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ с 2022 года, рекомендован для возделывания в Нижневолжском регионе. **Результаты и выводы.** Новый бесшипый сорт сафлора красильного характеризуется засухоустойчивостью, жаростойкостью, высокой урожайностью и высоким содержанием масла. Масса 1000 семян составляет 36-41 г. Масличность – 45-48%. Потенциальная урожайность в условиях Астраханской области – около 1,5 т/га. Вегетационный период составляет 67-93 суток.

Ключевые слова: селекция сафлора, сорта сафлора, урожайность сафлора, масличность сафлора, сафлор красильный.

Цитирование. Зайцева Н. А., Климова И. И., Ячменева Е. В. Новый перспективный сорт сафлора Астраханский 646. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 132-138. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-14.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время одним из основных направлений в селекции является создание новых сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, сочетающих высокий потенциал урожайности с устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам – засухе, суховеям, засолению, повышенной кислотности почв, болезням и вредителям [2, 6].

Сухой континентальный климат Астраханской области, с большой амплитудой годовых и суточных температур, определяет возделывание здесь засухо- и жаростойких богарных культур.

Особенности развития такой культуры, как сафлор, полностью соответствуют засушливым условиям степных районов Нижнего Поволжья. Растения сафлора, практически не поражаются болезнями и вредителями, благодаря своим морфологическим и биологическим особенностям подавляют развитие большинства сорняков, устойчивы к болезням.

Неприхотливость к почвам и устойчивость к условиям недостаточного увлажнения делают эту культуру рентабельной без применения особых приемов земледелия [1, 7, 17].

В последние годы наблюдается увеличение площадей сафлора в стране, что говорит о необходимости ведения селекционной работы по созданию новых сортов этой агрокультуры [11, 12].

Материалы и методы исследования. Научно-исследовательская работа по созданию селекционного материала культуры сафлора красильного, адаптированного к условиям Астраханской области, ведется в ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» с 1993 года.

Опыт по изучению сафлора красильного сорта Астраханский 646 был заложен согласно методике Доспехова Б. А. и Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [4, 14].

Фенологические наблюдения проводились в фазы: посев, всходы, стебление, бутонизация, цветение, плодообразование, созревание.

Оценка морфо-биологических и хозяйственных признаков проводилась согласно Классификатора вида *Carthamus tinctorius* L. (Сафлор красильный) [9].

Обработка урожайных данных проводилась по методике С. П. Бурлова [3], а также согласно Методике полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) Доспехова Б. А. [4] и методике Р. Р. Усманова [13] с использованием компьютерной программы (Microsoft Office Excel 2007).

За стандарт взят сорт Астраханский 747. Посев проводился при прогревании почвы на глубине 0-6 см до 4-5°C, на глубину 4-5 см.

Размер учетных делянок составил 25 м² в четырехкратной повторности. Размещение делянок рендомизированное. Общая площадь под опытом составила 300 м².

Особенностями сортовой технологии испытания сорта Астраханский 646 были: густота стояния 350 тыс. шт. растений на 1 га, междурядье – 0,3 м.

Определение масличности образцов проводилось в ФГБУ «ЦАС «Астраханский» по ГОСТ 10857-64 Семена масличные. Лузжистость определяли путем обрушивания семян ручным способом по ГОСТ 10855-64.

В условиях Нижнего Поволжья сафлор сеют ранней весной (конец марта – начало апреля), также как и все яровые зерновые культуры, так как он наиболее требователен к влаге на момент всходов. После посева сафлор начинает прорастать при положительных нарастающих температурах на 6...8 сутки. Если весна характеризуется сильными перепадами температуры, всходы бывают затяжными и недружными (10...25 суток). Период ветвления и активного роста сафлора обычно приходится на май начало июня, количество выпавших осадков в этот период определяет урожайность сафлора. Если осадков было достаточно, растения наберут вегетативную массу, хорошо раскустятся, увеличится количество продуктивных ветвей. Цветение сафлора обычно начинается в июне-начале июля. В этот период осадки крайне нежелательны, так как происходит смыв пыльцы, и завязей бу-

дет гораздо меньше. Во время плодообразования и созревания переизбыток влажности также может привести к загниванию корзинок. Уборка происходит в августе, когда растения сафлора полностью высохнут.

За период исследований изучено более 500 образцов сафлора красильного со всех стран мира, представляющих собой лучший генофонд отечественной и зарубежной селекции. Такое многообразие образцов позволило выделить селекционный материал по комплексу хозяйственно ценных признаков с периодом вегетации – 90-120 суток и с потенциальной урожайностью 1,2 т/га и выше. Сотрудниками НИИ в 2002 г. был создан и внесен в Государственный реестр РФ сорт сафлора красильного Астраханский 747, с урожайностью более 1,0 т/га, масличностью 45%. Сорт сафлора Астраханский 747 на данное время востребован и широко выращивается в различных регионах.

В 2021 г. в Госсорткомиссию был передан бесшипый сорт сафлора красильного Астраханский 646 и внесен в Государственный реестр РФ в 2022 г. Сорт Астраханский 646 создан методом многократного индивидуального отбора из образца ВИР – N – 118 – 10 (K – 370) [5, 8, 10, 15].

Результаты исследования. Сорт сафлора красильного Астраханский 646 характеризуется скороспелостью, устойчивостью к засушливым условиям сухостепной зоны, дружным созреванием и отсутствием шипов. Высота растений 80-85 см. Масса 1000 семян 36-41 г. Содержание жира – 45-48%. Потенциальная урожайность в условиях Астраханской области – около 1,5 т/га. Вегетационный период составляет 67-93 суток.

Сравнительная характеристика хозяйственных и биологических свойств сорта сафлора красильного Астраханский 646 в сравнении со стандартным сортом Астраханский 747 представлена в таблице 1.

Новый сорт сафлора красильного имеет ряд существенных преимуществ. В первую очередь, это бесшипый сорт, что значительно упрощает уходные работы, а также может быть использован на корм животным.

Из-за отсутствия шипов возможен сбор цветов в фазу цветения для использования в лекарственных и технических целях.



Рисунок 1 – Сафлор Астраханский 646, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»
Figure 1 – Safflower Astrakhan 646, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences



Рисунок 2 – Цветение сафлора Астраханский 646, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»
Figure 2 – Flowering of safflower Astrakhan 646, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Несмотря на то, что все биологические и хозяйственные свойства сорта зависели от условий года, Астраханский 646 по многим показателям хозяйственно-ценных признаков превосходил сорт Астраханский 747.

Сорт Астраханский 646 формирует кусты выше стандартного сорта Астраханский 747 в среднем на 0,15 м. Среднее количество продуктивных ветвей у нового сорта составило 6,3 шт., что на 2,7 шт. больше стандарта. Количество непродуктивных ветвей, в сравнении со стандартом, меньше на 1,5 шт. Количество корзинок на одном растении соответствует количеству продуктивных ветвей – 6,3 шт. Диаметр корзинок больше стандарта на 5,3 мм. Среднее количество семян в корзинке составило 23,9 шт., что на 10,4 шт. больше, чем у стандартного сорта. Масса семян с 1 корзинки у сорта Астраханский 646 составила 0,81 г, что на 0,29 г превышает стандарт. По количеству семян с одного растения Астраханский 646 превысил стандарт на 45,9 шт. По массе семян с одного растения и по массе 1000 семян превышение над стандартом в среднем составило 1,93 г и 3,05 г соответственно.

Таблица 1 – Хозяйственные и биологические свойства сорта Астраханский 646
Table 1 – Economic and biological properties of the Astrakhanskii 646

	Астраханский 747 St / Astrakhanskii 747 St			Астраханский 646 / Astrakhanskii 646		
	2021	2022	Среднее / Average	2021	2022	Среднее / Average
Биометрия и элементы продуктивности / Biometrics and productivity elements						
Высота растений, м/ Plant height, m	0,55	0,71	0,63	0,74	0,83	0,78
Количество продуктивных ветвей, шт. / The number of productive branches, pcs.	3,9	3,0	3,5	6,2	6,4	6,3
Количество непродуктивных ветвей, шт. / The number of unproductive branches, pcs.	4,9	2,3	3,6	2,2	2,1	2,1
Расстояние до первой ветви, м / Distance to the first branch, m	0,21	0,42	0,31	0,38	0,43	0,40
Количество корзинок на 1 растении, шт. / Number of baskets per 1 plant, pcs.	4,1	3,2	3,6	6,4	6,3	6,3
Диаметр корзинок, мм / The diameter of the baskets, mm	17,0	18,8	17,9	21,0	25,4	23,2
Число семян в корзинке, шт. / The number of seeds in the basket, pcs.	11,0	16,0	13,5	23,4	24,4	23,9
Кол-во выполненных семян в 1 корзинке, шт. / Number of completed seeds in 1 basket, pcs.	11,0	16,0	13,5	23,4	24,4	23,9
Масса семян с 1 корзинки, г / Weight of seeds from 1 basket, g	0,56	0,49	0,52	0,68	0,93	0,81
Семенная продуктивность / Seed productivity						
Кол-во выполненных семян на 1 растении, шт. / Number of seeds per 1 plant, pcs.	32,7	50,5	41,6	80,7	94,2	87,5
Масса семян с 1 растения, г / Weight of seeds from 1 plant, g	2,17	1,72	1,95	4,21	3,55	3,88
Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g	39,39	36,48	37,93	41,16	40,80	40,98
Урожайность сеянков, т/га / Seedling yield, t/ha	0,92	1,28	1,12	1,29	1,57	1,45
Лузжистость и масличность / Huskiness and oiliness						
Лузжистость, % / Huskiness, %	42	41	41,5	49	48	48,5
Масличность, % / Oil content, %	33,15	35,9	34,5	46,8	49,9	48,3
Выход масла с 1 га, кг / Oil output from 1 ha, kg	305,0	459,5	382,2	603,7	783,4	693,5

Сорт Астраханский 646 имеет значительно больше продуктивных ветвей и, соответственно, корзинок на растении, корзинки, в свою очередь более крупные, за счет чего формируется более высокая урожайность маслосемян – 1,45 т/га, что на 0,33 т/га больше, чем у стандарта.

В сравнении со стандартным сортом масличность нового сорта составила 48,3%, что на 13,8% больше. По выходу масла с 1 га Астраханский 646 превысил стандарт на 311,3 кг.

Заключение. Новый сорт сафлора Астраханский 646 обладает высокой потенциальной продуктивностью, засухоустойчивостью и жаростойкостью в условиях Астраханской области. По всем показателям продуктивности и качества семян он превышает ранее выведенный сорт Астраханский 747, обладает высокой урожайностью до 1,5 т/га и высоким содержанием масла до 48%.

Conclusions. The new variety of safflower Astrakhan 646 has high potential productivity, drought resistance and heat resistance in the Astrakhan region. In all indicators of productivity and seed quality, it exceeds the previously bred Astrakhan 747 variety, has a high yield of up to 1.5 t /ha and a high oil content of up to 48%.

Библиографический список

1. Аманова М. Э., Алланазарова Л. Р. Перспективные источники из генофонда растений для селекции сафлора. Актуальные проблемы современной науки. 2018. № 5 (102). С. 197-202.
2. Балакшина В. И., Кулешов А. М., Леонтьева Л. Л. Особенности возделывания сафлора красильного в условиях Волгоградской области. Научно-агрономический журнал. 2016. № 2 (99). С. 43-45.
3. Бурлов С. П. Методика опытного дела, учебное пособие. Иркутск: Иркутский ГАУ, 2022. 108 с.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследования. М.: Альянс, 2014. 351 с.
5. Жамалбеков М. М., Бекбулатова Г. А., Бакеш З. О., Байбеков Е. Селекционные работы по масличному сафлору в Кrasноводопадской селекционной опытной станции. Наука и образование. 2022. № 4-2 (69). С. 52-65.
6. Зайцева Н. А., Климова И. И. Оценка сортообразцов сафлора на продуктивность и качество в аридных условиях Северного Прикаспия. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. № 24 (5). С. 785-791.
7. Картамышева Е. В. и др. Сорт сафлора красильного Алмаз. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 6. С. 41-44.
8. Киричкова И. В., Мелихов А. В., Васильев А. М. К вопросу повышения продуктивности сафлора красильного в условиях Волго-Донского междуречья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019 № 2 (54). С. 90-98.
9. Классификатор вида *Carthamus tinctorius* L. (Сафлор красильный). Л., 1985. 15 с.
10. Кулешов А. М., Игольникова Л. В., Сидельникова З. А. Изучение исходных форм в селекции сафлора красильного в условиях Волгоградской области. Научно-агрономический журнал. 2018. № 1 (102). С. 44-46.
11. Кулешов А. М. Рекомендуем к использованию новый сорт сафлора Нижне-Волжского НИИСХ Волгоградский 15. Научно-агрономический журнал. 2015. № 2 (97). С. 38.
12. Кушнir А. С., Шатрыкин А. А. История, результаты и перспективы селекции сафлора красильного в Нижне-Волжском НИИСХ. Научно-агрономический журнал. 2011. № 1 (88). С. 39-43.
13. Усманов Р. Р. Методика экспериментальных исследований в агрономии (срассчетами в программах Excel и Straz): методические указания по выполнению практических занятий. Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. 81 с.
14. Федина М. А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Масличные, эфиромасличные, лекарственные и технические культуры, шелковица, тутовый шелкопряд. 1983. Выпуск 3. 184 с.
15. Ячменёва Е. В., Дьяков А. С. Экологическая устойчивость сафлора красильного в аридной зоне Северного Прикаспия. Аграрный научный журнал. 2024. № 2. С. 62-66.
16. Liu J.-X., et al. Hyperspectral characteristics of *Carthamus tinctorius* in Xinjiang region. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*. 2013. Vol. 38. No. 9. Pp. 1335-1339.
17. Khalid N., et al. A comprehensive characterisation of safflower oil for its potential applications as a bioactive food ingredient - A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2017. No. 66. Pp. 176-186.

References

1. Amanova M. E., Allanazarova L. R. Promising sources from the plant gene pool for safflower breeding. Actual problems of modern science. 2018. № 5 (102). Pp. 197-202.
2. Balakshina V. I., Kuleshov A. M., Leontyeva L. L. Features of the cultivation of safflower in the conditions of the Volgograd region. *Scientific and Agronomic Journal*. 2016. № 2 (99). Pp. 43-45.
3. Burlov S. P. *Methods of Experimental Business*. Irkutsk: Irkutsk State Agrarian University, 2022. 108 p.
4. Dospikhov B. A. *Methods of field experiment with the basics of statistical processing of research results*. Moscow, Alliance Publ., 2014. 351 p.
5. Zhamalbekov M. M., Bekbulatova G. A., Bakesh Z. O., Baibekov E. Breeding work on oilseed safflower in the Krasnovodopadskaya breeding experimental station. *Science and Education*. 2022. № 4-2 (69). Pp. 52-65.
6. Zaitseva N. A., Klimova I. I. Evaluation of safflower cultivar samples for productivity and quality in arid conditions of the Northern Caspian region. *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2023. № 24 (5). Pp. 785-791.
7. Kartamyshva E. V., et al. Variety of dyeing safflower Almaz. *Bulletin of Russian Agricultural Science*. 2018. № 6. Pp. 41-44.

8. Kirichkova I. V., Melikhov A. V., Vasilyev A. M. On the Issue of Increasing the Productivity of Dyer's Safflower in the Conditions of the Volga-Don Interfluvium. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2019. № 2 (54). Pp. 90-98.
9. Classifier of the species *Carthamus tinctorius* L. (Dyeing safflower). Leningrad, 1985. 15 p.
10. Kuleshov A. M., Igolnikova L. V., Sidelnikova Z. A. Study of initial forms in the breeding of safflower in the conditions of the Volgograd region. Scientific and Agronomic Journal. 2018. № 1 (102). Pp. 44-46.
11. Kuleshov A. M. We recommend for use a new variety of safflower of the Nizhne-Volzhsky Research Institute of Agriculture Volgogradsky 15. Scientific and Agronomic Journal. 2015. № 2 (97). P. 38.
12. Kushnir A. S., Shatrykin A. A. History, results and prospects of safflower breeding in the Nizhne-Volzhsky Research Institute of Agriculture. Scientific and Agronomic Journal. 2011. № 1 (88). Pp. 39-43.
13. Usmanov R. R. Methods of experimental research in agronomy (with calculations in Excel and Straz programs): methodological instructions for the performance of practical classes. Moscow: Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 2022. 81 p.
14. Fedina M. A. Methods of State Variety Testing of Agricultural Crops. Oilseeds, essential oils, medicinal and industrial crops, mulberry, silkworm. 1983. Issue 3. 184 p.
15. Yachmeneva E. V., Dyakov A. S. Ecological sustainability of safflower in the arid zone of the Northern Caspian region. Agrarian Scientific Journal. 2024. № 2. Pp. 62-66.
16. Liu J.-X., et al. Hyperspectral characteristics of *Carthamus tinctorius* in Xinjiang region. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi. 2013. Vol. 38. No. 9. Pp. 1335-1339.
17. Khalid N., et al. A comprehensive characterisation of safflower oil for its potential applications as a bioactive food ingredient – A review. Trends in Food Science & Technology. 2017. No. 66. Pp. 176-186.

Информация об авторах

Зайцева Надежда Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, д. 8), e-mail: konf_pniiaz@mail.ru

Климова Ирина Ивановна, научный сотрудник лаборатории селекции сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, д. 8), e-mail: irina.ssd1981@yandex.ru

Ячменёва Екатерина Васильевна, научный сотрудник лаборатории селекции сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, д. 8) тел. 8-927-567-44-8, e-mail: rfn.yz2009@mail.ru

Author's Information

Zaitseva Nadezhda Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Crop Breeding, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solenoe Zaymische village, Severny Quarter, 8), e-mail: konf_pniiaz@mail.ru

Klimova Irina Ivanovna, Researcher, Laboratory of Crop Breeding, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solenoe Zaymische village, Severny Quarter, 8), e-mail: irina.ssd1981@yandex.ru

Yachmeneva Ekaterina Vasilyevna, Researcher, Laboratory of Crop Breeding, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416251, Astrakhan Region, Chernoyarsky District, Solenoe Zaymische village, Severny Quarter, 8), e-mail: rfn.yz2009@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-15

INTERSPECIFIC AND INTRASPECIFIC HYBRIDS OF *PINUS* L. PINE IN THE DRY STEPPE OF THE LOWER VOLGA REGION

Iozus A. P., Zavyalov A. A., Boyko S. Y., Boyko N. A.

*Kamyshin Technological Institute (branch) «Volgograd State Technical University»
Kamyshin, Volgograd Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: ttp@kti.ru

Received 08.04.2024

Submitted 20.05.2024

The research was carried out within the framework of the state-funded research of the Department of Textile Production Technology "Peculiarities of breeding and hybridization of tree species in the dry steppe of the Lower Volga region"

Summary

The article presents the main indicators of interspecific and intraspecific pine hybrids obtained at different times in the Volgograd region. Hybrids were compared with controls and showed heterosis and increased resistance. Hybrids can be used to create different protective plantings in the region in order to increase their polymorphism, stability and durability.

Abstract

Introduction. In the Volgograd region, in conditions of drought, dry winds, and infertile soils, when creating protective plantings, planting material should combine increased tolerance to adverse environmental factors, growth success and durability. Hybrids of different levels are actively used in international breeding in

order to solve such problems. Such a hybrid material in the Volgograd region was obtained at different times by breeders of the Nizhnevolzhskaya station for the breeding of tree species. Experimental collection plots of intraspecific and interspecific pine hybrids were laid, which passed the first stage of natural selection in 30-60 years. Currently, it is necessary to assess the prospects of different crossing options in terms of growth success, stability and durability. **Object.** The object of the study is interspecific and intraspecific hybrids of pine. **Materials and methods.** The research was carried out at the experimental collection sites of the Nizhnevolzhskaya Station for Tree Species Breeding (branch) of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences. **Results and conclusions.** Under the influence of natural selection, hybrids of Scots pine x Banks and Crimean pine x Banks completely fell out. The preservation, condition and growth of the variants of crosses of Scots x Crimean pine and Crimean x Scots pine slightly surpasses the control, partially preserving the previously noted effect of heterosis by the age of 60 years. According to intraspecific variants of crossing between geographically remote climatic ecotypes, the Saratov x Volgograd, Krasnoyarsk x Carpathian and Kokchetav x Moscow are the best in terms of growth and preservation. The hybrid material carries the gene pool of different parent pines, which means it has a high heterogeneity, an increased level of polymorphism and can be introduced into plantations in the dry steppe of the Lower Volga region.

Keywords: Scots pine, Crimean pine, climatic ecotypes, pine hybridization, pine growth.

Citation. Iozus A. P., Zavyalov A. A., Boyko S. Yu., Boyko N. A. Interspecific and intraspecific hybrids of Pinus L. pine in the dry steppe of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 138-149 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-15.

The 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 630.161

МЕЖВИДОВЫЕ И ВНУТРИВИДОВЫЕ ГИБРИДЫ СОСНЫ PINUS L. В СУХОЙ СТЕПИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Иозус А. П., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Завьялов А. А., заведующий лабораторией

Бойко С. Ю., кандидат технических наук, доцент

Бойко Н. А., преподаватель

ФГБОУ ВО Камышинский технологический институт – филиал
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»
г. Камышин, Волгоградская область, Россия

**Исследования проведены в рамках выполнения госбюджетных НИР кафедры «Технология
текстильного производства» «Особенности селекции и гибридизации древесных пород
в сухой степи Нижнего Поволжья»**

Актуальность. В Волгоградской области в условиях засух, суховеев, малоплодородных почв при создании защитных насаждений посадочный материал должен сочетать в себе повышенную толерантность к неблагоприятным факторам среды, успешность роста и долговечность. В международной селекции с целью решения подобных задач активно применяют гибриды разного уровня. Такой гибридный материал в Волгоградской области был получен в разное время селекционерами Нижневолжской станции по селекции древесных пород. Были заложены опытные коллекционные участки внутривидовых и межвидовых гибридов сосны, которые за 30-60 лет прошли первый этап естественного отбора. В настоящее время необходимо оценить перспективность разных вариантов скрещивания по успешности роста, устойчивости и долговечности. **Объект.** Объектом исследования являются межвидовые и внутривидовые гибриды сосны. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытных коллекционных участках Нижневолжской станции по селекции древесных пород (филиал) ФНЦ Агроэкологии РАН. **Результаты и выводы.** Под действием естественного отбора полностью выпали гибриды сосна обыкновенная x Банка и сосна крымская x Банка. Сохранность, состояние и рост вариантов скрещиваний сосна обыкновенная x крымская и сосна крымская x обыкновенная несколько превосходит контроль, частично сохраняя к возрасту 60 лет ранее отмеченный эффект гетерозиса. По внутривидовым вариантам скрещивания между географически отдаленными климатическими экотипами по росту и сохранности лучшими являются Саратовский x Волгоградский, Красноярский x Прикарпатский и Кокчетавский x Московский. Гибридный материал несет в себе генотипы разных сосен – родителей, а значит, имеет большую гетерогенность, повышенный уровень полиморфизма и может быть введен в насаждения в сухой степи Нижнего Поволжья.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, сосна крымская, климатические экотипы, гибридизация сосны, рост сосны.

Цитирование. Иозус А. П., Завьялов А. А., Бойко С. Ю., Бойко Н. А. Межвидовые и внутривидовые гибриды сосны *Pinus L.* в сухой степи Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 138-149. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-15.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Глобальное потепление значительно ухудшило природно-климатические условия региона. В Волгоградской области участились засухи, которые сопровождаются массовым усыханием защитных лесных насаждений, а также природными пожарами [1]. С целью противодействия этому процессу запланировано значительное увеличение объема работ по созданию различных лесных насаждений [2]. Видовой состав насаждений области очень беден и в основном представлен интродуцентами. Такими интродуцентами, получившими широкое распространение в самых разных лесных насаждениях региона, являются сосны обыкновенная и крымская. В тяжелых лесорастительных условиях на протяжении многих лет они показывали успешный рост, высокую сохранность и толерантность [3, 4]. Площадь сосновых насаждений в области постоянно росла и к 2023 году составила 107,80 тыс. га из 696,6 тыс. га общей лесной площади. Основным недостатком сосны является высокая пожароопасность и повреждаемость сосновым пилильщиком сосны обыкновенной. Пожары в сосновых насаждениях в основном приурочены к засухам, таким, какие происходили в 1998, 2008, 2010 годах. Поэтому за последние 20 лет процент сосны в посадках уменьшился с 75 до 55%.

Методом гибридизации можно значительно увеличить небогатый ассортимент древесных видов, который используется в этой зоне, повысить их полиморфизм, гетерогенность, устойчивость и долговечность [3, 4]. У гибридов в первом поколении обычно проявляется гетерозис по росту и состоянию, а в морфологии проявляются черты обоих родителей. Гетерогенность особей при гибридизации также возрастает, и среди полученного гибридного материала дальнейшим направленным отбором можно выделить наиболее перспективные, наследственность которых изменена в нужном селекционерам направлении [4, 5]. История искусственной и естественной внутривидовой и межвидовой гибридизации сосны *Pinus L.* насчитывает более 200 лет [5, 6]. Отдельные селекционно-семенные плантации и географические культуры сосны закладываются с учетом получения полусибсов от естественного опыления [6]. Эффект гетерозиса обычно проявляется при скрещивании разных видов [6]. Виды сосен, входящие в секцию *Eupitusa* обыкновенная, крымская и некоторые другие, генетически совместимы. К сожалению, из-за большой сложности и трудоемкости генетических исследований они отстают от традиционных селекционных [4, 5, 7]. В Волгоградской области в разное время были получены внутривидовые и межвидовые гибриды сосен, из которых заложены опытные коллекционные насаждения [3, 4]. Внутривидовые скрещивания между географически отдаленными климатическими экотипами сосны позволяют повысить уровень полиморфизма и устойчивость по сравнению с родительскими формами [7, 8, 9]. Разнообразие биологических свойств у родителей обуславливает вероятность проявления гетерозиса и полиморфизма у гибридного потомства [10, 11, 12]. Целью исследования является оценка полученного в результате скрещивания селекционного материала на заложенных коллекционных участках и выделение наиболее перспективных вариантов, как по внутривидовым, так и межвидовым гибридам сосны *Pinus L.*

Материалы и методы исследования. При начале работ по гибридизации в 1955 году планировалось получить межвидовые гибриды, отличающиеся от исходных видов хорошим ростом, смолистостью, а также повышенной засухоустойчивостью и толерантностью по отношению к вредителям и болезням. Все это нашло отражение при составлении программы скрещиваний. В программу вошли сосны Банкса, крымская и обыкновенная, все они относятся к интродуцированным в регион. Селекционные работы проводились на Нижневолжской станции по селекции древесных пород (филиал) ФНЦ Агроэкологии РАН, в то время Камышинский опорный пункт ВНИАЛМИ. В оптимальных по состоянию насаждениях станции для проведения серий скрещиваний были отобраны лучшие по росту и состоянию биотипы сосен и включены в программу гибридизации. В Нижнем По-

волжье развитие интродуцированных деревьев сосны идет по скороспелому типу, и они уже с 10-12 лет начинают активно плодоносить. Поэтому в качестве маточников по фенотипу выбрали растения в возрасте 20 лет, а опылители были подобраны среди лучших деревьев в возрасте 40 лет в соседнем насаждении. Среди выращенных из гибридных семян сеянцев провели селекционный отбор 40% интенсивности с целью оптимального сочетания в дальнейшем искусственного и естественного отбора. В 1962 году на погребенных каштановых почвах было заложено коллекционное насаждение гибридов площадью 2,4 га, с размещением деревьев 2х2 м. Чередование гибридных и контрольных вариантов на опытном участке было систематическим по рядам с юга на север по 25 деревьев в ряду. В 2023 году на опытном участке были проведены обмеры всех сохранившихся растений по методикам принятым в лесной таксации, также оценивались состояние и сохранность. Полученные результаты были обработаны методом дисперсионного анализа [13]. Внутривидовая гибридизация проводилась с целью повышения гетерогенности и уровня полиморфизма сосны; для этого использовались географически отдаленные экотипы. Работы по гибридизации проводились на географических культурах сосны, созданных в г. Камышине в 1976 году на землях гослесфонда, в рамках реализации проекта создания всесоюзной сети географических культур на площади 16,9 га из образцов семян, присланных из 34 республик и областей страны. При составлении селекционной программы учитывалось эколого-географическая удаленность родителей, а также состояние климатических экотипов, которое оценивалось по росту и фенотипу, учитывалась половая дифференциация и урожайность. Скрещивания были проведены 10-22 мая 1986 года. Комплекс работ включал изоляцию женских цветков бумажными пакетами, сбор пыльцы с мужских экземпляров и процесс опыления. В 10 лет, в период проведения гибридизационных работ интенсивность цветения составила 6 баллов и через год в момент созревания шишек плодоношение также было высоким – 4-6 баллов по той же визуальной 6-ти балльной шкале В. Г. Каппера [3]. После сбора шишек, получения семян, оценки их качества семена были высеяны в питомнике. Из них весной 1990 года на зональных каштановых почвах в Камышинском лесхозе на площади 1,6 га заложены коллекционные участки внутривидовых гибридов. Размещение деревьев рядное 3х2 м, ряды повторяются систематическими блоками площадью 0,01 га. В качестве контроля использовались потомства климатических экотипов, включенных в селекционную программу от свободного скрещивания. За опытными и контрольными вариантами в 2023 году был проведен комплекс наблюдений. Полученные результаты обрабатывались статистическими методами [13]. Перспективность вариантов внутривидовых скрещиваний оценивали по ранговой модели [14].

Результаты исследования и их обсуждение. Межвидовые гибриды в 18-летнем возрасте достоверно различались по успешности роста [3, 4]. Основные показатели высоты и диаметра гибридов в этом возрасте приводятся в таблице 1. В этом возрасте они росли в среднем на 20% лучше контроля из исходных видов. Сосна Банка и ее гибриды значительно отставали по росту, хотя по генетической отдаленности можно было ожидать эффект гетерозиса. В тот период у гибридов лучше складывался водный режим, они лучше удерживали влагу и менее интенсивно ее транспирировали [3, 4].

Обследования 2023 года были проведены с целью оценки состояния и успешности роста межвидовых гибридов сосны в достаточно зрелом для сухой степи возрасте – 61 год. После проявления воздействия на них основных в регионе элиминирующих факторов естественного отбора: засух 1972, 1975, 1998, 2008, 2010 годов, когда в летний период осадков выпало на 50-80% меньше среднегодовых значений, низового пожара, которым было пройдено насаждение в 2010 году. А также временного фактора, так как 60-80 лет для сосны в условиях сухой степи считается возрастом, в котором уже достоверно можно оценить успешность культур после прохождения основных критических периодов роста в 20 и 40 лет. В этом возрасте в насаждениях полностью выпали гибриды сосны Банка, осталось одно суховершинное дерево контроля, значит, варианты скрещиваний с сосной Банка можно оценить как неперспективные. Как видно из таблицы 1, варианты скрещиваний крымская х обыкновенная и обыкновенная х крымская имеют хороший рост, состояние, гибриды даже в этом возрасте сохранили определенное преимущество по успешности ро-

ста, особенно это хорошо заметно при сравнении максимальных значений признаков, хотя таких значительных отличий, как в возрасте 18 лет, уже не наблюдается. Видимо, тяжелые почвенно-климатические условия региона в достаточно зрелом возрасте не дают проявиться генетическому и гетерозисному преимуществу гибридов. Значительного отпада в виде пустых посадочных мест сухих и суховершинных деревьев среди гибридов не отмечено. Сохранность вариантов сосна крымская х обыкновенная – 50%, обыкновенная х крымская 48%, у контроля сосны обыкновенной – 38%, крымской – 40%, что говорит о более высокой устойчивости гибридов.

Таблица 1 – Рост гибридов и контроля в разном возрасте
Table 1 – Growth of hybrids and controls at different ages

Вид, гибрид / Species, hybrid	Показатели в 18 лет / Indicators at 18 years old				Показатели в 61 год / Indicators at 61 years old								Сохран., %/ Preserved, %
	Высота, м* / Height, m*		Диаметр, см / Diameter, cm *		Высота, м / Height, m				Диаметр, см / Diameter, cm				
	х	Макс / max	х	Макс / max	х	S	V	Макс / max	х	S	V	Макс / max	
Крымская х Банкса / Krymskaya x Banksa	5,5	7,4	11,7	16,4	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Крымская х обыкновенная	5,8	7,3	12,0	16,3	13,4	1,1	6,7	15,3	22,3	1,7	7,0	26,3	50
Обыкновенная х крымская / Crimean x Common x Crimean	7,9	9,9	12,4	14,8	16,0	1,4	8,1	18,1	23,2	1,9	7,6	26,1	48
Обыкновенная х Банкса / Common x Banks	7,5	8,5	12,4	14,4	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Крымская (кон- троль) / Crimean (control)	4,5	6,0	9,6	16,2	13,4	1,0	6,3	15,6	17,4	1,4	7,2	25,2	40
Обыкновенная (контроль) / Common (control)	7,5	8,5	13,2	15,6	14,4	1,3	8,0	16,3	20,6	1,8	8,0	24,3	38
Банкса (кон- троль) / Banksa (control)	4,7	6,5	8,7	13,1	-	-	-	-	-	-	-	-	0

* – высота и диаметр в 18 лет – данные из источника [3]

x – средняя величина высоты деревьев, м., и средняя величина диаметра ствола, см; S – среднеквадратическое отклонение, м, (см); V – коэффициент вариации, %.

* – height and diameter at 18 years – data from the source [3] x – average height of trees, m., and average diameter of the trunk, cm; S is the standard deviation, m, (cm); V is the coefficient of variation, %.

Диаметры крон в 61 год у гибридов сосна обыкновенная х сосна крымская были на 20% выше контроля сосны обыкновенной, что можно объяснить влиянием опылителя сосны крымской. Приведенные результаты опытов по гибридизации сосны показывают, что даже в условиях сухой степи, вне ареала естественного распространения, межвидовая гибридизация у сосны, несмотря на невысокую завязываемость шишек, достаточно результативна и во многом зависит от специфической комбинационной способности маточника и погодных условий года проведения работ. Приходится преодолевать также разницу в начале цветения у разных видов сосен, которая в сухой степи составляет до 5 дней. То, что гибриды показали высокую устойчивость, говорит об их повышенных по сравнению с контрольными видами адаптивных свойствах, так как они объединяют в себе генофонд двух разных видов. Отмеченный в молодом возрасте эффект гетерозиса необходимо закрепить дальнейшими работами по гибридизации, так как в соответствии с законами гене-

тики в поколении F2 при семенном размножении эффект гетерозиса практически отсутствует [3, 4, 5]. Также для широкого введения обладающих гетерозисом гибридов в разного рода защитные насаждения необходимо их вегетативное размножение на специально созданных для этого современных селекционных семеноводческих комплексах.

Гибридизация между географически отдаленными климатическими экотипами проводилась на географических культурах сосны созданных в г. Камышине в 1976 году на землях гослесфонда. Работы проводились весной 1986 года после начала массового цветения, когда сумма активных температур достигла 400⁰С. цветение было очень интенсивным и составило максимальные 6 баллов по шкале В. Г. Каппера. Скрещивания были успешны, несмотря на разницу между экотипами по началу пыления и цветения на 1-3 дня. После сбора семян в 1987 году определены основные показатели полученного гибридного семенного материала (таблица 2).

Таблица 2 – Основные характеристики гибридных семян, собранных в 1987 году
Table 2 – The main characteristics of hybrid seeds collected in 1987

Комбинации скрещивания, происхождение / Cross-breeding combinations, origin	Кол-во опыленных цветов, шт. / Number of pollinated flowers, pcs.	Собранных шишек, шт. / % от завязавшихся / Collected cones, pcs. / % of set	Выход семян, % / Seed yield, %	Масса, 1000 шт. г / Weight, 1000 pcs. g	Полнозернистость семян, % / Full-grain seeds, %
Красноярская×Прикарпатская / Krasnoarskaya x Prikarpatetskaya	87	65/61	0,40	4,0	65
Московская×Кокчетавская / Moskovskaya x Kokchetavskaya	126	73/59	2,22	4,1	57
Новосибирская×Львовская / Novosibirskaya x Lvovskaya	120	75/63	0,59	6,8	73
Кокчетавская×Московская / Kokchetavskaya x Moskovskaya	100	73/73	0,73	7,5	89
Кировская×Волгоградская / Kirovskaya x Volgogradskaya	184	67/37	0,57	4,3	60
Красноярская×Кировская / Krasnoarskaya x Kirovskaya	91	58/64	0,36	5,3	90
Саратовская×Волгоградская / Saratovskaya x Volgogradskaya	201	151/76	1,53	4,6	49
Волгоградская×Саратовская / Volgogradskaya x Saratovskaya	122	57/56	0,47	5,5	43
Львовская×Новосибирская / Lvovskaya x Novosibirskaya	104	85/83	0,90	7,7	90
Оренбургская×Кокчетавская / Orenburgskaya x Kokchetavskaya	156	95/62	0,79	3,5	53
Прикарпатская×Красноярская / Prikarpatetskaya x Krasnoarskaya	65	33/51	0,36	5,6	90
Азербайджан×Кировская / Azerbaijan x Kirovskaya	103	45/44	1,33	6,4	72

Важнейшими показателями успешности работ по внутривидовой гибридизации является качество полученных семян. К ним относятся три основных показателя: выход семян из шишек, масса 1000 штук семян и их полнозернистость. По выходу семян лучшими оказались Саратовский × Волгоградский, Московский × Кокчетавский, Азербайджанский × Кировский, у этих вариантов выход был выше нормативного, который составляет 1,1%. По массе 1000 штук семян у гибридов отмечались существенные различия, которые составляли от 30 до 70%. В целом считается, что в южных районах масса 1000 штук выше, обычно она сохраняется и у климатипов. То, что у гибридов эти показатели варьируют, можно объяснить и влиянием опылителя, и специфической комбинационной способностью маточника. Полнозернистость семян также значительно варьировала – от 43 до 90%, что можно объяснить влиянием абиотических факторов в период завязываемости и развития шишек,

а также разной нормой реакции маточников на погодные условия, в первую очередь дефицит влажности воздуха в период завязываемости плодов. После выращивания сеянцев и закладки опытных участков периодически проводилась оценка их роста и состояния. Если в трехлетнем возрасте сеянцы разных вариантов скрещивания между собой практически не отличались, то в шестилетнем возрасте уже имелись различия и между гибридами и контрольными вариантами. В этом возрасте из 12 вариантов скрещивания 4 имели превышение над контролем. Остальные были равны контролю или несколько отставали [3, 4]. У родительских климатипов ранги роста стабилизировались в возрасте 18-20 лет, Считается, что в условиях сухой степи достоверные результаты по успешности роста селекционного материала можно получить в возрасте 40-60 лет после активного воздействия на них основных факторов естественного отбора – засух. Поэтому опытные участки были обследованы в 2023 году (таблица 3).

Таблица 3 – Рост и состояние внутривидовых гибридов сосны на 1 октября 2023 года (возраст 33+2 года)
Table 3 – Growth and condition of intraspecific pine hybrids as of October 1, 2023 (age 33+2 years)

Варианты скрещиваний, происхождение / Variants of crosses, origin	Высота, м / Height, m						Сохранность, % / Preservation, %		
	Родительские формы / Parent Forms				Сибсы / Siblings		Полусибсы / semisiblings		Сибсы/ Siblings
	Материнские полусибсы / Maternal half-siblings		Отцовские полусибсы / Father's half-siblings						
	Сред-нее знач / Average	Коэфф. Вариаци. / Coeff. Variats	Сред-нее знач / Average	Коэфф. Вариаци. / Coeff. Variats.	Среднее знач / Average	Коэфф. Вариаци. / Coeff. Variats.	материн-ские / Maternal	Отцов-ские / paternal	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Красноярская × Прикарпатская / Krasnoarskaya x Prikarpatetskaya	10,91	5,4	11,04	5,6	10,82	5,7	39	42	43
Московская × Кокчетавская / Moskovskaya x Kokchetavskaya	10,99	5,6	11,40	5,7	11,48	5,8	34	35	38
Новосибирская × Львовская / Novosibirskaya x Lvovskaya	11,15	5,7	10,92	6,0	11,04	6,2	58	54	57
Кокчетавская × Московская / Kokchetavskaya x Moskovskaya	11,32	6,4	11,55	5,8	11,88	6,0	49	47	54
Кировская × Волгоградская / Kirovskaya x Volgogradskaya	11,42	6,7	11,54	6,2	11,56	6,4	46	48	49
Красноярская × Кировская / Krasnoarskaya x Kirovskaya	11,04	5,8	11,13	6,4	10,88	6,0	49	48	53

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Саратовская × Волгоградская / Saratovskaya × Volgogradskaya	11,25	6,0	11,18	5,7	11,22	6,8	42	40	48
Волгоградская × Саратовская / Volgogradskaya × Saratovskaya	10,98	7,8	10,91	7,4	11,03	7,6	38	40	42
Львовская × Новосибирская / Lvovskaya × Novosibirskaya	11,39	7,6	11,52	7,2	11,84	7,4	42	45	50
Оренбургская × Кокчетавская / Orenburgskaya × Kokchetavskaya	10,96	6,8	11,08	6,6	10,99	7,0	36	38	48
Прикарпатская × Красноярская / Prikarpatskaya × Krasnoarskaya	11,34	7,2	11,32	6,8	11,44	7,1	48	46	46
Азербайджан × Кировская / Azerbaijan × Kirovskaya	11,24	5,8	11,15	6,0	11,23	6,0	46	44	56
Контроль Волгоградская / Control Volgogradskaya	11,00		-		-		50		

При проведении обследования культур выявлены повреждения побеговыми, которые носили единичный случайный характер вне зависимости от вариантов скрещивания. Сохранность культур в 2023 году варьировала от 38% у Московский × Кокчетавский до 57% у Новосибирский × Львовский. Действие естественного отбора в базовых географических культурах первого поколения элиминировало неустойчивые к экстремальным факторам сухой степи биотипы в составе климатических экотипов к 40-50 годам. В нашем опыте в возрасте 33+2 лет сохранность культур в целом и у вариантов скрещиваний достаточно высока. Опытные участки за период своего существования пережили несколько критических для региона засух 1998, 2008, 2010 годов, когда в летний период выпало осадков значительно меньше нормы, и даже тогда массового усыхания деревьев не наблюдалось. Из-за изначально редкого размещения гибридов 3х2 м. в опытных культурах, из-за их высокой ценности необходимости в рубках ухода не было, однако, судя по отдельным пустым посадочным местам, шло естественное элиминирование отдельных неустойчивых биотипов. Сохранность материнского и отцовского контроля при этом была около 50%. Таким образом, сибсы достаточно устойчивы в почвенно-климатических условиях региона.

В 2023 году в возрасте 33+2 года по примеру 60-летних (58+2) экотипов родителей должна наступить стабилизация в росте гибридных сибсов без дальнейших значительных колебаний. В возрасте 33+2 года и по вариантам скрещивания, и у контрольных полусибсов разница между вариантами была сравнительно невысока, в пределах одного метра (таблица 2). Определенная однородность роста селекционного материала объясняется доминированием экологической составляющей над генетической в тяжелых почвенно-климатических условиях региона [3, 12]. В этот период лучше других росли сибсы вариантов скрещиваний Львовский × Новосибирский, Кокчетавский × Московский. Их высота была

примерно одинакова, около 11,90 метров, с разницей в пределах ошибки опыта. Незначительно отставал от них вариант Кировский × Волгоградский, его высота составила 11,56 м. Отмечена и группа из трех гибридов, представители которых значительно отставали в росте и от других гибридов и от контроля.

В 2023 году появилась возможность комплексно оценить варианты скрещиваний как по качеству семян, так и по успешности роста и сохранности, которая после перенесенных насаждением сильнейших засух является важнейшей характеристикой устойчивости гибридов в сухой степи Нижнего Поволжья. Разделение сибсов по перспективности проводилась на основе ранговой оценки их основных характеристик [3, 6, 14] (таблица 4).

Таблица 4 – Выделение перспективных сибсов по интегральной оценке
Table 4 – Identification of promising siblings by integrated assessment

№ п/п	Сибсы / Siblings	Суммарная оценка / Summary Score		Интегральная оценка / Integral Assessment	Ранг по интегральной оценке / Rank by Integral Assessment
		по качеству семян / by seed quality	по росту и сохранности / by growth and preservation		
Перспективные / Promising					
1	Кокчетавская × Московская / Kokchetavskaya x Moskovskaya	1,41	2,69	4,10	1
2	Львовская × Новосибирская / Lvovskaya x Novosibirskaya	1,46	2,48	3,94	2
3	Кировская × Волгоградская / Kirovskaya x Volgogradskaya	0,57	2,23	2,80	3
Среднее / Average					
4	Московская × Кокчетавская / Moskovskaya x Kokchetavskaya	1,16	2,62	3,78	4
5	Прикарпатская × Красноярская / Prikarpatская x Krasnoarskaya	1,04	2,63	3,67	5
6	Саратовская × Волгоградская / Saratovskaya x Volgogradskaya	0,86	2,76	3,62	6
7	Азербайджан × Кировская / Azerbaijan x Kirovskaya	1,17	2,42	3,59	7
8	Волгоградская × Саратовская / Volgogradskaya x Saratovskaya	0,53	2,73	3,26	8
9	Красноярская × Прикарпатская / Krasnoarskaya x Prikarpatская	0,53	2,69	3,22	9
Малоперспективные / Unpromising					
10	Оренбургская × Кокчетавская / Orenburgskaya x Kokchetavskaya	0,45	2,74	3,19	10
11	Красноярская × Кировская / Krasnoarskaya x Kirovskaya	1,04	2,11	3,15	11
12	Новосибирская × Львовская / Novosibirskaya x Lvovskaya	0,98	1,88	2,86	12

После расчетов все сибсы были разделены на три группы: перспективные, средние и малоперспективные. В первую группу вошли Кировский × Волгоградский, Кокчетавский × Московский и Львовский × Новосибирский, трое сибсов были отнесены к малоперспективным, остальные шесть заняли промежуточное значение. Данные результаты по перспек-

тивности некоторых вариантов скрещивания географических экотипов можно принять как достаточно достоверные, но наблюдения необходимо продолжить, так как, по мнению целого ряда селекционеров [3, 4, 12], окончательные выводы об успешности селекционных работ в условиях региона можно сделать не ранее чем через 50-60 лет с момента создания опытных насаждений из сибсов и контроля. Они дополнительно должны пройти несколько этапов естественного отбора, в первую очередь на засухоустойчивость.

Селекционеры, в том числе и в условиях сухой степи, обычно проводят отбор на лучшие таксационные показатели высоты и диаметра, иногда добавляя к ним толерантность к засухе и вредителям. Таким образом, идет отрицательная селекция, направленная на уменьшение гетерогенности и снижения уровня полиморфизма итогового селекционного материала. Результаты такой «селекции» могут проявиться через 10-40 лет при сильнейших засухах и привести к гибели отселектированных биотипов в лесных насаждениях. Как считает ряд ученых, особи имеющие среднее значение признака успешности роста должны быть более адаптированы к отрицательным абиотическим факторам среды обитания [7]. И основным показателем успешности селекционных работ в условиях региона должна быть именно устойчивость. И поэтому гибриды сосны здесь, как межвидовые, так и внутривидовые должны быть лучше адаптированы к условиям сухой степи, так как объединяют в одном генотипе наследственные возможности двух видов и двух географических экотипов. Значительно расширяется база работы естественного отбора на устойчивость и искусственного отбора на производительность.

К сожалению, большой проблемой отечественной селекции является значительное отставание генетических исследований от селекционных [6, 7], поэтому полностью оценить генетический потенциал полученных гибридов сосны пока затруднительно. Это должно быть включено в следующий этап исследований. Тот эффект гетерозиса, который был отмечен у гибридов, нивелируется в следующих поколениях, поэтому необходима комплексная программа по скрещиванию и созданию гибридных семенных плантаций с возможностью повторного скрещивания, в селекционных центрах, где должны быть внедрены эффективные современные технологии вегетативного размножения (*in vitro*).

Особенно актуальна работа по получению гибридов с расширенным генофондом и увеличенной нормой реакции на изменение климатических условий в период глобального потепления.

С целью широкого внедрения полученных гибридов в лесоводственную практику необходимо запланировать и реализовать на Нижневолжской станции по селекции древесных пород (филиал) ФНЦ Агроэкологии РАН создание из имеющихся коллекций межвидовых и внутривидовых гибридов гибридной семенной плантации. При размещении деревьев 5x10 м на плантации каждый год можно получать от 5 до 15 кг семян повышенного генетического уровня. На селекционном питомнике выращивать сеянцы, проводить среди них 40%-ный отбор и использовать для создания насаждений. Там же для широкого введения в лесоводственную практику гетерозисных гибридов внедрить современные технологии их вегетативного размножения.

Заключение. 1. Установлена успешность проведенных в сухой степи Нижнего Поволжья работ по межвидовой и внутривидовой гибридизации сосны *Pinus L.* Наиболее перспективными для региона по комплексу признаков являются межвидовые гибриды сосна обыкновенная x крымская и сосна крымская x обыкновенная.

Внутривидовые скрещивания между географически отдаленными климатическими экотипами и изучение потомства на опытных участках позволили выделить как перспективные по ряду признаков сибсы Азербайджанский x Кировский, Московский x Кокчетавский и Новосибирский x Львовский.

2. В сухой степи Нижнего Поволжья, в условиях активно идущих процессов глобального потепления, необходимо активно использовать межвидовые и внутривидовые гибриды, обладающие более широкой нормой реакции на воздействие неблагоприятных абиотических факторов и более высокие генетические характеристики, определяющие уровень полиморфизма. Гибриды необходимо активно внедрять в разные насаждения региона, что возможно только при закладке комплекса гибридных плантаций, где можно получить как семена полусибсов, так и сибсов перспективных вариантов скрещиваний. Также необходимо предусмотреть для выращивания ценного гибридного материала организацию селекционного питомника.

Conclusions. 1. The success of the work carried out in the dry steppe of the Lower Volga region on interspecific and intraspecific hybridization of *Pinus* L. pine has been established. The most promising for the region in terms of a set of characteristics are interspecific hybrids ordinary x Crimean pine and Crimean x ordinary pine.

2. In the dry steppe of the Lower Volga region, in the conditions of active global warming processes, it is necessary to actively use interspecific and intraspecific hybrids with a wider response rate to the effects of adverse abiotic factors and higher genetic characteristics that determine the level of polymorphism. Hybrids need to be actively introduced into different plantings of the region, which is possible only when laying a complex of hybrid plantations, where you can get both seeds of half-sibs and sibs of promising crossing options. It is also necessary to provide for the organization of a breeding nursery for the cultivation of valuable hybrid material.

Библиографический список

1. Sheludkov A., Vinogradova V. Population exposure to heat waves in Russian regions according to climate change scenarios for the mid-21 century. *GeoJournal*. 2024. V. 89. P. 47.
2. Об утверждении Лесного плана Волгоградской области: постановление Губернатора Волгоградской области от 20.02.2019 № 81. <https://vlg-gov.ru/doc/104964>.
3. Иозус А. П., Крючков С. Н., Морозова Е. В. Селекция и репродукция древесных пород для защитного лесоразведения: монография. ВолгГТУ. Волгоград, 2016. 184 с.
4. Иозус А. П., Морозова Е. В. Основные результаты внутривидовых скрещиваний климатических экотипов сосны обыкновенной в Нижнем Поволжье. *Фундаментальные исследования*. 2015. № 7-2. С. 245-248. <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38678>.
5. Царев А. П., Лаур Н. В., Царев В. А., Царева Р. П. Современное состояние лесной селекции в Российской Федерации: тренд последних десятилетий. *Известия вузов. Лесной журнал*. 2021. № 6. С. 38-55.
6. Царев А. П. Программы лесной селекции в России и за рубежом: монография. Москва: Московский государственный университет леса, 2013. 164 с.
7. Милютин Л. И., Муратова Е. Н., Ларионова А. Я. Развитие лесной генетики в России. *Сибирский лесной журнал*. 2018. № 1. С. 3-15.
8. Wei-Tao Jin, et al. Phylogenomic and ecological analyses reveal the spatiotemporal evolution of global pines. *PNAS*. 2021. V. 118. N. 20.
9. Рогозин М. В. Старая и новая парадигмы в лесоводстве и лесной селекции. *Успехи современного естествознания*. 2016. № 4. С. 94-98. <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35869>.
10. Рогозин М. В. Программа селекции хвойных в лесосеменном районе. *Сибирский лесной журнал*. 2016. № 5. С. 99-106.
11. Наквасина Е. Н. Испытание межгеографических потомств сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в республике Лесной журнал. 2014. № 5. С. 17-24.
12. Сементина А. В., Костюков С. М., Кащенко Е. В. Методы выявления механизмов адаптации древесных видов в связи с их интродукцией в засушливые регионы. *Успехи современного естествознания*. 2016. № 2. С. 103-109. <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35797>.
13. Мерзленко М. Д., Глазунов Ю. Б., Мельник П. Г. Результаты выращивания провениенций сосны обыкновенной в географических посадках серебряноборского опытного лесничества. *Лесоведение*. 2017. № 3. С. 176-182.
14. Бондаренко А. С., Жигунов А. В. Сравнительная оценка плюсовых деревьев ели европейской на основе анализа динамики рангового положения их семенного потомства в испытательных культурах. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2023. Вып. 243. С. 68-85.

References

1. Sheludkov A., Vinogradova V. Population exposure to heat waves in Russian regions according to climate change scenarios for the mid-21 century. *GeoJournal*. 2024. V. 89. P. 47.
2. Sheludkov A., Vinogradova V. Population exposure to heat waves in Russian regions according to climate change scenarios for the mid-21 century. *GeoJournal*. 2024. V. 89. P. 47. <https://vlg-gov.ru/doc/104964>.
3. Iozus A. P., Kryuchkov S. N., Morozova E. V. Selection and reproduction of tree species for protective afforestation: monograph. VolgSTU. Volgograd, 2016. 184 p.
4. Iozus A. P., Morozova E. V. The main results of intraspecific crosses of climatic ecotypes of Scots pine in the Lower Volga region. *Fundamental research*. 2015. No. 7-2. Pp. 245-248.
5. Tsarev A. P., Laur N. V., Tsarev V. A., Tsareva R. P. The current state of forest breeding in the Russian Federation: the trend of recent decades. *News of universities. Forest Journal*. 2021. No. 6. Pp. 38-55.
6. Tsarev A. P. Forest breeding programs in Russia and abroad: monograph. Moscow: Publishing House of the Moscow State University of the Forest. 2013. 164 p.
7. Milyutin L. I., Muratova E. N., Larionova A. Ya. The development of forest genetics in Russia. *Siberian Forest Journal*. 2018. No. 1. Pp. 3-15.
8. Wei-Tao Jin, et al. Phylogenomic and ecological analyses reveal the spatiotemporal evolution of global pines. *PNAS*. 2021. V. 118. N. 20.
9. Rogozin M. V. Old and new paradigms in forestry and forest breeding. The successes of modern natural science. 2016. No. 4. Pp. 94-98.
10. Rogozin M. V. The program of coniferous breeding in the forest-seeded area. *Siberian Forest Journal*. 2016. No 5. Pp. 99-106.

11. Nakvasina E. N. Testing of the intergeographic progeny of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Republic of the Forest Journal. 2014. No 5. Pp. 17-24.
12. Semenytina A. V., Kostyukov S. M., Kashchenko E. V. Methods of identifying mechanisms of adaptation of tree species in connection with their introduction to arid regions. Successes of modern natural science. 2016. No 2. Pp. 103-109.
13. Merzlenko M. D., Glazunov Yu. B., Melnik P. G. The results of growing provenances of scots pine in geographical plantings of the Serebryanoborsky experimental forestry. Forest science. 2017. No 3. Pp. 176-182.
14. Bondarenko A. S., Zhigunov A. V. Comparative assessment of European spruce plus trees based on the analysis of the dynamics of the rank position of their seed progeny in test crops. Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy. 2023. Issue 243. Pp. 68-85.

Информация об авторах

Иозус Александр Петрович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Технология текстильного производства» ФГБОУ ВО Камышинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 403874, Волгоградская область, г. Камышин, ул. Ленина, д. 6а), e-mail: iozus@kti.ru

Завьялов Александр Александрович, заведующий лабораторией кафедры «Технология текстильного производства» ФГБОУ ВО Камышинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 403874, Волгоградская область, г. Камышин, ул. Ленина, д. 6а), e-mail: ttp@kti.ru

Бойко Сергей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология текстильного производства» ФГБОУ ВО Камышинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 403874, Волгоградская область, г. Камышин, ул. Ленина, д. 6а), e-mail: ttp@kti.ru

Бойко Наталья Александровна, преподаватель кафедры «Технология текстильного производства» ФГБОУ ВО Камышинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 403874, Волгоградская область, г. Камышин, ул. Ленина, д. 6а), e-mail: boikon@kti.ru

Author's Information

Iozus Aleksander Petrovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Associate Professor of the Department of Textile Production Technology, Kamyshinsky Institute of Technology (branch), Volgograd State Technical University (Russian Federation, 403874, Volgograd Region, Kamyshin, Lenin Street, 6a), e-mail: iozus@kti.ru

Zavyalov Aleksander Aleksandrovich, Head of the Laboratory of the Department of Textile Production Technology, Kamyshinsky Institute of Technology (branch), Volgograd State Technical University (Russian Federation, 403874, Volgograd Region, Kamyshin, Lenin Street, 6a), e-mail: ttp@kti.ru

Boyko Sergey Yuryevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Textile Production Technology, Kamyshinsky Institute of Technology (branch), Volgograd State Technical University (Russian Federation, 403874, Volgograd Region, Kamyshin, Lenin Street, 6a), e-mail: ttp@kti.ru

Boyko Natalia Aleksandrovna, Lecturer of the Department of Textile Production Technology, Kamyshinsky Institute of Technology (branch), Volgograd State Technical University (Russian Federation, 403874, Volgograd Region, Kamyshin, Lenin Street, 6a), e-mail: boikon@kti.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-16

**INTEGRATION OF PLANT ELEMENTS AND PARK STRUCTURES IN THE CONTEXT
OF RECREATIONAL LANDSCAPE IN THE ARID ZONE****Kurapina N. V., Medveditskova O. N.***Volgograd State Agricultural University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: n.kurapina@mail.ru

Received 09.04.2024

Submitted 05.06.2024

Summary

The article presents the results of the selection of tree and shrub groups and herbaceous plants for landscaping outdoor recreation areas in urban parks. It is recommended to use 8 woody, 14 shrubby and 15 herbaceous perennials, distinguished by their decorative qualities and environmental sustainability.

Abstract

Introduction. In the cities of the arid zone, there is a need to increase the proportion of green spaces, increase the comfort of the environment by planting new decorative species. The development of a complex of technological operations for plant care based on modern technical means will quickly create an active recreation area in the urban park space. **Object.** Types of ornamental plants for landscaping park structures, which, in combination with modern care technologies, will create an aesthetically attractive landscape for the conditions of a large city located in an arid natural zone. **Materials and methods.** On the site adjacent to the "Ferris Wheel" of the Central Park of Culture and Recreation of Volgograd, with an area of 0.25 hectares, as part of a complex of works on design, landscaping and landscaping, plant compositions were planted, observations of plant development were carried out, an assessment of the decorative and ecological stability of species was performed. **Results and conclusion.** In the course of the analysis, it was found

that a significant part of the entertainment infrastructure facilities demonstrates the lack of an integrated approach to gardening. The selection of plants was carried out on the basis of an analysis of local climatic factors, a preliminary assessment of species for the prospects of introduction, their adaptive ability in order to enrich biodiversity taking into account the requirements for minimizing the cost of subsequent care. 14 species of shrubs, 8 species of tree species and 15 herbaceous perennials are recommended for use in urban landscaping in the arid zone. In all studied species, the ecological status index did not exceed 1.5, that is, all plants remained healthy during the observation period. Compositions from different types of plants provided a variety of colors, shapes and textures, creating a harmonious environment, enhancing the aesthetic impression and comfort for visitors. The close integration of plants and park buildings has been successfully achieved.

Keywords: green landscapes, park structures, urban space, integration of plant elements.

Citation. Kurapina N. V., Medveditskova O. N. Integration of plant elements and park structures in the context of recreational landscape in the arid zone. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 149-159 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-16.

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

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

УДК 635.92

ИНТЕГРАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПАРКОВЫХ СООРУЖЕНИЙ В КОНТЕКСТЕ РЕКРЕАЦИОННОГО ЛАНДШАФТА В АРИДНОЙ ЗОНЕ

Курапина Н. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Медведицкова О. Н., аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. В городах аридной зоны назрела необходимость увеличения доли озелененных пространств, повышения комфортности среды за счет посадки новых декоративных видов. Разработка комплекса технологических операций по уходу за растениями на основе современных технических средств позволит быстро создать зону активного отдыха в городском парковом пространстве. **Объект.** Виды декоративных растений для озеленения парковых сооружений, которые в комплексе с современными технологиями ухода создадут эстетически привлекательный ландшафт для условий крупного города, находящегося в аридной природной зоне. **Материалы и методы.** На участке, прилегающем к «Колесу обозрения» Центрального парка культуры и отдыха г. Волгограда, площадью 0,25 га в рамках комплекса работ по проектированию, озеленению и благоустройству, высажены растительные композиции, проведены наблюдения за развитием растений, выполнена оценка декоративности и экологической устойчивости видов. **Результаты и выводы.** В ходе проведенного анализа установлено, что значительная часть объектов развлекательной инфраструктуры демонстрирует отсутствие комплексного подхода к озеленению. Подбор растений осуществлялся на основе анализа местных климатических факторов, предварительной оценки видов на предмет перспективности интродукции, их адаптационной способности с целью обогащения биоразнообразия с учетом требований к минимизации затрат на последующий уход. Рекомендовано к использованию в озеленении городов аридной зоны 14 видов кустарников, 8 видов древесных пород и 15 травянистых многолетников. У всех изучаемых видов индекс экологического состояния не превышал 1,5, то есть все растения оставались здоровыми на протяжении периода наблюдения. Композиции из разных видов растений обеспечивали разнообразие цветов, форм и текстур, создавая гармоничное окружение, усиливая эстетическое впечатление и комфорт для посетителей. Тесная интеграция растений и парковых строений была успешно достигнута.

Ключевые слова: озелененные ландшафты, парковые сооружения, городское пространство, интеграция растительных элементов.

Цитирование. Курапина Н. В., Медведицкова О. Н. Интеграция растительных элементов и парковых сооружений в контексте рекреационного ландшафта в аридной зоне. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 149-159. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-16.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Урбанизация продолжает набирать обороты по всему миру, что приводит к увеличению плотности населения в городах и, как следствие, к сокращению доступного пространства для зеленых насаждений. Это вызывает необходимость более эффективного использования имеющихся озелененных пространств и интеграции растительных элементов в городскую инфраструктуру. Зеленые насаждения играют ключевую роль в улучшении городской экологии, поскольку они способствуют снижению уровня загрязнения воздуха, уменьшению эффекта городского теплового острова, а также повышают уровень биоразнообразия. Присутствие зеленых пространств положительно влияет на психологическое и физическое здоровье городских жителей, предоставляя им возможности для отдыха и взаимодействия с природой.

Парковые сооружения и аттракционы, такие как Колесо обозрения, являются значимыми точками в архитектуре городов, вызывают особый интерес и являются центрами притяжения, как для местных жителей, так и для туристов. Интеграция растительных элементов в такие локации может усилить их привлекательность, создать дополнительную ценность и улучшить общее впечатление от городской среды.

Научное исследование, направленное на анализ и оценку эффективности интеграции растительных элементов в урбанистический ландшафт, особенно в контексте популярных городских аттракционов, представляет значительный интерес для разработки стратегий устойчивого развития городской среды, повышения качества жизни горожан и оптимизации экологической функциональности городских пространств. Поэтому целью исследования являлся подбор устойчивых видов растений для озеленения парковых сооружений, которые в комплексе с современными технологиями ухода создают устойчивый и эстетически привлекательный ландшафт для условий крупного города, находящегося в аридной природной зоне.

Материалы и методы. В рамках нашей работы по созданию проекта озеленения и благоустройства Центрального парка культуры и отдыха г. Волгограда (2018 г.), и его реализации (2018-2019 гг.) нами был определен опытный участок, прилегающий к «Колесу обозрения», площадью 0,47 га. Озеленяемая территория составила 0,25 га. Спланировав технологические проезды, техническую зону, прогулочные дорожки и карманы для скамеек с целью создания комфортной атмосферы для посетителей, приняли решение оформить зону озеленения цветочными клумбами, газонами, деревьями и кустарниками. Это способствовало формированию привлекательной среды в центральном секторе парка и явилось важной частью дизайна.

Подбор растений осуществлялся на основе анализа показателей местных климатических факторов [1], предварительной оценки декоративных видов на предмет перспективности интродукции и адаптационной способности (на основе расчета акклиматизационного числа) по методикам [2, 3, 4], с целью обогащения биоразнообразия с учетом требований к минимизации затрат на последующий уход. Такой подход обеспечивает поддержание оптимального фитосанитарного состояния и эстетической привлекательности растительности на протяжении каждого вегетационного периода. У всех высаженных растений проводили оценку экологического состояния по методике [5, 6]. Применяли метод кейс-стадий, который заключался в исследовании групп растений конкретного объекта озеленения и проблемно-ситуационном анализе реализованного проекта после 4 лет его эксплуатации. Оценка экологического состояния заключалась в расчете суммарного индекса экологического состояния (Индекса ЭС). Она основывалась на балльной оценке следующих показателей: наличия разной степени ослабления роста (1-2 балла), появления усыханий и сухостоя (3-5 баллов). По используемой шкале здоровые растения имели Индекс ЭС 1,0...1,5; слабо ослабленные 1,6...2,5; сильно ослабленные 2,6...3,5; усыхающие 3,6...4,5; сухостой 4,6 и выше [6].

Особенностями климата г. Волгограда являются континентальность, резко выраженная сезонность, значительные амплитуды температур воздуха, низкая относительная влажность воздуха, небольшое количество осадков. Так, дневные температурные максимумы июля и августа держатся на уровне 36...38°C, температурный максимум 44°C. Мини-

мальные температуры воздуха фиксируются в январе и феврале на уровне $-17...-24^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум -43°C . Относительная влажность воздуха в летний период опускается до 14%, зимой колеблется в среднем между показателями 50...60% [1].

Участок озеленения расположен на правом обрывистом берегу р. Волги, с востока примыкает к реке, с запада неподалеку располагается центральная автомагистраль города – проспект им. В. И. Ленина, с юга – торговый центр, с севера – стадион «Победа». Ветрозащитных древесно-кустарниковых насаждений не имеется. С северо-запада участок периодически подвергается воздействию выбросов металлургического предприятия. Преобладающим направлением ветров является восточное. В зимнее время они приносят морозную погоду из казахстанских степей, а летом – сильную жару. Почвы на участке крайне неблагоприятны для возделывания декоративных пород – перемешанные урбоземы, включающие смесь светло-каштановых почв и строительных отходов прошлых лет. Естественный профиль сильно нарушен. В процессе воплощения проекта озеленения проводились рекультивация и завоз садовой земли.

Важным условием реализации проекта являлось устройство системы автоматического полива, которая включала капельный полив со встроенными капельницами с компенсацией давления, обеспечивающими одинаковый расход на уровне 2,4 л/ч и экономию воды. Мульчирование приштамбовых кругов и свободных пространств среди травянистых культур речной галькой позволяло удерживать влагу, препятствовало росту сорной растительности, облегчало уборку опавшей листвы.

Результаты и обсуждение. Крупные города мира в обязательном порядке имеют такое сооружение-аттракцион, как «Колесо обозрения», которое привносит значительной вклад в рекреационную привлекательность и увеличение туристического потока в регион. Подобные аттракционы могут быть установлены в парках, на набережных, площадях, у торговых комплексов или на специально отведенных территориях [7].

«Колесо обозрения» (колесо Ферриса) – механический аттракцион в виде большого, вертикально установленного колеса, к ободу которого прикреплены кабинки для пассажиров. Прототипом современного «Колеса обозрения» было приводимое в движение мускульной силой человека устройство, появившееся в XVII веке. В России «Колесо обозрения» стало наиболее популярным при Екатерине II (годы правления 1729-1796 гг.). Первое «Колесо обозрения» с механическим двигателем построил в 1893 г. инженер из США Д. В. Гейл Феррис мл. Оно было установлено на Всемирной Колумбовской выставке в Чикаго. Вот некоторые из самых известных колес обозрения в мире: Redhorse Osaka Wheel в Японии (диаметр 123 м), Sky Dream на Тайване (126 м), Bay Glory в Китае (128 м), London Eye в Великобритании (135 м), «Солнце Москвы» в России (140 м) – крупнейшее в России и Европе с 2022 года, Bailang River Bridge Ferris Wheel в Китае (145 м), Star of Nanchang в Китае (160 м), Singapore Flyer в Сингапуре (165 м), High Roller в США (167,6 м), Ain Dubai в ОАЭ (250 м) [8].

В рамках настоящего исследования была выявлена проблематика озеленения прилегающих к аттракционам «Колесо обозрения» территорий, как в России, так и за рубежом. Так, в ходе проведенного анализа установлено, что значительная часть объектов развлекательной инфраструктуры демонстрирует отсутствие комплексного подхода к озеленению. К примеру, в контексте Колеса обозрения «Звезда Нанчана», расположенного в Китае, наблюдается создание эстетически привлекательных ландшафтных композиций, включающих разнообразные виды растений и декоративных элементов. В то же время зона вокруг Колеса обозрения в Сочи-Парке в России характеризуется минимальным озеленением, ограничивающимся стандартным газонным покрытием без дополнительных ландшафтных ухищрений, а в большинстве случаев озеленение и вовсе отсутствует.

Специалисты из Китая указывают на сложность создания многовидовых озеленительных насаждений в урбанизированной среде. Чтобы такой ландшафт сохранял свои функции, в Китае была разработана система сетевого экологического планирования [9, 10]. Данные наблюдения подчеркивают необходимость более осознанного подхода к интеграции зеленых насаждений в городскую развлекательную среду и в нашей стране, что может способствовать улучшению экологического состояния, эстетической привлекательности и общего комфорта городов.

Применительно к условиям г. Волгограда, где древесно-кустарниковые озеленительные посадки значительно рассредоточены по районам города и велико количество необустроенных брошенных земель под балками и оврагами, создание рекреационных озелененных пространств приобретает особую значимость. Так, волгоградские ученые подчеркивают, что в урбанизированной среде во многих районах начинает преобладать тростниковая растительность, отрицательно сказывающаяся на облике города. Кроме того, Центральный район мегаполиса, в котором выполнялись наши исследования, имеет наименьшую площадь древесно-кустарниковых насаждений (естественных и культурных) в расчете на одного жителя – 24 м²/чел. против 590,1 м²/чел. в Кировском районе. Причем по количеству населения эти районы близки [11]. В мегаполисе велик запрос на преобразование заброшенных земель в парковые пространства с сохранением природного компонента, наряду с благоустройством под нужды населения всех возрастов [12].

Поскольку зеленые насаждения играют важную роль в экосистеме городов, обеспечивая улучшение качества воздуха, создание теневых зон и сохранение влажности в городской среде, способствуют ее охлаждению, амортизируют шум и снижают уровень загрязнения, необходим комплексный подход к озеленению Центрального парка города. Кроме того, считаем, что в современном контексте озеленение прилегающих территорий к «Колесу обозрения» может включать создание тематических садов, использование устойчивых растений, применение систем автоматического полива и другие инновационные подходы к ландшафтному дизайну. Это может быть частью более широкой стратегии создания зеленой инфраструктуры, направленной на улучшение экологического состояния городов и повышение качества жизни населения.

Критерии принятия решений при разработке данного проекта были связаны с характеристиками растений: размерами и формой кроны, текстурами, цветом, сезонностью, фенологией, периодом роста, размером и формой листьев, морозостойкостью, продолжительностью жизни, популярностью, безопасностью, характеристикой листопада и т.д. Предпочтение отдавалось определенным видам, исходя из практических соображений, таких как степень требуемого ухода с точки зрения полива и обрезки, приспособляемость к почвенным условиям, а также восприимчивость к климатическим факторам, болезням и общая переносимость городской среды. Кроме того, при формировании композиционного решения важными критериями явилось единство функционально-планировочной структуры и стиля. На общее впечатление посетителей объектов рекреации влияет визуальное восприятие, гармоничное соотношение масштабов человека, парковых сооружений, элементов озеленения и благоустройства, сочетание плоскостей и объемов. Общий вид озеленения «Колеса обозрения» в г. Волгограде представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Озеленение территории
Figure 1 – Landscaping of the territory

Для поддержания целостности восприятия ландшафта было необходимо скрыть служебные объекты, при маскировке которых использованы следующие виды растений: Туя западная Бранд (*Thuja occidentalis* L. Brabant), Можжевельник средний Минт Джулеп (*Juniperus x media* Mint Julep), Жимолость вьющаяся (*Lonicera periclymenum* L.).

Чтобы интегрировать растительные элементы в контекст городского ландшафта и развлекательного аттракциона, сосредоточив внимание на озеленении территории, прилегающей к «Колесу обозрения», были использованы разнообразные растения. Все растения успешно адаптировались к условиям произрастания, при выполнении комплекса мероприятий по уходу они демонстрировали здоровый рост и развитие. Для древесных и кустарниковых пород определяли суммарный индекс экологического состояния (Индекс ЭС) (таблица 1).

Таблица 1 – Перечень древесных и кустарниковых видов в ЦПКиО г. Волгограда и их соответствие экологическому состоянию территории

Table 1 – List of woody and shrubby species in the Central Park of Volgograd and their compliance with the ecological condition of the territory

№ п/п	Вид, сортовое наименование / Type, varietal name	Декоративные качества в группах / Decorative qualities in groups	Индекс ЭС, баллы / ES index, points	Требуемый уход за вегетацией / Required vegetation care
1	2	3	4	5
1) деревья / trees				
1	Гинкго двулопастной (<i>Ginkgo biloba</i> L.)	форма и осенняя окраска листьев (веерообразная, золотисто-желтая) / shape and autumn color of leaves (fan-like, golden-yellow)	1,3	полив / irrigation
2	Дуб черешчатый Фастигиата (<i>Quercus robur Fastigiata</i> Lam.)	колонновидная крона / columnar crown	1,0	полив / irrigation
3	Клен остролистный Роял Ред (<i>Acer platanoides</i> L. 'Royal Red')	окраска листьев (пурпурно-красные), компактная форма кроны / leaf color (purplish-red), compact crown shape	1,0	полив / irrigation
4	Липа мелколистная (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	форма кроны (конусовидная) / crown shape (cone-shaped)	1,0	полив / irrigation
5	Можжевельник скальный Скайрокет Тоскана (<i>Juniperus scopulorum</i> Sarg. Skyrocket Toscare)	форма кроны (колонновидная), окраска хвои (сизая) / crown shape (columnar), needle color (sisaya)	1,1	полив, формовочная стрижка / watering, shaping shearing
6	Сакура Канзан или Вишня мелкопильчатая (<i>Prunus serrulata</i> Kanzan)	эффектное цветение / spectacular flowering	1,3	полив / irrigation
7	Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	длина хвои (4...7 см) / the length of the needles (4...7 cm)	1,0	полив / irrigation
8	Сосна обыкновенная «Ватерери» на штамбе (<i>Pinus sylvestris</i> L. «Watereri»)	вечнозеленое, цветная хвоя (серо-голубая) / evergreen, colored needles (gray-blue)	1,0	полив / irrigation
2) кустарники / shrubs				
1	Английские розы Дэвида Остина («David Austin Roses»)	эффектное длительное цветение / spectacular long flowering	1,2	полив, обрезка / watering, pruning
2	Бирючина обыкновенная (<i>Ligustrum vulgare</i> L.)	долго сохраняет стриженую форму куста / retains the trimmed shape of the bush for a long time	1,0	полив, формовочная стрижка / watering, shaping shearing

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
3	Гортензия метельчатая Бобо (<i>Hydrangea paniculata</i> Siebold. Bobo)	эффектное длительное цветение / spectacular long flowering	1,1	полив, обрезка / watering, pruning
4	Дерен белый Элегантиссима (<i>Cornus alba</i> L. Elegantissima)	окраска листьев (с белой каймой), окраска коры (темно-красная) / leaf color (with white border), bark color (dark red)	1,0	полив, формовочная стрижка / watering, shaping shearing
5	Жимолость вьющаяся (<i>Lonicera periclymenum</i> L.)	эффектное цветение, форма кроны (вьющаяся) / spectacular flowering, crown shape (climbing)	1,3	полив, прореживание / Watering, thinning
6	Кизильник блестящий (<i>Cotoneaster lucidus</i> Schtdl.)	осенняя окраска листьев (оранжево-красная) / autumn leaf color (orange-red)	1,0	полив, формовочная стрижка / watering, shaping shearing
7	Магнолия звёздчатая Роял стар (<i>Magnolia stellata</i> Maxim. Royal Star)	период цветения (до распускания листьев) / flowering period (before leaf blossoming)	1,4	полив, в морозные зимы укрытие / watering, shelter in frosty winters
8	Можжевельник средний Мент Джулеп (<i>Juniperus x media</i> Mint Julep)	форма куста (раскидистая) / bush shape (spreading)	1,0	полив / irrigation
9	Можжевельник средний Олд Голд (<i>Juniperus x pfitzeriana</i> Old Gold)	окраска хвои (золотистая) / color of needles (golden)	1,0	полив / irrigation
10	Спирея японская Little Princess (<i>Spiraea japonica</i> L. «Little Princess»)	эффектное цветение / spectacular flowering	1,0	полив / irrigation
11	Спирея японская (<i>Spiraea japonica</i> L. «Golden Princess»)	эффектное цветение, окраска листьев (золотистая) / spectacular flowering, leaf color (golden)	1,0	полив / irrigation
12	Тис средний Хикси (<i>Taxus x media</i> Hicksii)	окраска плодов (ярко красная) / fruit color (bright red)	1,3	полив / irrigation
13	Туя Глобоза (<i>Thuja occidentalis</i> L. Globosa)	форма кроны (правильная округлая) / crown shape (regular, rounded)	1,2	полив / irrigation
14	Туя западная Брабант (<i>Thuja occidentalis</i> L. Brabant)	форма кроны (колонновидная) / crown shape (columnar)	1,1	полив, формовочная стрижка / watering, shaping shearing

У всех изучаемых деревьев и кустарников Индекс ЭС не превышал 1,5, то есть все растения оставались здоровыми на протяжении периода наблюдения. Среди изучаемых видов Индекс ЭС на уровне 1,3 был у Тиса среднего Хикси, Сакуры Канзан и Гинкго двулопастного; на уровне 1,4 – у Магнолии звездчатой. Большинство деревьев и кустарников имели Индекс ЭС на уровне 1,0, что свидетельствовало о хороших адаптационных свойствах испытываемых видов и сортов. В таблице 2 представлены травянистые виды, которые использовали для озеленения территории, прилегающей к «Колесу обозрения».

Интеграция растительных элементов на прилегающей территории к «Колесу обозрения» предоставляет возможности для создания уникального и привлекательного урбанистического ландшафта. Композиции из сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), можжевельника скального Скайрокет Тоскана (*Juniperus scopulorum* Sarg. Skyrocket Toscan),

сосны обыкновенной Ватерери на штамбе (*Pinus sylvestris* L. Watereri), тиса среднего Хикси (*Taxus x media* Hicksii), туи Глобоза (*Thuja occidentalis* L. Globosa), клена остролистного Роял Ред (*Acer platanoides* L. Royal Red), липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), дуба черешчатого Фастигиата (*Quercus robur Fastigiata* Lam.) создают разнообразие форм, текстур, обеспечивают разные цветовые акценты.

Таблица 2 – Перечень травянистых видов в ЦПКиО г. Волгограда и их декоративность, 2021 г.

Table 2 – List of herbaceous species in the Central Park of Volgograd as of 2021

№ п/п	Вид, наименование / Type, name	Декоративные Качества / Decorative qualities	Требуемый уход за вегетацию / Required vegetation care
1	Вербена жесткая (<i>Verbena rigida</i> Spreng)	Цветение / flowering	Полив / irrigation
2	Герань кроваво-красная прямая (<i>Geranium sanguineum</i> L. var. <i>striatum</i>)	Цветение / flowering	Полив, удаление старых соцветий / Watering, removal of old inflorescences
3	Ирис сибирский (<i>Iris sibirica</i> L.)	Цветение / flowering	Полив / irrigation
4	Ковыль узколистный (<i>Stipa tenuifolia</i> Stenen.)	Цветение / flowering	Полив / irrigation
5	Котовник Фассена (<i>Nepeta x faassenii</i>)	Цветение / flowering	Полив / irrigation
6	Кровохлёбка Чоколат Тип (<i>Sanguisorba</i> L. Chocolate Tipp)	Цветение / flowering	Полив / irrigation
7	Лаванда узколистная Манстэд (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill. Munstead)	Цветение, аромат, привлекает бабочек / Flowering, aroma, attracts butterflies	Полив / irrigation
8	Мискантус китайский (<i>Miscanthus sinensis</i> Anersson)	Форма куста, соцветия / Bush shape, inflorescences	Полив / irrigation
9	Наперстянка (<i>Digitalis</i> L.)	Цветение / flowering	Полив / irrigation
10	Пеннисетум лисохвостный Хамельн (<i>Pennisetum alopec.</i> Hameln)	Цветение / flowering	Полив / irrigation
11	Просо прутьевидное Ребраун (<i>Panicum virgatum</i> L. Rehbraun)	Цветение / flowering	Полив / irrigation
12	Седум видный «Розентеллер» (<i>Sedum spectabile</i> «Rosenteller»)	Цветение / flowering	
13	Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i>)	Цветение / flowering	Полив, удаление старых соцветий / Watering, removal of old inflorescences
14	Тысячелистник обыкновенный СаммерПастелс (<i>Achillea millefolium</i> Summer Pastels)	Цветение / flowering	Полив, удаление старых соцветий / Watering, removal of old inflorescences
15	Шалфей (<i>Salvia</i>)	Цветение / flowering	Полив / irrigation

Использование таких растений, как английские розы Дэвида Остина («David Austin Roses»), вишня Сакура Канзан (*Prunus serrulata* Kanzan), гинкго двулопастной (*Ginkgo biloba* L.), гортензия метельчатая Бобо (*Hydrangea paniculata* Siebold. Bobo) и магнолия звездчатая Роял стар (*Magnolia stellata* Maxim. Royal Star), добавляет изысканности и элегантности в озеленение (рисунок 2).



Рисунок 2 – Клен остролистный Роял Ред (*Acer platanoides* L. Royal Red) и Магнолия звёздчатая Роял стар (*Magnolia stellata* Maxim. Royal Star) во время цветения, апрель 2020 г.

Figure 2 – Royal Red holly maple (*Acer platanoides* L. Royal Red) and Royal Star Magnolia (*Magnolia stellata* Maxim. Royal Star) during flowering in April 2020

Лаванда узколистая Манстэд (*Lavandula angustifolia* Mill. Munstead), Вербена жесткая (*Verbena rigida* Spreng.) привлекают бабочек. Живые изгороди из кизильника блестящего (*Cotoneaster lucidus* Schtdl.) и бирючины обыкновенной (*Ligustrum vulgare* L.) структурируют и объединяют композиционные элементы (рисунок 3).



Рисунок 3 – Английские розы Дэвида Остина («David Austin Roses») во время цветения в 2020 г.

Figure 3 – English roses by David Austin ("David Austin Roses") during flowering in 2020

Выполненная работа привносит значительный вклад в разработку способов озеленения городов в аридной зоне. Если для городов Центрального и Северо-западного округов перечень методов создания объектов зеленого строительства известен, то для аридной зоны полученные результаты являются новыми. Конкуренция среди предприятий в сфере благоустройства все еще низка, а без нее нельзя добиться существенных сдвигов в сторону повышения комфортности городов [13].

Интеграция растительных элементов с парковыми сооружениями и развлекательными комплексами обеспечивает набор позитивных впечатлений у посетителей разных возрастов, когда на аттракцион хочется вернуться вновь, это и есть главная цель проектировщика, которая была успешно достигнута в выполненной работе [14]. Аналогичный опыт проектирования парка развлечений, его благоустройства и озеленения в г. Волгограде был осуществлен авторами [15], которые подчеркивали бедность имеющегося видового набора растений для озеленения и акцентировали необходимость увеличения доли искусственных водоемов в парковых пространствах аридного города.

Заключение. Результаты исследования подтверждают значимость озеленения территории, прилегающей к «Колесу обозрения», как средства улучшения урбанистического ландшафта и повышения качества жизни в городской среде. Рекомендовано к использованию в озеленении городов аридной зоны 22 вида, в том числе 8 видов деревьев, 14 кустарников и 15 травянистых многолетников. Композиции из разных видов растений обеспечивали разнообразие цветов, форм и текстур, создавая гармоничное окружение, усиливая эстетическое впечатление и комфорт для посетителей. Однако, несмотря на очевидные преимущества, многие города не реализуют потенциал озеленения в полной мере.

Используемый нами метод кейс-стадий позволил провести анализ конкретного проекта, оценить его уникальные характеристики и определить общие принципы и подходы, которые могут быть применимы в аналогичных проектах в области озеленения городских пространств.

Воплощенный проект в ЦПКиО г. Волгограда демонстрирует комплексный подход к озеленению, включающий тщательный подбор устойчивых видов и сортов растений, грамотное применение современных технологий полива и ухода. Все это приводит к успешной адаптации растений и созданию устойчивого высокодекоративного ландшафта, а также экологических условий для увеличения биоразнообразия, позволяющие улучшить экологическое состояние и эстетическую привлекательность городских территорий.

Conclusions. The results of the study confirm the importance of landscaping the territory adjacent to the Ferris Wheel to make better the urban landscape and improving the quality of life in the urban environment. 22 species are recommended for use in urban landscaping in the arid zone, including 8 species of trees, 14 shrubs and 15 herbaceous shrubs. Compositions from different plant species provided a variety of colors, shapes, and textures, creating a harmonious environment, enhancing the aesthetic impression and comfort for visitors. However, despite the obvious advantages, many cities do not realize the full potential of landscaping.

The case study method we used allowed us to analyze a specific project, evaluate its unique characteristics and identify general principles and approaches that can be applied in similar projects in the field of urban landscaping.

The implemented project in the Central Park of Volgograd demonstrates an integrated approach to landscaping, including careful selection of sustainable plant species and varieties, and the extensive use of modern irrigation and care technologies. All this leads to successful adaptation of plants and the creation of a sustainable highly decorative landscape, as well as ecological conditions for increasing biodiversity, which makes it possible to improve the ecological condition and aesthetic attractiveness of urban areas.

Библиографический список

1. Коняшин М. С., Рябина О. С. Климат Волгоградской области и особенности его формирования. Вопросы степеведения. 2011. № 9. С. 78-81.
2. Залывская О. С. Интегральная оценка перспективности интродукции растений. Вестник Брянского государственного университета. 2012. № 4 (1). С. 83-86.
3. Залывская О. С. Комплексная оценка адаптивной способности интродуцентов. Известия вузов. Лесной журнал. 2014. № 6 (342). С. 161-166.
4. Кохно Н. А. К методике оценки успешности интродукции лиственных и древесных растений. Теория и методы интродукции растений и зеленого строительства. К.: Наук. Думка. 1980. С. 80.
5. Иеронова В. В. Оценка экологического состояния древесной растительности в условиях городской среды. Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2018. № 3 (14). С. 11.

6. Смирнова О. В. Методологические подходы и методы оценки климаксового и сукцессионного состояния лесных экосистем (на примере восточноевропейских лесов). Лесоведение. 2004. № 3. С. 15-27.
7. Сокольская О. Б., Теодоронский В. С., Вергунов А. П. Ландшафтная архитектура: специализированные объекты: учеб. пособие для вузов. М.: Академия, 2008. 224 с.
8. Александрова А. Ю., Сединкина О. Н. Тематические парки мира: учебное пособие. М.: КноРус, 2016. С. 208.
9. Shuang Song, Yue Gong, Yafang Yu. Integrating pattern, process, and function in urban landscape ecological network planning: A case study of Harbin central city. Ecological Indicators. 2024. V. 159. 111671.
10. Youhua Ye, Shishi Lin, Jin Wu, Jie Li, Jianfeng Zou, Deyong Yu. Effect of rapid urbanization on plant species diversity in municipal parks, in a new Chinese city: Shenzhen. Acta Ecologica Sinica. 2012. V. 32. Issue 5. Pp. 221-226.
11. Хужахметова А. Ш., Воронина В. П., Лазарев С. Е. Оценка пространственной структуры древесно-кустарниковых насаждений г. Волгограда по данным мультиспектральных космических снимков. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 218-232.
12. Петрашень Е. П., Сперанская В. С., Кузьмина А. О. Деструктивные ландшафты в контексте городского общественного пространства. Проблемы реабилитации, адаптации и интеграции. Вестник Санкт-Петербургского университета. Искусствоведение. 2018. Вып. 18. № 4. С. 693-714.
13. Максимовская А. А. Роль управления благоустройством в развитии территорий. Символ науки. 2017. № 5. С. 201-203.
14. Воробьева М. О. Проектные подходы в организации тематических парков. Урбанистика. 2017. № 1. С. 11-17.
15. Шнайдер И. В., Матовникова Н. Г., Самойленко П. В. Комплексное благоустройство тематического парка развлечений в Центральном районе г. Волгограда. Евразийский Союз Ученых. 2020. № 4-1 (73). С. 65-70.

References

1. Konyashin M. S., Ryabinina O. S. Climate of the Volgograd Region and Features of Its Formation. Questions of Degree Studies. 2011. № 9. Pp. 78-81.
2. Zalyvskaya O. S. Integral Assessment of the Prospects of Plant Introduction. Bulletin of Bryansk State University. 2012. № 4 (1). Pp. 83-86.
3. Zalyvskaya O. S. Comprehensive assessment of the adaptive ability of introductions. Proceedings of Higher Educational Institutions. Forest Journal. 2014. № 6 (342). Pp. 161-166.
4. Kokhno N. A. On the methodology for assessing the success of the introduction of deciduous and woody plants]. Theory and methods of plant introduction and green construction. Kyiv: Nauk. Dumka. 1980. P. 80.
5. Ieronova V. V. Assessment of the ecological state of woody vegetation in the urban environment. Electronic Scientific and Methodological Journal of Omsk State Agrarian University. 2018. № 3 (14). P. 11.
6. Smirnova O. V. Methodological Approaches and Methods for Assessing the Climax and Succession State of Forest Ecosystems (on the Example of Eastern European Forests). Dendrology. 2004. № 3. Pp. 15-27.
7. Sokolskaya O. B., Teodoronsky V. S., Vergunov A. P. Landscape Architecture: Specialized Objects. Manual for Higher Educational Institutions. Moscow, Akademiya Publ., 2008. 224 p.
8. Aleksandrova A. Yu., Sedinkina O. N. Theme Parks of the World: Textbook. Moscow, KnoRus Publ., 2016. P. 208.
9. Shuang Song, Yue Gong, Yafang Yu. Integrating pattern, process, and function in urban landscape ecological network planning: A case study of Harbin central city. Ecological Indicators. 2024. V. 159. 111671.
10. Youhua Ye, Shishi Lin, Jin Wu, Jie Li, Jianfeng Zou, Deyong Yu. Effect of rapid urbanization on plant species diversity in municipal parks, in a new Chinese city: Shenzhen. Acta Ecologica Sinica. 2012. V. 32. Issue 5. Pp. 221-226.
11. Khuzakhmetova A. Sh., Voronina V. P., Lazarev S. E. Assessment of the spatial structure of tree and shrub plantations in Volgograd based on multispectral satellite images. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 3 (67). Pp. 218-232.
12. Petrashen E. P., Speranskaya V. S., Kuzmina A. O. Destructive landscapes in the context of urban public space. Problems of rehabilitation, adaptation and integration. Vestnik of St. Petersburg University. Art History. 2018. Iss. 18. № 4. Pp. 693-714.
13. Maksimovskaya A. A. Role of Improvement Management in the Development of Territories. A symbol of science. 2017. № 5. Pp. 201-203.
14. Vorobyeva M. O. Project Approaches in the Organization of Theme Parks. Urbanism. 2017. № 1. Pp. 11-17.
15. Schneider I. V., Matovnikova N. G., Samoilenko P. V. Comprehensive Improvement of the Theme Park of Entertainment in the Central District of Volgograd. Eurasian Union of Scientists. 2020. № 4-1 (73). Pp. 65-70.

Информация об авторах

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

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

Author's Information

Kurapina Nataliya Victorovna – Head of the Department of Horticulture and Plant Protection, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), e-mail: n.kurapina@mail.ru

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

FORECAST OF CROP YIELDS AND WEATHER CONDITIONS IN 2024 FOR THE CENTRAL ZONE OF THE ORENBURG CIS-URALS**Neverov A. A., Abdrashitov R. R.***Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center for biological Systems and agricultural Technologies RAS
Orenburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: nevalex2008@yandex.ru

Received 12.04.2024

Submitted 20.06.2024

The research was carried out as part of the implementation of research for 2021-2030. FSBI FNC BST RAS on the topic (FNWZ-2022-0014)**Summary**

The article shows the possibility of long-term forecasting of crop yields and average daily air temperature based on various mathematical and statistical methods in order to minimize the costs of crop production and select the most effective technology for their cultivation in the upcoming growing season conditions.

Abstract

Introduction. In conditions of insufficient and unstable atmospheric moisture in agricultural areas, as well as extreme weather factors, long-term forecasting should play a decisive role in making timely management decisions. **The object** of the study is long-term series of yields of field crops: winter rye, barley, spring wheat, millet, corn and sunflower, as well as average daily air temperature in the Orenburg district of the Orenburg region. **Materials and methods.** To forecast time series of agricultural crop yields and average daily air temperature, methods of synoptic-statistical modeling by V. M. were used. Lebedeva VNIISKHM (SSM), neural network regression analysis based on a three-layer perceptron (MLP), the method of residual deviations and the method of superimposing epochs (MNE) based on the natural cyclicity of atmospheric processes. **Results and conclusions.** The forecast showed similar values for the yield of agricultural crops: winter rye 0.6-1.2 t ha⁻¹ according to the SSM method and 0.8-1.4 t ha⁻¹ (MLP), spring wheat – 0-0.4 and 0.2-0.5, millet 0-0.4 and 0.6-0.7, respectively. For corn and sunflower, the differences are significantly large. The method of overlapping epochs (MNE) for predicting the yield of winter rye, spring crops: spring wheat, barley and millet is close in value to the first two methods. The yield of green mass of corn and sunflower oilseeds is projected to be higher than the long-term average. Extreme air temperatures are expected in July and the first ten days of August for 40 days, as a result of which the crops of all agricultural crops, especially spring grains, will be affected, since during this period the processes of fertilization and the formation of caryopses in plants will take place. More heat-resistant and drought-resistant agricultural crops with a developed powerful root system are better adapted to these extreme conditions due to the biological characteristics of their development: corn, sunflower, chickpeas, sorghum, Sudan grass and safflower.

Keywords: forecasting yields, time series of yields, climatic conditions of crop cultivation.

Citation. Neverov A. A., Abdrashitov R. R. Forecast of crop yields and weather conditions in 2024 for the central zone of the Orenburg Cis-Urals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 160-167 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-17.

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

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

УДК 633:631.559:551.5:57.045:519.25

**ПРОГНОЗ УРОЖАЙНОСТИ АГРОКУЛЬТУР И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ В 2024 ГОДУ
ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ****Неверов А. А., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Абдрашитов Р. Р., кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник***ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН
г. Оренбург, Российская Федерация***Исследования проведены в рамках выполнения НИР на 2021-2030 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН по теме (FNWZ-2022-0014)**

Актуальность. В условиях недостаточного и нестабильного атмосферного увлажнения сельскохозяйственных территорий, а также экстремальных значений погодных факторов решающая роль для своевременного принятия управленческих решений должна отводиться долгосрочному

прогнозированию. **Объект** исследования – многолетние ряды урожайности полевых культур: озимой ржи, ячменя, яровой пшеницы, проса, кукурузы и подсолнечника, а также среднесуточной температуры воздуха в Оренбургском районе Оренбургской области. **Материалы и методы.** Для прогнозирования временных рядов урожайности агрокультур и среднесуточной температуры воздуха применялись методы синоптико-статистического моделирования В. М. Лебедевой ВНИИСХМ (ССМ), нейросетевой регрессионный анализ на основе трёхслойного персептрона (MLP), метод остаточных отклонений и метод наложения эпох (МНЭ) на основе природной цикличности атмосферных процессов. **Результаты и выводы.** Прогноз показал близкие значения по урожайности агрокультур: озимой ржи 0,6-1,2 т га⁻¹ по методу ССМ и 0,8-1,4 т га⁻¹ (MLP), пшеница яровая – 0-0,4 и 0,2-0,5, просо 0-0,4 и 0,6-0,7 соответственно. По кукурузе и подсолнечнику различия существенно большие.

Метод наложения эпох (МНЭ) по прогнозу урожайности озимой ржи, яровых культур: яровой пшеницы, ячменя и проса близок по значению первым двум методам. Урожайность зеленой массы кукурузы и маслосемян подсолнечника прогнозируется выше среднемноголетних показателей. Ожидается в июле и первой декаде августа экстремальная температура воздуха, в течение 40 дней, в результате чего пострадают посевы всех сельскохозяйственных культур, особенно яровых зерновых, поскольку в этот период будут проходить процессы оплодотворения и формирования зерновки у растений.

К данным экстремальным условиям лучше адаптированы более жаростойкие и засухоустойчивые агрокультуры с развитой мощной корневой системой в силу биологических особенностей их развития: кукуруза, подсолнечник, нут, сорго, суданская трава и сафлор.

Ключевые слова: прогнозирование урожая, временные ряды урожайности, климатические условия возделывания сельскохозяйственных культур.

Цитирование. Неверов А. А., Абдрашитов Р. Р. Прогноз урожайности агрокультур и погодных условий в 2024 году для центральной зоны Оренбургского Предуралья. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 160-167. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-17.

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 условиях недостаточного и нестабильного атмосферного увлажнения сельскохозяйственных территорий, а также экстремальных значений погодных факторов решающая роль для своевременного принятия управленческих решений должна отводиться долгосрочному прогнозированию, как продуктивности посевов, так и погодных факторов в период вегетации растений [1].

В Оренбургской области в последние годы значительно ухудшилась экологическая ситуация: участились воздушные засухи с одновременным возрастанием их продолжительности и напряженности. В последние пятнадцать лет начальные запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы снизились до 80-100 мм при оптимальных значениях этого параметра 150-160 мм, что недостаточно для нормального роста и развития большинства сельскохозяйственных культур. В различные годы сочетание погодных факторов, детерминирующих урожай, существенно варьирует и поэтому значение долгосрочного прогнозирования весьма актуально [2].

По мнению авторов [3], чтобы иметь возможность заранее прогнозировать урожайность пахотных земель, необходимо обязательно использовать климатические переменные, влияющие на развитие сельскохозяйственных культур, поскольку урожайность в значительной степени зависит от факторов окружающей среды.

В последнее время в целях прогнозирования часто используют стохастические методы на основе машинного обучения, что вызывает растущий интерес, обусловленный его превосходством над традиционными методами, а также растущей доступностью данных в сельскохозяйственном секторе [4].

Методы машинного обучения успешно использовались для прогнозирования урожайности для таких культур, как пшеница, соя, кукуруза, кофе и виноград [5].

Несколько авторов изучили использование методов машинного обучения для оценок и прогнозов урожайности сои, в основном для Бразилии или Соединенных Штатов, на муниципальном [6], государственном [7] и национальном уровнях [8]. Полученные прогнозы на разных уровнях, основанные на климатических данных, значительно превзошли традиционные прогнозы урожайности сельскохозяйственных культур.

Оценивалась эффективность пяти моделей машинного обучения и их совокупности для прогнозирования урожайности сои как на региональном, так и на национальном уровнях в Бразилии. Для достижения этой цели использовали индекс ENSO, климатические данные и данные дистанционного зондирования. Комплексный подход включал в себя различные методы моделирования, оценку урожайности на уровне муниципалитета и в более крупных масштабах. Кроме того, результат улучшался за счет включения сезонных прогнозов.

Установлено [7], что региональные особенности ограничивают построение прогнозов урожайности сои для всей страны, поскольку особенности, которые считаются важными для некоторых конкретных регионов (таких как юг Бразилии), могут быть не важны для остальной части страны.

В Казахстане [9] получены ретроспективные модели, которые демонстрирует высокую точность прогноза урожайности пшеницы в период вегетации от двух месяцев до сбора урожая (R^2 , равную 0,69) и удовлетворительную проверку вне выборки (медиана R^2 , равная 0,60 и 0,37). Таким образом, модель может объяснить по меньшей мере 37% изменчивости урожайности только путем учета погодных аномалий до 31 июля. Это подчеркивает существенное влияние погоды на производство пшеницы в Казахстане. Модель четко показывает важность количества осадков, высокой влажности воздуха и отсутствия длительных периодов засухи для производства пшеницы во всем Казахстане и на всех стадиях роста. Было обнаружено, что достаточное количество осадков наиболее важно для урожайности на второй стадии роста, между удлинением стебля и окончанием цветения. Высокие ночные температуры (20°C и выше) в течение более длительного периода приводят к снижению фотосинтеза и урожайности зерна.

В работе [10] описывается взаимосвязь между крупномасштабными режимами изменчивости климата и связанными с ними типами погоды с колебаниями урожайности кукурузы в Венето, Италия. В работе анализируются телесвязи зимнего Североатлантического колебания (NAO) и летнего Североатлантического колебания (SNAO); западноафриканского муссона (WAM) и Межтропического фронта (ITF). Несмотря на то, что эти показатели не связаны строго друг с другом, они в значительной степени связаны с режимами атмосферной циркуляции и разными типами погоды. Они оказывают влияние на температуру и количество осадков в Италии и на урожайность кукурузы в Венето, регионе, расположенном на северо-востоке Италии. На урожайность сильно влияют крупномасштабные колебания климата умеренной и тропической зон непосредственно через три основных режима циркуляции. Неблагоприятные погодные режимы, при которых температура ниже средней, снижают урожайность во всем регионе Венето, как и зональный режим, влияющий на количество осадков. Результаты подтверждают значимость крупномасштабных режимов и связанных с ними погодных режимов и типов для колебаний урожайности кукурузы в Венето.

Автор [11] сообщает, что в центрально-восточной Аргентине обнаружили значительную связь урожайности кукурузы от последствий природного крупномасштабного явления ENSO [12], используя временные ряды из различных областей экономики, сделал выводы, что методы ARIMA (интегрированная модель авторегрессии) и SVM (машинного обучения) являются наиболее многообещающими альтернативами традиционным методам прогнозирования.

В исследовании [13] предпринята попытка ответить на этот вопрос с помощью крупномасштабной сравнительной оценки, которая включает 68 переменных окружающей среды с тремя частотами (ежечасно, ежедневно, ежемесячно), прогнозируемых на один-двенадцать шагов в будущее и оцениваемых с помощью шести статистических временных рядов и четырнадцати методов регрессии. Результаты показали, что некоторые методы анализа временных рядов (ARIMA, Theta) демонстрируют высокую точность, но определенные методы регрессии (Huber, Extra Trees, Random Forest, Light Gradient Boosting Machines, Gradient Boosting Machines, Ridge, Bayesian Ridge) дают еще более многообещающие результаты для всех горизонтов прогнозирования. В зависимости от конкретного варианта использования следует выбирать разные методы, поскольку определенные методы более подходят для разных частот, а некоторые имеют выгодный компромисс между временем вычисления и производительностью.

В наших ранних исследованиях [14, 15] были показаны сопряженные связи урожайности различных культур с глобальными и региональными климатическими факторами с различным смещением во времени (лагом). Было установлено, что температурные аномалии нижней тропосферы над сушей и океаном Северного Полушария, изменения площади морского пакового льда, Северо-Атлантическое Колебание (САК) и ряд других климатических индексов оказывают существенное влияние на формирование погодных условий в период вегетации растений в центральной зоне Оренбуржья. На основании подобных телеконнекционных связей определены математические модели, которые нашли также отражение в данной работе.

Материалы и методы. Для долгосрочного прогнозирования временных рядов урожайности агрокультур и среднесуточной температуры воздуха применялись методы синоптико-статистического моделирования В. М. Лебедевой ВНИИСХМ, множественная линейная регрессия, нейросетевой регрессионный анализ на основе трёхслойного персептрона (MLP), метод остаточных отклонений и метод наложения эпох на основе природной цикличности атмосферных процессов.

Полученные экспериментальные данные обрабатывались методом статистического анализа в программах «MicrosoftExcel» и «Statistica 6.1», «NCSS und PASS 2000» (StatSoft-inc., США), в авторской программе «Prognostics 4-1».

Объект исследования. Исследования проводили на основе длительных временных рядов (1979-2023 гг.) урожайности сельскохозяйственных культур: озимой ржи, ячменя, яровой пшеницы, проса, кукурузы и подсолнечника, а также временных рядов погодных факторов – подекадной среднесуточной температуры воздуха по г. Оренбургу в период вегетации растений (3-я декада апреля – 3-я декада августа).

Результаты и обсуждение. Более высокую точность, а значит, надёжность долгосрочного прогноза урожайности или иных параметров можно получить, если прогнозируемый параметр осуществляется различными альтернативными методами и они демонстрируют сходные результаты.

Для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур: озимой ржи, яровых: ячменя, пшеницы, проса, кукурузы и подсолнечника применяли три альтернативных метода: синоптико-статистический метод ВНИИСХМ (CCM), метод наложения эпох (МНЭ) в совокупности с методом остаточных отклонений по временному ряду урожайности, а также метод множественной регрессии с использованием искусственной нейронной сети – многослойного персептрона (MLP) (таблица 1).

Таблица 1 – Прогноз урожайности сельскохозяйственных культур в 2024 году для центральной зоны Оренбургского Предуралья, т га⁻¹

Table 1 – Forecast of agricultural yields in 2024 for the central zone of the Orenburg Cis-Urals, t HA-1

Агрокультура / Agriculture	Синоптико- статистический метод (CCM) ВНИИСХМ / Synoptical-statistical method	Метод наложения эпох (МНЭ) / Epoch Overlay Method	Многослойный персептрон (MLP) / Multilayer Perceptron	Средняя урожай- ность за 30 лет / Average yield over 30 years
Рожь озимая / Winter rye	0,6-1,2	0,5-1,0	0,8-1,4	1,6
Ячмень яровой / Spring barley	0-0,4	0,5-0,7	-	1,0
Пшеница яровая / Spring wheat	0-0,4	0,4	0,2-0,5	0,8
Просо / Millet	0-0,4	0,4-0,8	0,6-0,7	0,7
Кукуруза (з/м) / Corn (z/m)	6,5-10,0	7,8-8,0	5,0-6,0	7,4
Подсолнечник / Sunflower	0,8-1,0	1,1-1,6	0,3-0,4	0,6

Для создания синоптико-статистических моделей (ССМ) и моделей многослойного персептрона применяли множественную регрессию. В качестве предикторов использовали аномалии температуры воздуха глобальных климатических параметров над океаном и суши в различных частях планеты, климатические индексы: Северо-Атлантическое Колебание (САК), Тихоокеанское Декадное Колебание, длинноволновое излучение атмосферы, аномалии площади морского льда в Северном и Южном Полушариях, микроволновое зондирование нижних слоёв тропосферы, параметры крупномасштабного планетарного явления Эль-Ниньо, а также значения погодных факторов в Оренбургском районе, предшествующих периоду вегетации растений.

Различия между данными методами заключались, прежде всего, в применении математического аппарата: для моделей ССМ использовались только линейные связи и все ограничения, присущие линейным моделям: число переменных в моделях не должно превышать соотношения «N/5-7», где N-число лет наблюдений временного ряда. В нашем случае: $44/5-7 = 6-9$ предикторов. В моделях, созданных с помощью многослойного персептрона, такие ограничения отсутствуют, а связи нейронная сеть выбирает самостоятельно и они, как правило, нелинейны. И в том и другом случае формировалось подмножество моделей, отвечающих предъявляемым критериям оценки соответствия и по ансамблю данных моделей осуществлялся прогноз.

Прогноз показал близкие значения по урожайности агрокультур: озимой ржи $0,6-1,2 \text{ т га}^{-1}$ по методу ССМ и $0,8-1,4 \text{ т га}^{-1}$ (MLP), пшеница яровая – $0-0,4$ и $0,2-0,5$, просо $0-0,4$ и $0,6-0,7$ соответственно. По другим культурам: кукурузе и подсолнечнику различия большие.

Метод наложения эпох (МНЭ) по прогнозу озимой ржи, яровых культур: яровой пшеницы и ячменя и проса близок по значению первым двум методам. Урожайность: зеленой массы кукурузы $7,8-8,0 \text{ т га}^{-1}$ и маслосемян подсолнечника $1,1-1,6 \text{ т га}^{-1}$ прогнозируется выше среднесуточных показателей.

Большое значение для принятия своевременных решений по корректировке агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур имеет долгосрочный прогноз погодных условий периода вегетации растений (таблица 2).

Таблица 2 – Прогноз среднесуточной температуры воздуха за декаду в Оренбургском районе Оренбургской области в 2024 году в период вегетации растений

Table 2 – Forecast of the average daily air temperature for a decade in the Orenburg region of the Orenburg region in 2024 during the growing season

Месяц / Month	Декада / Decade	Среднесуточная температура воздуха за декаду, °C / Average daily air temperature per decade, °C		
		Прогноз ССМ / Forecast	Прогноз МНЭ / Forecast	Норма / Norm
Апрель / April	3	7-11	-	10,4
Май / May	1	3-7,5	18,2	13,2
	2	18-23	19,0	16,2
	3	17-21	18,2	16,8
Июнь / June	1	18-21,5	19,8	17,8
	2	22-28	24,3	20,4
	3	17-21	21,0	20,8
Июль / July	1	25-30	26,5	21,4
	2	25-29	25,0	21,7
	3	25-29	24,3	21,5
Август / August	1	22-25	24,5	21,2
	2	17-20	21,0	19,6
	3	14-18	23,7	18,4

В условиях недостаточного атмосферного увлажнения рост температуры воздуха, превышающий норму, способствует снижению урожайности. Среднесуточная температура воздуха, превышающая пороговое значение $22,0^{\circ}\text{C}$, как правило, соответствует значению

30°C максимальной дневной температуры, что приводит к резкому снижению чистой продуктивности фотосинтеза и значительному снижению урожайности большинства культур, особенно в условиях дефицита продуктивной влаги и сухости воздуха.

Прогноз температуры воздуха был осуществлен двумя методами: синоптико-статистическим и методом наложения эпох. Результаты прогнозирования оказались близкими по своим параметрам. Исключение составила прогнозная температура в 1-ой декаде мая: метод ССМ показал значительное снижение температуры воздуха до 3-7,5°C относительно нормы 13,2°C, а метод МНЭ, наоборот, повышение температуры до 18,2°C. В последующие декады вегетационного периода температура воздуха прогнозируется выше нормы обоими методами. Экстремальные условия могут возникнуть во второй декаде июня с последующим снижением температуры в третьей декаде июня. Вероятно, понижение температуры может быть вызвано выпадением осадков в этот период. В июле и первой декаде августа температура воздуха, в течение 40 дней, может превысить среднесуточную температуру 25°C, что эквивалентно максимальной дневной температуре 38-40°C, в результате чего пострадают посевы всех сельскохозяйственных культур, особенно яровых зерновых, поскольку в этот период будут проходить процессы оплодотворения и формирования зерновки у растений.

К данным экстремальным условиям лучше адаптированы более жаростойкие и засухоустойчивые агрокультуры с развитой мощной корневой системой в силу биологических особенностей их развития: кукуруза, подсолнечник, нут, сорго, суданская трава и сафлор.

Учитывая высокую вероятность сильной жары и засухи в предстоящий вегетационный период растениеводам необходимо внести корректировки в технологии возделывания агрокультур в центральной зоне Оренбуржья. Запланировать наиболее ранние сроки сева всех агрокультур. По возможности сократить посевные площади яровых: ячменя и пшеницы за счет увеличения доли более засухоустойчивых культур. Внесение минеральных удобрений ограничить стартовым удобрением. Внедрить приемы, повышающие устойчивость растений к высокой температуре и засухе: проводить обработку семян регуляторами роста и микроэлементами, планировать проведение внекорневых подкормок растений комплексными препаратами с добавлением антидепрессантов и регуляторов роста в вечернее время. Улучшить обеспеченность растений продуктивной влагой и питанием можно, снизив рекомендуемые нормы высева семян на 5-10%. Предпочтение следует отдавать раннеспелым сортам, лучше адаптированным к высокой температуре и засухе.

Заключение. Для повышения надёжности прогноза необходимо использовать альтернативные методы прогнозирования. Синоптико-статистический метод, искусственная нейронная сеть на основе многослойного персептрона и метод наложения эпох показали сходные результаты при прогнозировании урожайности зерновых культур и среднесуточной температуры воздуха на протяжении вегетационного периода.

Однако методы показали существенное различие в прогнозировании урожайности подсолнечника.

В совокупности результатов прогнозирования получен климатический сценарий, на основании которого можно сделать вывод о предстоящих неблагоприятных условиях: экстремально высокой температуры воздуха во второй декаде июня и в течение всего июля - первой декады августа. Прогноз низкого уровня урожайности озимой ржи и яровых зерновых культур: ячменя и пшеницы подтверждает вероятность такого сценария. Для стабилизации урожайности агрокультур в предстоящих условиях 2024 года необходимо предпочтение отдать сельскохозяйственным культурам, способным в лучшей степени противостоять высокой температуре и засухе, а именно: кукурузе, сорго, суданской траве, подсолнечнику, нуту, сафлору.

Conclusions. To increase the reliability of the forecast, it is necessary to use alternative forecasting methods. The synoptic-statistical method, an artificial neural network based on a multilayer perceptron and the epoch overlay method showed similar results in predicting grain yields and average daily air temperature during the growing season.

However, the methods showed a significant difference in predicting sunflower yield.

In combination with the forecasting results, a climate scenario was obtained, on the basis of which it is possible to draw a conclusion about upcoming unfavorable conditions: extremely high air temperatures in the second ten days of June and throughout July - the first ten days of August. The

forecast for low yields of winter rye and spring grain crops: barley and wheat confirms the likelihood of such a scenario. To stabilize agricultural yields in the upcoming conditions of 2024, it is necessary to give preference to agricultural crops that can better withstand high temperatures and drought, namely: corn, sorghum, Sudan grass, sunflower, chickpeas, safflower.

Библиографический список

1. Benami Elinor, et al. Uniting remote sensing, crop modelling and economics for agricultural risk management. *Nature Reviews Earth & Environment*. 2021. V. 2.2. Pp. 140-159.
2. Неверов А. А. Телесвязи глобальных климатических факторов с урожайностью полевых культур в степной зоне Оренбуржья. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса*. 2023. № 1 (69). С. 228-238.
3. Zhou Weimo, et al. Integrating climate and satellite remote sensing data for predicting county-level wheat yield in China using machine learning methods. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2022. V. 111. 102861.
4. Gackstetter D., et al. Autonomous field management—An enabler of sustainable future in agriculture. *Agricultural Systems*. 2023. V. 206. 103607.
5. Van Klompenburg T., Ayalew K., Cagatay C. "Crop yield prediction using machine learning: A systematic literature review. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2020. V. 177. 105709.
6. Schwalbert Rai A., et al. Satellite-based soybean yield forecast: Integrating machine learning and weather data for improving crop yield prediction in southern Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2020. V. 284. 107886.
7. Barbosa dos Santos V., et al. Machine learning algorithms for soybean yield forecasting in the Brazilian Cerrado. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2022. V. 102.9. Pp. 3665-3672.
8. Monteiro L. A., et al. Potential use of data-driven models to estimate and predict soybean yields at national scale in Brazil. *International Journal of Plant Production*. 2022. V. 16.4. Pp. 691-703.
9. Shmelev S. E., et al. Climate change and food security: the impact of some key variables on wheat yield in Kazakhstan. *Sustainability*. 2021. V. 13.15. 8583.
10. Salinger M. J., Verdi L., Dalla M. A., et al. Linking maize yields in Veneto Italy, to large-scale atmospheric variability, circulation regimes and weather types. *The Journal of Agricultural Science*. 2022. V. 160 (6). Pp. 423-439.
11. Anderson W. ENSO as a climate conductor for global crop yields. 2021. <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/enso-climate-conductor-global-crop-yields>.
12. Parmezan A. R. S., Vinicius M. A. S., Gustavo E. B. Evaluation of statistical and machine learning models for time series prediction: Identifying the state-of-the-art and the best conditions for the use of each model. *Information sciences*. 2019. V. 484. Pp. 302-337.
13. Effrosynidis D., Spiliotis E., Sylaios G., Arampatzis A. Time series and regression methods for univariate environmental forecasting: An empirical evaluation. *Science of The Total Environment*. 2023. V. 875. 162580. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723011968>.
14. Неверов А. А. Прогноз продуктивности полевых культур на основе телекоммуникационных связей. *Вестник Ульяновской ГСХА*. 2023. № 1 (61). С. 20-27.
15. Neverov A. A., Abdrashitov R. R. Trends in regional climate change and field crop productivity in Orenburg steppe region of Russia. *International Conference on World Technological Trends in Agrobusiness*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. <https://conf.domnit.ru/ru/materialy/agritech-2021/>.

References

1. Benami Elinor, et al. Uniting remote sensing, crop modelling and economics for agricultural risk management. *Nature Reviews Earth & Environment*. 2021. V. 2.2. Pp. 140-159.
2. Neverov A. A. Telecommunications of Global Climatic Factors with the Yield of Field Crops in the Steppe Zone of the Orenburg Region. *Proceedings of the Nizhnevolsky Agro-University Complex*. 2023. № 1 (69). Pp. 228-238.
3. Zhou Weimo, et al. Integrating climate and satellite remote sensing data for predicting county-level wheat yield in China using machine learning methods. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2022. V. 111. 102861.
4. Gackstetter D., et al. Autonomous field management—An enabler of sustainable future in agriculture. *Agricultural Systems*. 2023. V. 206. 103607.
5. Van Klompenburg T., Ayalew K., Cagatay C. "Crop yield prediction using machine learning: A systematic literature review. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2020. V. 177. 105709.
6. Schwalbert Rai A., et al. Satellite-based soybean yield forecast: Integrating machine learning and weather data for improving crop yield prediction in southern Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2020. V. 284. 107886.
7. Barbosa dos Santos V., et al. Machine learning algorithms for soybean yield forecasting in the Brazilian Cerrado. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2022. V. 102.9. Pp. 3665-3672.
8. Monteiro L. A., et al. Potential use of data-driven models to estimate and predict soybean yields at national scale in Brazil. *International Journal of Plant Production*. 2022. V. 16.4. Pp. 691-703.
9. Shmelev S. E., et al. Climate change and food security: the impact of some key variables on wheat yield in Kazakhstan. *Sustainability*. 2021. V. 13.15. 8583.
10. Salinger M. J., Verdi L., Dalla M. A., et al. Linking maize yields in Veneto Italy, to large-scale atmospheric variability, circulation regimes and weather types. *The Journal of Agricultural Science*. 2022. V. 160 (6). Pp. 423-439.
11. Anderson W. ENSO as a climate conductor for global crop yields. 2021. <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/enso-climate-conductor-global-crop-yields>.
12. Parmezan A. R. S., Vinicius M. A. S., Gustavo E. B. Evaluation of statistical and machine learning models for time series prediction: Identifying the state-of-the-art and the best conditions for the use of each model. *Information sciences*. 2019. V. 484. Pp. 302-337.

13. Effrosynidis D., Spiliotis E., Sylaios G., Arampatzis A. Time series and regression methods for univariate environmental forecasting: An empirical evaluation. *Science of The Total Environment*. 2023. V. 875. 162580. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723011968>.

14. Neverov A. A. Prognosis of Field Crops Productivity on the Basis of Telecommunication Connections. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2023. № 1 (61). Pp. 20-27.

15. Neverov A. A., Abdrashitov R. R. Trends in regional climate change and field crop productivity in Orenburg steppe region of Russia. *International Conference on World Technological Trends in Agrobusiness*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. <https://conf.domnit.ru/ru/materialy/agritech-2021/>.

Информация об авторах

Неверов Александр Алексеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская Федерация, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, д. 27/1), ORCID – 0000-0001-5467-2476, e-mail: nevaalex2008@yandex.ru

Абдрашитов Ринат Римович, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская Федерация, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, д. 27/1), <https://orcid.org/0000-0003-0946-068X>, e-mail: sort_semena@mail.ru

Author's Information

Neverov Aleksander Alekseevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Technologies of Grain and Fodder Crops, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460051, Orenburg, Gagarin Ave., 27/1), ORCID – 0000-0001-5467-2476, e-mail: nevaalex2008@yandex.ru

Abdrashitov Rinat Rimovich, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher at the Department of Technologies of Grain and Forage Crops, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460051, Orenburg, Gagarin Ave., 27/1), <https://orcid.org/0000-0003-0946-068X>, e-mail: sort_semena@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-18

RESULTS OF THE INFLUENCE OF INNOVATIVE MICROFERTILIZER TREATMENTS ON THE PHOTOSYNTHETIC POTENTIAL AND YIELD OF SPRING BARLEY IN THE ARID CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION

Guzenko A. Yu., Guzenko A. 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: guzenko-ay@vfanc.ru

Received 01.04.2024

Submitted 22.05.2024

The work was carried out within the framework of State Assignment No. FNFE-2022-0010

“Creation of new competitive forms, varieties and hybrids of cultivated, tree and shrub plants with high productivity, quality and increased resistance to adverse environmental factors, new innovative technologies in seed production and nursery production with taking into account varietal characteristics and soil and climatic conditions of arid territories of the Russian Federation”

Abstract

Introduction. Due to changes in climatic conditions towards aridity, the yield of spring barley has sharply fallen in the Southern Federal District over the past thirty years. Currently, due to the aggravation of environmental, bioenergy and economic problems, much attention is paid to the integrated use of plant protection products, fertilizers and biostimulants and varietal characteristics in the cultivation of agricultural crops, since they are integral components of modern agricultural technologies. It is clear that there is an urgent need to develop crop production that produces higher yields per unit area of land, without the need for increased fertilizer or water inputs. Photosynthesis plays a leading role in yield formation and increasing overall plant productivity. Based on the experience of early research in the dry steppe zone of the Lower Volga region in the 2000s, this direction remains especially relevant. **Purpose of the study.** Increasing the photosynthetic potential of spring barley varieties under the influence of foliar treatments with the latest biological preparations, which are based on amino acids and micronutrients important for plant resistance to stress and drought. **Object of study.** Varieties of spring barley from different breeding centers on different agricultural backgrounds using micro and macro fertilizers. **Materials and methods.** A two-factor experiment was carried out on an experimental plot located in the zone of chestnut soils in the Kamyshinsky district of the Volgograd region in 2022-2023. Based on early research and data on meteorological forecasts in the Volgograd region, an experimental site was established at the Federal Scientific Center for Agroecology

of the Russian Academy of Sciences in the Kamyshinsky district to test spring barley varieties and the effect of innovative drugs based on amino acids and microelements: Biostim Rost, Biostim universal and Gumate Potassium. The varieties tested: Medikum 139, Medikum 200, Novonikolaevsky and Kamyshinsky 23 (FSC "Agroecology RAS"), as well as the variety Ratnik (FGBI "ANC "Donskoy"). These varieties were selected based on their characteristics as the most resistant to abiotic stress factors of the environment. All records and observations were carried out according to generally accepted methods. **Results and discussion.** During the growing season, observations were carried out and samples were taken to study photosynthetic indicators in the phases: shoots, tillering, booting, heading. Based on the conducted research on FP, it was revealed that preparations based on microelements according to scheme option 4 (Biostim Rost, Biostim Universal and Potassium Humate) help to increase the productive stems of spring barley varieties. additional amino acid nutrition according to schemes B3 and B4 completely increased the increase in photosynthetic potential indicators during the interphase period "heading" on average for the varieties Kamyshinsky 23 and Novonikolaevsky from B1k with the largest percentage increase – by 10.5% and – by 9.6 %. Also, these same varieties showed the best net productivity – an average of 305 g/m² and dry matter dynamics – an average of 80.5 g/m². The yield structure of these varieties was obtained within 3.82 t/ha, which proves the presence of synergistic relationships between nutrients when treated with preparations with amino acid composition in combination with the adaptability of local varieties of spring barley in terms of photosynthetic potential to a given soil-climatic zone level in the Kamyshinsky varieties 23 and Novonikolaevsky.

Keywords: spring barley, photosynthetic potential of barley, net productivity of photosynthesis, yield of spring barley, amino acid microfertilizers.

Citation: Guzenko A. Yu., Guzenko A. V. Results of the influence of innovative microfertilizer treatments on the photosynthetic potential and yield of spring barley in the arid conditions of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 167-177 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-18.

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

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

УДК 633.11.631.89

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТОК ИННОВАЦИОННЫМИ МИКРОУДОБРЕНИЯМИ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Гузенко А. Ю., младший научный сотрудник
Гузенко А. В., младший научный сотрудник

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

Работа выполнена в рамках Государственного задания № FNFE-2022-0010 «Создание новых конкурентоспособных форм, сортов и гибридов культурных, древесных и кустарниковых растений с высокими показателями продуктивности, качества и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, новые инновационные технологии в семеноводстве и питомниководстве с учетом сортовых особенностей и почвенно-климатических условий аридных территорий Российской Федерации»

Актуальность. В связи с изменением климатических условий в сторону засушливости в Южном Федеральном округе за последние тридцать лет резко упала урожайность ярового ячменя. В настоящее время в связи с обострением экологических, биоэнергетических и экономических проблем комплексному применению средств защиты растений, удобрений, биостимуляторов и сортовой особенности при возделывании сельскохозяйственных культур уделяется большое внимание, так как они являются неотъемлемыми составляющими современных сельскохозяйственных технологий. Совершенно очевидно, что существует настоятельная необходимость в развитии растениеводства, которое дает более высокие урожаи на единицу площади земли, без необходимости увеличения внесения удобрений или воды. Ведущая роль в формировании урожая и повышении общей продуктивности растений принадлежит фотосинтезу. На основе опыта ранних исследований в зоне сухих степей Нижнего Поволжья в 2000-е года данное направление остается особенно актуальным. **Цель исследования.** Увеличение фотосинтетического потенциала посева различных сортов ярового ячменя под действием листовых обработок новейшими биологическими препаратами, в основу которых входят аминокислоты

и микроэлементы питания, важные для устойчивости растений к стрессу и засухе. **Объект исследования.** Посев сортов ярового ячменя разных селекционных центров на различных агрофонах с применением микро и макроудобрений. **Материалы и методы.** Двухфакторный опыт был заложен на опытном участке, расположенном в зоне каштановых почв в Камышинском районе Волгоградской области в 2022-2023 гг. На основе ранних исследований и данным по метеорологическим прогнозам в Волгоградской области был заложен опытный участок на базе Федерального научного центра агроэкологии РАН в Камышинском районе по испытанию ярового ячменя сортов и влиянию инновационных препаратов на основе аминокислот и микроэлементов: Биостим Рост, Биостим универсал и Гумат Калия. Испытываемые сорта: Медикум 139, Медикум 200, Новониколаевский и Камышинский 23 (ФНЦ «агроэкологии РАН»), а также сорт Ратник (ФГБНУ «АНЦ «Донской»). Данные сорта были выбраны по своим характеристикам как наиболее устойчивые к абиотическим стресс-факторам среды. Все учёты и наблюдения проводились согласно общепринятым методикам. **Результаты и обсуждение.** В течение вегетационного периода проводились наблюдения и отбирались пробы для изучения фотосинтетических показателей в фазы: всходы, кущение, выход в трубку, колошение. На основе проведенных исследований по ФП выявлено, что препараты на основе микроэлементов по схеме варианта 4 (Биостим рост, Биостим универсал и Гумат калия) способствуют увеличению продуктивных стеблей сортов ярового ячменя. дополнительное аминокислотное питание по схемам В3 и В4 полностью увеличило прирост показателей фотосинтетического потенциала в межфазный период «выход в трубку-колошение» в среднем по сортам Камышинский 23 и Новониколаевский от В1к с наибольшим процентом увеличения – на 10,5% и – на 9,6%. Также на этих же сортах отмечена наилучшая чистая продуктивность – среднее 305 г/м² и динамика сухого вещества – среднее 80,5 г/м². Структура урожайности данных сортов была получена в пределах 3,82 т/га, что доказывает наличие синергетических взаимосвязей элементов питания при обработке препаратами с аминокислотным составом в сочетании с адаптивностью местных сортов ярового ячменя по показателям фотосинтетического потенциала к данной почвенно-климатической зоне уровне у сортов Камышинский 23 и Новониколаевский.

Ключевые слова: яровой ячмень, фотосинтетический потенциал ячменя, чистая продуктивность фотосинтеза, урожайность ярового ячменя, аминокислотные микроудобрения.

Цитирование. Гузенко А. Ю., Гузенко А. В. Результаты влияния обработок инновационными микроудобрениями на фотосинтетический потенциал и урожайность ярового ячменя в засушливых условиях Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 167-177. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-18.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Продовольственные проблемы занимают особое место среди важнейших глобальных проблем. Спрос на основные продукты питания уже превысил прирост урожайности, который указывает на возможную нехватку еды даже в середине XXI века. Ситуация с обеспечением человечества продовольствием еще больше усугубляется климатическими изменениями. Современный климат характеризуется более частыми случаями неблагоприятных погодных условий, которые снижают продуктивность растений [15].

Урожайность зерновых культур в первую очередь зависит от многих важных факторов: погодные условия, заболевание растения, вредители и многое другое. Очень большое значение в отработке технологии полевой культуры имеет появление первых всходов, которые дают развитие дальнейшим морфологическим образованиям и качественному созреванию зерна в момент уборки [1, 3, 8].

Например, по данным Европейской комиссии, значительная потеря урожайности пшеницы в Европе с начала XXI века была главным образом вызвана засухой и тяжелыми последствиями. Поэтому нынешние усилия многих научных учреждений сосредоточены на поиске новых эффективных способов определения возможностей повышения урожайности сельскохозяйственных растений в современных условиях. Считается, что эффективность фотосинтеза является наиболее перспективным направлением упомянутых исследований. Основная роль процесса фотосинтеза в формировании биомассы и продуктивности растений: около 90% побегов высыхают, масса растений формируется за счет фотосинтеза CO₂ ассимиляции [15, 16, 17].

Множество работ принадлежит изучению влияния различных доз удобрений на формирование фотосинтетической деятельности растений по яровой и озимой пшенице в условиях степных зон Нижнего Поволжья Белякову А. М. и Филину В. И.

Исходя из изученных материалов «Программирование урожаев» и других литературных источников сказано, что применение биологических микроудобрений будет одним из вариантов путей решения экологизации и энергосбережения ресурсов аграриев в сельскохозяйственной деятельности [4, 5].

Как упоминается ранее, одним из основных факторов повышения продуктивности сельскохозяйственных растений является интенсификация деятельности фотосинтетического аппарата, так как продуктивность сельскохозяйственных культур зависит от способности поглощать солнечную радиацию и преобразовывать ее в энергию химических связей для дальнейшего использования в обменных процессах [13,16]. Количество фотосинтетически активного излучения, поглощаемого сельскохозяйственными культурами, в свою очередь, зависит от площади, продолжительности и активности функционирования ассимиляционной поверхности. Использование удобрений, содержащих микроэлементы, позволяет в дальнейшем добиться как повышения урожайности культурных растений, так и защиты окружающей среды [14, 16, 17, 18].

Исходя из актуальности ставилась задача изучить сорта ярового ячменя разных селекционных центров на различных агрофонах с применением микро и макроудобрений с целью подбора наиболее оптимального для каждого из изучаемых сортов, а также выделения наиболее адаптивных и продуктивных сортов [1, 9, 10, 12].

Цель данного исследования заключается в исследовании по увеличению фотосинтетического потенциала сортов ярового ячменя под действием листовых обработок новейшими биологическими препаратами, в основу которых входят аминокислоты и микроэлементы питания, важные для устойчивости растений к стрессу и засухе.

Материалы и методы. Опыты закладывались в Волгоградской области, Камышинском районе, п. Госселекстанция (ФНЦ агроэкологии РАН). Сухостепная зона богата каштановыми почвами, которые относятся к среднесуглинистому гранулометрическому составу. Содержание гумуса – 1,2%; NO_3 – 29 мг/кг почвы; P_2O – 21 мг/кг почвы; K_2O – 240 мг/кг почвы. Фактическая кислотность (рН) почвы составляет 6,8. Предшественник – озимая пшеница в 2022 г и чистый пар в 2023 год [7].

В течение вегетационного периода проводились наблюдения и брались пробы для изучения фотосинтетических показателей в фазы кущения (с 25 по 29 день вегетации), выхода в трубку (с 31 по 35 день вегетации), колошения (с 51 по 59 день вегетации) и молочной спелости (70-75 день вегетации) в зависимости от варианта обработки.

Расчет фотосинтетического потенциала (ФП) и чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) рассчитывали по формулам А. А. Ничипоровича [6].

Весной проводилась предпосевная культивация. Посев в 2022-2023 годах проводился по установленным требованиям данной почвенно-климатической зоны во второй декаде апреля. Перед посевом обработали семена рабочей смесью: Гераклион (д.в. тирам 400 г/л + тебуконазол 25 г/л + азоксистробин 15 г/л), Биостим Старт (д.в. свободные аминокислоты растительного происхождения 71,5 г/л; полисахариды 91,0 г/л; азот (N) общ. 58,5 г/л; фосфор (P_2O_5) 65,0 г/л; калий (K_2O) 32,5; магний (MgO) 13,0 г/л; марганец (Mn) 2,6 г/л; цинк (Zn) 2,6 г/л; медь (Cu) 1,3 г/л; бор (B) 1,3 г/л; молибден (Mo) 0,13 г/л; Имидор Про (д.в. имидаклоприд 200 г/л).

Двухфакторный опыт был заложен на опытном участке, расположенном в зоне каштановых почв в Камышинском районе Волгоградской области, в течение 2022-2023 гг.

Фактор А – сорта ярового ячменя двух селекционных центров – 4 сорта – ФНЦ «агроэкологии РАН» (Медикум 139, Медикум 200, Камышинский 23, Новониколаевский) 1 сорт – АНЦ «Донской» (Ратник).

Фактор В – три основных яруса интенсификации с применением различных форм микроудобрений.

Для данного исследования нами были отобраны микроудобрения, содержащие определенное количество действующего вещества макро и микроэлементов. Выбор был обусловлен ранними исследованиями на других полевых культурах разных климатических условий (таблица 1).

Таблица 1 – Список используемых препаратов по фазам развития ярового ячменя на опытном участке Камышинского района Волгоградской области, ФНЦ агроэкологии РАН, 2022-2023 гг.

Table 1 – List of drugs used by development phases of spring barley in the experimental plot of the Kamyshinsky district of the Volgograd region, Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences 2022-2023 years

№	Название препарата/ Drug name	Норма расхода кг, л/т / Consumption rate kg, l/t	Фаза развития / Development phase
Вариант 1 (В1(к)) Контроль без удобрений / Option 1 (B1(k)) Control without fertilizers			
Вариант 2 (В) / Option 2 (B)			
1	Аммиачная селитра / Ammonium nitrate	100	Весеннее начало вегетации / Spring beginning of the growing season
2	Карбамид / Urea	40	Колошение / Heading
Вариант 3 (В3) – по листу / Option 3 (B3) – according to the sheet			
1	Биостим Универсал / Biostim Universal	0,5	Выход в трубку / Output into the handset
	Гумат Калия / Potassium humate	0,5	
2	Ультрамэг Бор / Ultramagician Bor	0,5	Флаг лист / Flag sheet
3	Карбамид / Urea	40	Колошение / Heading
Вариант 4 (В4) – по листу / Option 4 (B4) – according to the sheet			
1	Гумат Калия / Potassium humate	0,5	Весеннее начало вегетации / Spring beginning of the growing season
	Биостим Рост / Biostim Growth	1	
2	Биостим Универсал / Biostim Universal	0,5	Выход в трубку / Output into the handset
	Ультрамэг Бор / Ultramagician Bor	0,5	
3	Карбамид / Urea	40	Флаг лист / Flag sheet
4			Колошение / Flag sheet

Начало исследований по фотосинтетическому потенциалу на опытном участке Камышинского района проводилось по сортам ярового ячменя с 2022 года. Было выявлено, что уже на ранних этапах онтогенеза у разных сортов ярового ячменя наблюдались различия по размерам листового аппарата в зависимости от характеристики и обработки каждого сорта.

На данном этапе исследования анализ ФП в 2022-2023 гг. показал, что максимальную величину достигала обработка на В4 в межфазный период «выход в трубку-колошение» в среднем по сортам от В1к с наибольшим процентом увеличения ФП от контроля: Камышинский 23 (755,4 тыс. м² сут./га) – на 10,5% и Новониколаевский (701,1 тыс. м² сут./га) – на 9,6%. Также на этих же сортах выявлена незначительная разница между обработками В2, В3 и В4 в пределах 1 – 3,4% (таблица 2).

Наименьшие средние показатели по обработкам показали сорта ярового ячменя на В3 и В4: Медикум 139 и Медикум 200 – в пределах 564...585 тыс. м² сут./га, а наименьший результат принадлежит сорту Ратник – 540 тыс. м² сут./га (таблица 2).

Таблица 2 – Фотосинтетический потенциал (ФП) сортов ярового ячменя в Волгоградской области, межфазный период, тыс. м² сутки/га, среднее за 2022-2023 гг.
Table 2 – Photosynthetic potential (PP) of spring barley varieties in the Volgograd region, interphase period, thousand m² day/ha, average for 2022-2023 years

Наименование сорта / Variety name	Вариант обработки / Processing option	Кущение – выход в трубку / Tillering – exit into the tube	Выход в трубку – колошение / Exit into the tube – heading	Колошение – молочная спелость / Heading – milky ripeness	Среднее / Average
Медикум 139 / Medicum 139	B1к	410,45	598,05	496,05	501,51
	B2	457,85	631,10	547,85	545,60
	B3	475,95	652,75	565,95	564,88
	B4	481,70	672,65	577,75	577,36
Медикум 200 / Medicum 200	B1к	417,40	607,00	510,4	511,60
	B2	460,50	631,55	547,105	546,40
	B3	493,50	658,20	586,10	579,26
	B4	497,30	664,95	593,00	585,08
Новониколаевский / Novonikolaevsky	B1к	541,00	647,20	599,90	596,03
	B2	563,55	677,60	613,95	618,36
	B3	579,95	695,30	631,10	635,45
	B4	587,95	701,40	640,10	643,15
Камышинский 23 / Kamyshinsky 23	B1к	589,85	702,70	643,15	645,23
	B2	616,20	733,30	663,90	671,13
	B3	652,65	744,80	668,80	688,75
	B4	657,20	755,40	682,20	698,26
Ратник / Ratnik	B1к	406,45	507,85	471,25	461,85
	B2	448,80	543,35	511,90	501,35
	B3	478,70	578,05	536,35	531,03
	B4	490,25	588,25	543,60	540,7
HCP ₀₅ / NSR ₀₅		1,288	1,624	1,454	29,11

В дальнейшем исследовании наиболее чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) отмечена на всех вариантах обработки. На B3 отсутствует обработка препаратами на всеннее начало вегетации, в отличие от B4, в котором произведена обработка Гуматом Калия и Биостим Ростом. Данные препараты по содержанию действующего вещества содержат аминокислоты растительного происхождения – 4,0; N – 4,0; P₂O₅ – 1,0; MgO – 2,0; SO₃ – 1,0; Fe – 0,4; Zn – 0,2; B – 0,1%. Данное процентное содержание позволило перенести заморозки во конце апреля – начале мая, а также синтезировать содержание аминокислот и белков, процесс трансформации азота в растении, окислительно-восстановительные процессы и синтез витаминов и хлорофилла (таблица 3). Исследование связи увеличения ЧПФ в 2023 году по влиянию обработок микроудобрениями новых препаратов по листу аналогично подтверждало исследования 2022 года на сортах Камышинский 23 в среднем за два года – 0,295...0,305 г/м² и сорт Новониколаевский – в пределах 0,320...0,325 г/м². В среднем процент разницы между вариантами обработок B2, B3 и B4 от контроля по каждому сорту составил в среднем 9,3...15,7% (таблица 3).

Наши исследования подтвердили, что влияние микроудобрений в фазу «кущение – выход в трубку» и «выход в трубку» – молочная спелость положительно повлияла на увеличение и сохранение водного баланса, а также на элементы питания растений сортов ярового ячменя с периодическими жаркими температурами и малым запасом влаги.

Таблица 3 – Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) сортов ярового ячменя в Волгоградской области, межфазный период, г/м², среднее за 2022-2023 гг.
Table 3 – Net photosynthetic productivity (NPP) of spring barley varieties in the Volgograd region, interphase period, g/m², average for 2022-2023 years

Наименование сорта / Variety name	Вариант обработки / Processing option	Кущение – выход в трубку / Tillering – exit into the tube	Выход в трубку – колошение / Exit into the tube – heading	Колошение – молочная спелость / Heading – milky ripeness	Среднее / Average
Медикум 139 / Medicum 139	B1к	0,055	0,165	0,075	0,098
	B2	0,070	0,185	0,105	0,120
	B3	0,095	0,215	0,130	0,146
	B4	0,105	0,220	0,145	0,156
Медикум 200 / Medicum 200	B1к	0,060	0,190	0,130	0,126
	B2	0,085	0,205	0,14	0,143
	B3	0,100	0,235	0,145	0,160
	B4	0,120	0,245	0,160	0,175
Новониколаевский / Novonikolaevsky	B1к	0,100	0,220	0,135	0,151
	B2	0,120	0,255	0,16	0,178
	B3	0,135	0,295	0,195	0,208
	B4	0,155	0,305	0,20	0,220
Камышинский 23 / Kamyshinsky 23	B1к	0,110	0,275	0,165	0,183
	B2	0,130	0,295	0,195	0,206
	B3	0,170	0,320	0,20	0,230
	B4	0,175	0,325	0,215	0,238
Ратник / Ratnik	B1к	0,055	0,160	0,085	0,100
	B2	0,065	0,190	0,105	0,120
	B3	0,095	0,215	0,120	0,143
	B4	0,120	0,220	0,120	0,153
НСП ₀₅ / NSR ₀₅		0,0003	0,006	0,0003	0,008

Следующим фактором ФП является динамика накопления массы сухого вещества растениями ярового ячменя. Вариант 4 по микроудобрениям (Биостим рост, Биостим универсал и Гумат калия) имела состав: аминокислоты растительного происхождения – 7,0; N – 5,5; P₂O₅ – 4,0; MgO – 2,0; SO₃ – 2,5; Fe – 0,3 Mg – 0,7; Zn – 0,6; Cu – 0,4; B – 0,2; Mo – 0,002; Co – 0,01 %.

Исследования показали, что активное накопление абсолютного сухого вещества к конечной фазе «колошение-молочная спелость» составляет максимальное количество на вариантах обработки B3 и B4 на сортах Камышинский 23 и Новониколаевский – в пределах 73...89 г/м². Другие сорта дали положительный вес сухого вещества в растениях ярового ячменя по данным вариантам обработок менее 60 г/м² (таблица 4).

Таблица 4 – Динамика накопления сухого вещества сортов ярового ячменя в Волгоградской области, межфазный период, среднее 2022-2023 гг., г/м²Table 4 – Dynamics of dry matter accumulation of spring barley varieties in the Volgograd region, interphase period, average 2022-2023, g/m²

Наименование сорта / Variety name	Вариант обработки / Processing option	Кущение – выход в трубку / Tillering – exit into the tube	Выход в трубку – колошение / Exit into the tube – heading	Колошение – молочная спелость / Heading – milky ripeness
Медикум 139 / Medicum 139	B1к	15,80	46,35	56,95
	B2	16,20	47,65	57,80
	B3	17,90	49,75	58,15
	B4	18,50	50,65	60,70
Медикум 200 / Medicum 200	B1к	16,15	46,70	57,80
	B2	17,25	48,40	58,60
	B3	18,60	50,25	60,10
	B4	19,10	51,00	61,10
Новониколаевский / Novonikolaevsky	B1к	16,85	48,45	58,50
	B2	18,10	50,65	59,95
	B3	19,90	53,50	73,50
	B4	20,70	54,85	82,60
Камышинский 23 / Kamyshinsky 23	B1к	19,55	58,40	62,85
	B2	21,15	60,15	69,60
	B3	23,00	62,95	86,65
	B4	23,80	64,20	89,60
Ратник / Ratnik	B1к	15,40	43,85	53,75
	B2	16,05	45,65	54,05
	B3	17,50	49,05	59,00
	B4	18,65	50,50	60,50
HCP ₀₅ / NSR ₀₅		0,463	1,291	0,491

Оценка влияния препаратов показала, что прирост воздушно-сухой массы был существенный, это связано с тем, что при обработке препаратами водоудерживающая способность сортов Камышинский 23 и Новониколаевский была выше, чем у контроля (таблица 4).

В период развития культуры на 2022-2023 гг. прохождение фенологических фаз для всех вариантов опыта было примерно одинаковым. Но можно заметить, что динамика накопления сухого вещества в растениях сортов ярового ячменя по фазам роста и развития в «выход в трубку – колошение» по B4 показала результат лучше, чем по контрольному варианту.

Также в ходе данных исследований по ФП выявлено, что препараты на основе микроэлементов по схеме варианта 4 (Биостим рост, Биостим универсал и Гумат калия) способствуют увеличению продуктивных стеблей сортов ярового ячменя.

При дальнейшем изучении продуктивный стеблестой, в зависимости от варианта обработки, имел существенное варьирование. Значительное превышение на фоне обработок от контроля показал сорт Камышинский 23: B2 – на 5,0%; B3 – на 3,25%; B4 – на 6,85%. По остальным сортам различий по количеству стеблей на разных фонах не наблюдалось, несмотря на внесенные биопрепараты по листу: например: Медикум 139 – 273...498 шт./м² и Ратник – 362...496 шт./м² (рисунок 1).

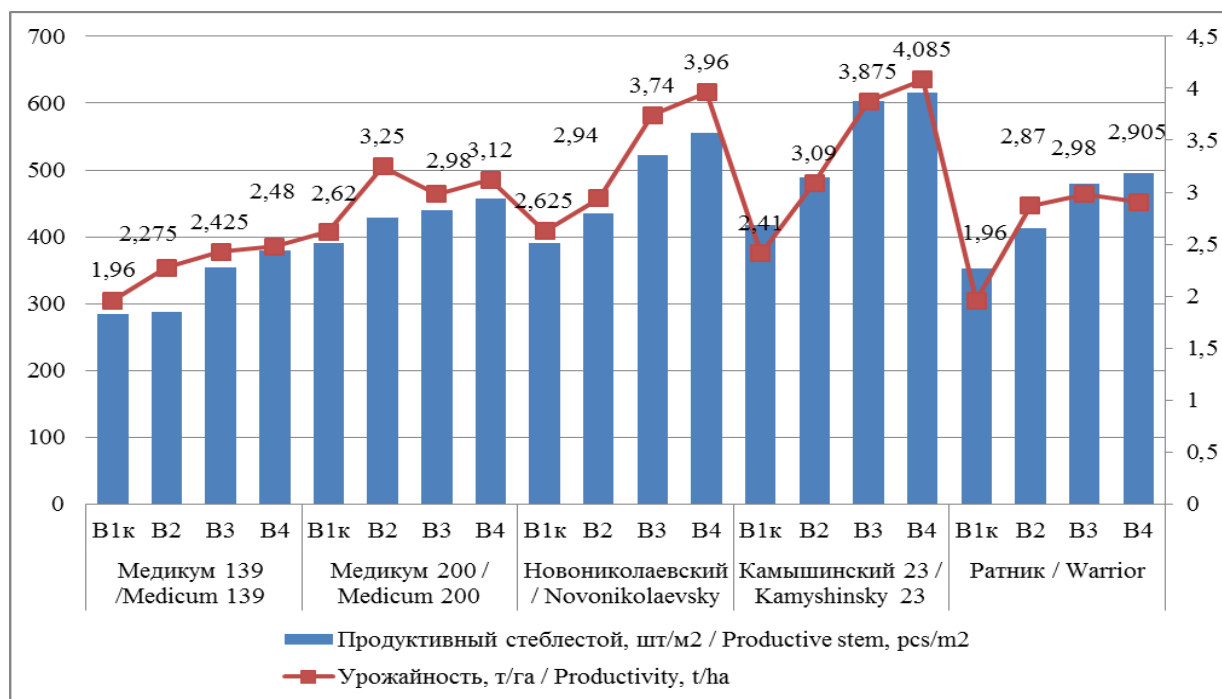


Рисунок 1 – Продуктивный стеблестой шт./м² и фактическая урожайность сортов ярового ячменя в Камышинском районе Волгоградской области, среднее за 2022-2023 гг.
Figure 1 – Productive stem pieces/m² and actual yield of spring barley varieties in the Kamyshinsky district of the Volgograd region, average for 2022-2023 years

Итоговой оценкой структуры урожая сортов ярового ячменя в 2022-2023 гг. является фактическая урожайность. На данном участке, в зоне каштановых почв, на варианте с обработкой В4 можно выделить наиболее урожайные сорта с урожайностью более 3,9 т/га, как Камышинский 23 (4,085 т/га) и Новониколаевский (3,96 т/га). Данные сорта показали также В4 отличную прибавку по урожайности от контроля В1 (к) в среднем на 21,5...25% (рисунок 1).

В результате полученных данных по полной структуре урожайности установили что, наиболее эффективно отзывались на различные варианты обработок сорта ярового ячменя местной селекции ФНЦ агроэкологии РАН, обладающие высоким генетическим потенциалом и восприятием микроудобрений нового поколения, содержащих растительные остатки, такие как Биостим Универсал, Биостим Рост и Гумат Калия.

Заключение. Исследования, проводимые с применением микроудобрений в условиях Камышинского района Волгоградской области, показали что дополнительное аминокислотное питание по схемам В3 и В4 полностью увеличило прирост показателей фотосинтетического потенциала в межфазный период «выход в трубку-колошение» в среднем по сортам Камышинский 23 и Новониколаевский от В1к с наибольшим процентом увеличения – на 10,5% и – на 9,6%. Также на этих же сортах отмечена наилучшая чистая продуктивность – в среднем 305 г/м² и динамика сухого вещества – в среднем 80,08 г/м². Урожайность данных сортов была получена в пределах 3,82 т/га, что доказывает наличие синергетических взаимосвязей элементов питания при обработке препаратами с аминокислотным составом в сочетании с адаптивностью местных сортов ярового ячменя по показателям фотосинтетического потенциала к данной почвенно-климатической зоне уровне у сортов Камышинский 23 и Новониколаевский.

Conclusions. Research conducted with the use of microfertilizers in the conditions of the Kamyshinsky district of the Volgograd region showed that additional amino acid nutrition according to schemes B3 and B4 completely increased the increase in photosynthetic potential indicators in the interphase period “heading” on average for the varieties Kamyshinsky 23 and Novonikolaevsky from B1k with the largest percentage increase was 10.5% and 9.6%. Also, these same varieties showed the best net productivity – an average of 305 g/m² and dry matter dynamics – an average of 59.5 g/m². The yield structure of these varieties was obtained within 3.82 t/ha, which proves the pres-

ence of synergistic relationships between nutrients when treated with preparations with amino acid composition in combination with the adaptability of local varieties of spring barley in terms of photosynthetic potential to a given soil-climatic zone level in the Kamyshinsky varieties 23 and Novonikolaevsky.

Библиографический список

1. Гузенко А. В. Влияние макро- и микроудобрений на урожайность и качество сортов озимой пшеницы. *Агрохимический вестник*. 2021. No 3. С. 78-84.
2. Бурунов А. Н., Васин В. Г., Стрижаков А. О., Васин А. В. Влияние системы применения стимулирующих препаратов Мегамикс на продуктивность посевов ярового ячменя. *Самара АгроВектор*. 2021. Т. 1. № 1. С. 10-22.
3. Евдокимова В. А., Чермных О. Г. Влияние регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность посевов ярового ячменя. *Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии*. 2018. № 4. С. 91-96.
4. Ленточкин А. М. и др. Методики агрономических исследований: учебно-методическое пособие. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. 172 с.
5. Сапунков В. Л., Солонкин А. В., Гузенко А. В. Экологическое испытание сортов озимой пшеницы «АНЦ «Донской» в зоне темно-каштановых почв Волгоградской области. *Зерновое хозяйство России*. 2021. No 6 (78). С. 88-94.
6. Сапунков В. Л., Солонкин А. В., Беляев А. И. и др. Рекомендации по организации опытных участков сельскохозяйственных культур. Волгоград, 2022. 44 с.
7. Семинченко Е. В. Фотосинтетический потенциал ярового ячменя в условиях Нижнего Поволжья. *Аграрная наука*. 2020. № 336 (3). С. 63-66.
8. Сухарева Е. П., Беликина А. В., Гузенко А. Ю. Экологическое испытание сортов ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в сухой степи Нижневолжского региона. Генофонд растений как стратегический фактор стабильности развития Российской Федерации: тезисы докладов Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2023. С. 140-141.
9. Al-Ghazawi A. L. A., Al-Ajlouni Z. I., Al Sane K. O., Bsoul E. Y., Musallam I., Khalaf Y. B., Al-Hajaj N., Al-Tawaha A. R., Aldwairi Y., Al-Saqqar H. Yield stability and adaptation of four spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under rainfed. *Conditions Research on Crops*. 2019. V. 20 (1). Pp. 10-18.
10. Aubry S. The future of digital sequence information for plant genetic resources for food and agriculture. *Front. Plant Sci*. 2019. 10 p.
11. Cammarano D., Hawes C., Squire G., Holland J., Rivington M., Murgia T., Roggero P. P., Fontana F., Casa R., Ronga D. Rainfall and temperature impacts on barley (*Hordeum vulgare* L.) yield and malting quality in Scotland. *Field Crops Research*. 2019. V. 241 (1). 107559.
12. Guzenko A. Yu., Seminchenko E. V. The study of the dependence of biological products and the yield of spring barley (*Hordeum vulgare*) variety 'Ratnik' in arid conditions of the Volgograd region, Russia. *Research on Crops*. 2023. Vol. 24. No. 2. Pp. 270-275.
13. Klem K, Gargallo-Garriga A., Rattanapichai W., Oravec M., Holub P, Veselá B, Sardans J., Peñuelas J., Urban O. Distinct Morphological, Physiological, and Biochemical Responses to Light Quality in Barley Leaves and Roots. *Frontiers in Plant Science*. 2019. V. 10.
14. Labidi S., Laruelle F., Tisserant B., Ben F., Lounès-Had A. Mycorrhizal biofertilization improves grain yield and quality of hulless Barley (*Hordeum vulgare* ssp. *nudum* L.) under water stress conditions. *Journal of Cereal Science*. 2022. V. 104. 103436.
15. Moreno J. C., Jianing M., Agrawal S., et al. Expression of a carotenogenic gene allows faster biomass production by redesigning plant architecture and improving photosynthetic efficiency in tobacco. *Plant J*. 2020.
16. Hasanuzzaman M., Nahar K., Rahman A., Mahmud J., Hossain Sh., Alam K., Oku H., Fujita M. Actions of Biological Trace Elements in Plant Abiotic Stress Tolerance. *Essential Plant Nutrients*. Springer, Cham. 2017. Pp. 213-274.
17. Priadkina G. O. Influence of trace elements, applied in classical and nano forms, on photosynthesis of higher plants in relation to enhancement of crop productivity. *Agricultural Science and Practice*. 2020. Vol. 7. No. 3.
18. Seminchenko E., Solonkin, A. Influence of predecessor crops on the yield of spring barley under the protection of forest belt. *Research on Crops*. 2022. V. 1 (23). Pp. 40-45.

References

1. Guzenko A. V. The influence of macro- and microfertilizers on the yield and quality of winter wheat varieties. *Agrochemical Bulletin*. 2021. No. 3. Pp. 78-84.
2. Burunov A. N., Vasin V. G., Strizhakov A. O., Vasin A. V. The influence of the Megamix system of application of stimulating drugs on the productivity of spring barley crops. *Samara AgroVector*. 2021. V. 1. No. 1. Pp. 10-22.
3. Evdokimova V. A., Chermnykh O. G. The influence of growth regulators on the photosynthetic activity of spring barley crops. *Bulletin of the Ulyanovsk Agricultural Academy*. 2018. V. 4. Pp. 91-96.
4. Lentochkin A. M., et al. Methods of agronomic research: educational and methodological manual. Izhevsk, 2018. 172 p.
5. Sapunkov V. L., Solonkin A. V., Guzenko A. V. Ecological testing of winter wheat varieties "ANC "Donskoy" in the zone of dark chestnut soils of the Volgograd region. *Grain Economy of Russia*. 2021. No 6 (78). Pp. 88-94.
6. Sapunkov V. L., Solonkin A. V., Belyaev A. I., et al. Recommendations for organizing experimental plots of agricultural crops. Volgograd, 2022. 44 p.
7. Seminchenko E. V. Photosynthetic potential of spring barley in the conditions of the Lower Volga region. *Agricultural Science*. 2020. V. 336 (3). Pp. 63-66.

8. Sukhareva E. P., Belikina A. V., Guzenko A. Yu. Ecological testing of varieties of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) in the dry steppe of the Lower Volga region. Plant gene pool as a strategic factor of stability Development of the Russian Federation: Abstracts of reports of the International Scientific and Practical Conference. St. Petersburg, 2023. Pp. 140-141.
9. Al-Ghzawi A. L. A., Al-Ajlouni Z. I., Al Sane K. O., Bsoul E. Y., Musallam I., Khalaf Y. B., Al-Hajaj N., Al-Tawaha A. R., Aldwairi Y., Al-Saqqa H. Yield stability and adaptation of four spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under rainfed. Conditions Research on Crops. 2019. V. 20 (1). Pp. 10-18.
10. Aubry S. The future of digital sequence information for plant genetic resources for food and agriculture. Front. Plant Sci. 2019. 10 p.
11. Cammarano D., Hawes C., Squire G., Holland J., Rivington M., Murgia T., Roggero P. P., Fontana F., Casa R., Ronga D. Rainfall and temperature impacts on barley (*Hordeum vulgare* L.) yield and malting quality in Scotland. Field Crops Research. 2019. V. 241 (1). 107559.
12. Guzenko A. Yu., Semichenko E. V. The study of the dependence of biological products and the yield of spring barley (*Hordeum vulgare*) variety 'Ratnik' in arid conditions of the Volgograd region, Russia. Research on Crops. 2023. Vol. 24. No. 2. Pp. 270-275.
13. Klem K, Gargallo-Garriga A., Rattanapichai W., Oravec M., Holub P, Veselá B, Sardans J., Peñuelas J., Urban O. Distinct Morphological, Physiological, and Biochemical Responses to Light Quality in Barley Leaves and Roots. Frontiers in Plant Science. 2019. V. 10.
14. Labidi S., Laruelle F., Tisserant B., Ben F., Lounès-Had A. Mycorrhizal biofertilization improves grain yield and quality of hulless Barley (*Hordeum vulgare* ssp. nudum L.) under water stress conditions. Journal of Cereal Science. 2022. V. 104. 103436.
15. Moreno J. C., Jianing M., Agrawal S., et al. Expression of a carotenogenic gene allows faster biomass production by redesigning plant architecture and improving photosynthetic efficiency in tobacco. Plant J. 2020.
16. Hasanuzzaman M., Nahar K., Rahman A., Mahmud J., Hossain Sh., Alam K., Oku H., Fujita M. Actions of Biological Trace Elements in Plant Abiotic Stress Tolerance. Essential Plant Nutrients. Springer, Cham. 2017. Pp. 213-274.
17. Priadkina G. O. Influence of trace elements, applied in classical and nano forms, on photosynthesis of higher plants in relation to enhancement of crop productivity. Agricultural Science and Practice. 2020. Vol. 7. No. 3.
18. Semichenko E., Solonkin, A. Influence of predecessor crops on the yield of spring barley under the protection of forest belt. Research on Crops. 2022. V. 1 (23). Pp. 40-45.

Информация об авторах

Гузенко Алексей Юрьевич, младший научный сотрудник ФНЦ агроэкологии РАН (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, д. 97), e-mail: guzenko-ay@vfanc.ru

Гузенко Андрей Викторович, младший научный сотрудник ФНЦ агроэкологии РАН (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, д. 97), e-mail: guzenko-av@vfanc.ru

Author's Information

Guzenko Aleksey Yurievich, Junior Researcher, Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Avenue, 97), e-mail: guzenko-ay@vfanc.ru

Guzenko Andrey Viktorovich, Junior Researcher, Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Avenue, 97), e-mail: guzenko-av@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-19

CREATION OF A DONOR BANK OF GENETIC SOURCES OF VALUABLE TRAITS OF SWEET PEPPER

Karakadzhiev A. S., Kigashpayeva O. P., Gulin A. V.

*All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing –
Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution
«Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»
Kamyzyak, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vniioab@mail.ru

Received 00.00.2024

Submitted 00.00.2024

The research was carried out within the framework of the state task on the topic №. FNMW-2022-0013 "To create lines, varieties, hybrids of vegetable, melon and industrial crops with a given set of economically valuable features and to improve the elements of zonal agrotechnologies of their cultivation in irrigated conditions of the Lower Volga region" (Reg. no. 1021060307591-3-4.1.1) budget financing programs for 2022-2024 Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Abstract

Introduction. Sweet pepper is one of the most popular types of vegetable crops. The interest of producers in greater diversity and an increase in the area of its cultivation requires the creation of new varieties and hybrids, and the main source for their creation are genetic resources of various directions. Researchers from the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing continue breeding work to select donors of genetic sources of valuable economic traits. **The goal** of the work is to create a bank of donors of valuable characteristics of sweet pepper for further use in the creation of new varieties and hy-

brids characterized by a variety of morphological characteristics, high yield, and high content of vitamins. **Relevance** - the use of genetic sources will allow the creation of new models of varieties and hybrids of sweet pepper, will ensure the implementation of the Import Substitution Program to avoid the influence of political and economic sanctions of foreign states against Russia. **Materials and methods.** The study was carried out in the period from 2020 to 2023 at VNIIOOB, a branch of the Federal State Budgetary Institution "PAFNTs RAS", in accordance with methods and technologies accepted in the region. The objects of study were varieties of sweet pepper selected by VNIIOOB, differing in shape, size, color of plants and fruits, ripening periods and areas of use. **Results and conclusions.** A database of genetic resources of sweet pepper has been created and is used in breeding work, including the following genetic sources of economically valuable traits: bush type, shape, size, fruit color at technical and biological maturity, fruit wall thickness, which are of interest for further selection when creating new ones varieties and hybrids. Involving the existing collection of genetic resources of VNIIOOB in the breeding process will make it possible to create new varieties and hybrids of sweet pepper of domestic selection that can provide Russian producers and consumers with a quality product.

Keywords: sweet pepper, economically valuable characteristics of pepper, genetic sources, selection of sweet pepper.

Citation. Karakadzhiev A. S., Kigashpaeva O. P., Gulin A. V. Creation of a donor bank of genetic sources of valuable traits of sweet pepper. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 177-185 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-19.

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

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

УДК 631.52:635.649

СОЗДАНИЕ БАНКА ДОНОРОВ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ПЕРЦА СЛАДКОГО

Каракаджиев А. С., младший научный сотрудник
Кигашпаева О. П., кандидат сельскохозяйственных наук
Гулин А. В., кандидат сельскохозяйственных наук

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» г. Камызяк, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках выполнения госзадания по теме № FNMW-2022-0013 «Создать линии, сорта, гибриды овощных, бахчевых и технических культур с заданным набором хозяйственно ценных признаков и усовершенствовать элементы зональных агротехнологий их возделывания в орошаемых условиях Нижнего Поволжья» (Рег. № 1021060307591-3-4.1.1) программы бюджетного финансирования на 2022-2024 гг. Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Аннотация. Перец сладкий является одним из самых востребованных видов овощных культур. Заинтересованность производителей в большем разнообразии и увеличении площадей его возделывания требует создания новых сортов и гибридов, а основным источником для их создания являются генетические ресурсы различного направления. Исследователи из Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства продолжают селекционную работу по отбору доноров генетических источников ценных хозяйственных признаков. **Целью работы является** создание банка доноров ценных признаков перца сладкого для дальнейшего использования при создании новых сортов и гибридов, характеризующихся разнообразием морфологических признаков, высокой урожайностью, большим содержанием витаминов. **Актуальность** – использование генетических источников позволит создать новые модели сортов и гибридов перца сладкого, обеспечит выполнение Программы импортозамещения для избежания влияния политических и экономических санкций иностранных государств против России. **Материалы и методы.** Изучение проводили в период с 2020 по 2023 год в ВНИИООБ – филиале ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в соответствии с принятыми в регионе методиками и технологиями. Объектами изучения были сорта перца сладкого селекции ВНИИООБ, различающиеся формой, размером, окраской растений и плодов, сроками созревания и направлениями использования. **Результаты и выводы.** Создана и используется в селекционной работе база генетических ресурсов перца сладкого, включающая в себя следующие генетические источники хозяйственно ценных признаков: тип куста, форма, размер, окраска плода в технической и биологической степени зрелости, толщина стенки плода, представляющие интерес для дальнейшей селекции при создании новых сортов и гибридов. Вовлечение имеющейся коллекции генетических ресурсов

ВНИИООБ в селекционный процесс позволит создавать новые сорта и гибриды перца сладкого отечественной селекции, способных обеспечить российских производителей и потребителей качественным продуктом.

Ключевые слова: перец сладкий, хозяйственно ценные признаки перца, генетические источники, селекция перца сладкого.

Цитирование. Каракаджиев А. С., Кигашпаева О. П., Гулин А. В. Создание банка доноров генетических источников ценных признаков перца сладкого. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 177-185. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-19.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Плоды перца сладкого являются одной из востребованных овощных культур, они признаются ценным источником витаминов, обладающим высокой антиоксидантной активностью. Они идеально подходят для использования в функциональном питании, поскольку способны повысить питательную ценность различных блюд и консервов. Увеличение посевных площадей перца сладкого способствует расширению ассортимента возделываемых сортов, что требует создания новых сортов и гибридов. Основным селекционным материалом для их создания являются генетические ресурсы различного направления [1-3]. Необходимо анализировать исходный материал и привлекать в качестве доноров ценных признаков лучшие сорта и гибриды из мировой коллекции ВИР, а также сортообразцы от различных селекционно-семеноводческих компаний. Для успешного создания новых сортов и гибридов ключевым фактором является разнообразие генетического материала, включающего как уже существующие традиционные сорта, так и новые, несущие ценные оригинальные признаки и обладающие достаточно высокой урожайностью и устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессовым факторам. Расширение ассортимента овощных культур посредством интродукции и натурализации связано с генетической коллекцией, использование которой позволяет решать множество значимых задач и расширять области селекции овощей, включая увеличение генетического разнообразия культур, нахождение новых источников с повышенным содержанием полезных веществ, которые благоприятно влияют на здоровье человека [4-6].

Каждый вид и сорт перца имеет свой потенциал, обладает уникальным набором характеристик, что дает возможность при создании нового сорта или гибрида подбирать родительские формы согласно заданным предполагаемым признакам конечного результата [7-9].

Селекционерами Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиала ФГБНУ «ПАНЦ РАН» в результате работы по оценке и изучению коллекционных и селекционных образцов перца сладкого отобраны генетические источники ценных признаков [10-12]. **Цель** работы – создание банка доноров, включающего большое разнообразие по форме, размеру, окраске, толщине стенки, биохимическим и технологическим свойствам, использование которых позволит создавать более качественные сорта и гибриды, которые будут вносить новизну в селекцию перца сладкого. **Новизна** заключается в создании банка доноров качественно новых генетических источников ценных признаков перца сладкого. **Актуальность** – возможность создания новой модели сорта перца сладкого, что позволит избежать влияния политических и экономических санкций иностранных государств против России и обеспечить Программу импортозамещения.

Материалы и методы. Работы проводились на опытном поле Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиала ФГБНУ «ПАНЦ РАН», расположенного в г. Камызяк Астраханской области в 2020-2023 годах согласно методикам и технологиям, принятым в регионе [9-11]. Объектами изучения были сорта перца сладкого селекции ВНИИООБ, различающиеся формой, размером, окраской растений и плодов, сроками созревания и направлениями использования [9-11].

Почвенно-климатические условия Астраханской области способствуют получению высококачественной товарной продукции и семенного материала.

Технология выращивания рассады и агротехника открытого грунта общепринятые для условий Астраханской области при искусственном орошении [17-20]. Рассаду перца сладкого выращивали в теплицах с пленочным укрытием на солнечном обогреве. Посев проводили сухими семенами по схеме 0,05x0,03 м без пикировки в первой декаде апреля. Почвосмесь состояла из 3 частей грунтовой земли, 1 части песка и 1 части перегноя; уход – своевременные поливы, рыхления, прополки сорняков, подкормки минеральными удобрениями из расчета $N_{10}P_{15}K_{20}$ г на 10 литров воды.

Высадка рассады в открытый грунт – во II декаде мая, схема посадки 1.4x0.2 м. Почвы участка – аллювиально-луговые, среднесуглинистые, средnezасолённые. Механический состав сравнительно однороден: в слое 0-0,20 м содержалось: гумуса от 1,7 до 4,0%, гидролизующего азота от 80 до 140 мг/кг, подвижного фосфора от 28 до 45 мг/кг и обменного калия от 250 до 400 мг/кг. Количество осадков за изучаемый период варьировало от 128 до 196 мм. Астраханская область – зона сильных ветров, достигающих 20 м/сек. и более. Без орошения возделывание перца сладкого невозможно.

Применяли капельное орошение. Сроки и нормы орошения в течение вегетации устанавливались с учетом состояния растений, влажности почвы и метеоусловий. Предпосадочный полив проводили с нормой 350 м³/га, послепосадочный – 70 м³/га, вегетационные поливы – от 70 до 250 м³/га. За период вегетации проводили 28-32 полива, 2-3 культивации междурядий, 2-3 ручные прополки, 1-2 обработки препаратом Кораген от хлопковой совки, подкормки минеральными удобрениями.

Результаты и обсуждения. В результате длительной оценки коллекционных и селекционных образцов перца сладкого и отбора сформирована генетическая коллекция с признаками, отвечающими различным параметрам модели сорта различного направления использования. На ее основе создан банк доноров генетических источников ценных хозяйственных признаков, несущий в себе большое разнообразие по срокам созревания, типу и облиственности куста, размеру, форме, массе, окраске в технической и биологической степени зрелости плодов, толщине стенки, содержанию биохимических веществ. Отобранные линии и сорта имеют высокий биологический потенциал по адаптивности, продуктивности, биохимическим показателям и представляют интерес для расширения сортового разнообразия. Использование их в качестве доноров в селекционном процессе будет способствовать созданию сортов перца сладкого различных сортотипов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Разнообразие генетических источников формы, размера, окраски плодов перца сладкого
Figure 1 – A variety of genetic sources of the shape, size, and color of sweet pepper fruits

Так, образцы, несущие в себе генетические источники конусовидной формы плодов, но при этом разной интенсивности зеленой окраски в технической спелости и ярко-красной в биологической, относящиеся к раннеспелой группе созревания, это сорта Мраморный, Зарница (рисунки 2, 3).



Рисунок 2 – Сорт перца сладкого Зарница
Figure 2 – Zarnitsa sweet pepper variety



Рисунок 3 – Сорт перца сладкого Мраморный
Figure 3 – Mramornii sweet pepper variety

Сорта селекции ВНИИОБ, характеризующиеся кубовидно-призмовидной формой плодов, являются Дар Каспия – темно-зеленой окраски в технической и темно-красной, матовой в биологической спелости; Новичок ВНИИОБ – светло-желтой в технической и ало-красной, глянцевой в биологической спелости; Профессор Авдеев – темно-зеленой в технической и ярко-желтой, глянцевой в биологической степени спелости; Принц Каспия – светло-зеленой в технической и ярко-красной в биологической фазе созревания (рисунки 4).



Рисунок 4 – Плоды сортов Профессор Авдеев, Принц Каспия и Новичок ВНИИОБ
Figure 4 – Fruits of Professor Avdeev, Prince of the Caspian and Novichok varieties of VNIIOB

Сорта, сочетающие генетические источники одинаковой конической формы, ровной, гладкой поверхности плода с разной его окраской в технической и биологической степени зрелости. Так, у сортов Классика и Оранж Классик плоды технического созревания темно-зеленой окраски, а биологического – Классика – ярко-красной, Оранж Классик – ярко-желтой. Сорт Цыганский барон имеет плоды выровненной конической формы и фиолетовой в технической и бордово-красной в биологической фазе спелости. Особенность этих сортов – плоды у них растут вверх (рисунок 5).



Рисунок 5 – Сорта перца сладкого Цыганский барон, Классика и Оранж классик
Figure 5 – Sweet pepper varieties Gypsy Baron, Classic and Orange Classic

Оригинальные генетические источники томатовидной формы имеют плоды сортов Спринтер – зеленой в технической и красной в биологической и сорта Людмила и Атомор – зеленой в технической и желтой в биологической степени спелости. Эти признаки в них сочетаются с очень ценными качествами: толщиной стенки от 0,8 до 1,2 см и отсутствием или небольшими воздушными полостями в плодах и за счет этого – большим удельным весом плодов, что позволяет экономить тару при сборе и транспортировке. Кроме того, растения этих сортов хорошо облиственны, прикрывают плоды, что позволяет сохранить их от солнечных ожогов (рисунки 6-8).



Рисунок 6 – Сорт перца сладкого Спринтер
Figure 6 – Sprinter sweet pepper variety



Рисунок 7 – Сорт перца сладкого Атомор
Figure 7 – Atomor sweet pepper variety



Рисунок 8 – Сорт перца сладкого Людмила
Figure 8 – Ludmila sweet pepper variety

Генетические источники мини плодов массой 25-30 г несут сорта: Малютка – конусовидной формы красной окраски и Золотистая малютка – округлой формы оранжевой окраски, также селекционная линия ЛС – 47/21 с округлыми плодами красной окраски, полученная в результате мутации, при которой сохранились признаки размера и типа растения, размера и формы плода, характеристика роста плодов (вверх), но изменилась окраска плода с желтой на красную (рисунок 9).



Рисунок 9 – Генетические источники мини плодов с разной формой и окраской:
слева – Малютка, справа – Золотистая малютка, посередине Линия Д – 47/21

Figure 9 – Genetic sources of mini fruits with different shape and coloration:
on the left – Malyutka, on the right – Zolotistaya Malyutka, in the middle Liniya D – 47/21

Представленные выше данные показывают, что селекционеры Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства разработали и применяют новые сорта перца сладкого, которые конкурентоспособны и имеют несколько источников, несущих разнообразные новые качественные и количественные признаки плодов и растений.

Выводы. Использование генетических ресурсов, в частности сортов, зарекомендовавших себя рядом ценных хозяйственных показателей, способствует расширению разнообразия сортов перца сладкого, увеличению их продуктивности и качества, снижению зависимости от сезонности в обеспечении населения, улучшении структуры и качества питания.

Вовлечение имеющейся коллекции генетических ресурсов ВНИИООБ в селекционный процесс позволит создавать новые сорта и гибриды перца сладкого отечественной селекции и, как следствие, избежать влияния политических и экономических санкций иностранных государств против России.

Conclusions. The use of genetic resources, in particular, varieties that have proved themselves by a number of valuable economic indicators, contributes to the expansion of the diversity of sweet pepper varieties, increasing their productivity and quality, reducing dependence on seasonality in the provision of the population, improving the structure and quality of nutrition.

Involvement of the existing collection of genetic resources of VNIIOOB in the breeding process will allow to create new varieties and hybrids of sweet pepper of domestic selection, and, as a consequence, to avoid the influence of political and economic sanctions of foreign countries against Russia.

Библиографический список

1. Авдеев А. Ю., Кигашпаева О. П., Бажмаева Ф. К., Сисенгалиева С. Т. Новые сорта перца для различных целей выращивания. Орошаемое земледелие. 2016. № 1. С. 6-10.
2. Холмуминов Т. К., Арамов М. Х. Перспективные сорта и гибриды f1 перца сладкого для центральной зоны Узбекистана. Овощи России. 2021. № 4. С. 78-82.
3. Буренин В. И., Пискунова Т. М., Виноградов З. С. Использование генетических ресурсов в селекции овощных и бахчевых культур. Овощи России. 2013. № 2 (19). С.13-16.
4. Гулин А. В., Мачулкина В. А., Кигашпаева О. П., Лаврова Л. П., Джабраилова В. Ю. Перец сладкий – витаминный продукт. Пищевая промышленность. 2022. №11. С. 25-28.
5. Каракаджиев А. С., Кигашпаева О. П., Гулин А. В., Муканов М. В. Коллекция генетического разнообразия *Carpsicum annuum* L. и использование её в создании новых сортов. Материалы V Вавиловской международной научной конференции в ознаменование 135 годовщины со дня рождения Н.И. Вавилова. 2022. С. 175.
6. Каракаджиев А. С., Кигашпаева О. П., Гулин А. В., Мачулкина В. А., Изучение коллекционных образцов перца сладкого и отбор доноров хозяйственно-ценных признаков. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса, Волгоград. 2023. № 2 (70). С.280-287.
7. Антипова Н. Ю., Кашнова Е. В. Современные аспекты и итоги селекции перца сладкого в Западной Сибири. Овощи России. 2021. № 4. С. 53-56.
8. Антипова Н. Ю. Использование исходного материала для создания новых сортов перца сладкого для открытого грунта. Овощи России. 2017. С. 34-36.
9. Джос Е. А. Создание исходного материала перца с использованием отдаленной гибридизации: автореферат. Москва, 2009. 24 с.
10. Кигашпаева О. П., Гулин А. В. Экономически выгодные для уборки и транспортировки сорта перца сладкого. Проблемы развития АПК региона. 2021. № 4. С. 35-39.
11. Кигашпаева О. П., Гулин А. В., Каракаджиев А. С., Джабраилова В. Ю., Лаврова Л. П. Хозяйственные качества и семенная продуктивность перца сладкого селекции ВНИИООБ. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 3 (67). С. 161-170.
12. Гулин А. В., Кигашпаева О. П., Джабраилова В. Ю., Муканов М. В. Перспективные сорта перца сладкого для условий Нижнего Поволжья. Овощи России. 2023. № 4. С.67-72.
13. Костанчук Ю. Н. Оценка коллекционных образцов перца сладкого в предгорной зоне Крыма. Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 4. С. 17-21.
14. Козловская Е. А., Пышная О. Н., Мамедов М. И., Джос Е. А., Матюкина А. А. Подбор родительских компонентов при создании гибридов перца сладкого для степной и сухостепной зон. Овощи России. 2019. № 1 (45). С. 8-11.
15. Куракса Н. П., Пилипенко Л. В. Параметри адаптивності перцю солодкого. Овочівництво і баштанництво. 2014. Вип. 60. С. 155-166.
16. Rajametov Sh. N., Yang E. Y., Cho M. Ch., Jeong H. B. Effect of leaf cold damage after chilling temperature treatment on growth and reproductive parameters of chilli pepper plants. Vegetable Crops of Russia. 2022. № 1. Pp. 5-11.
17. Коринец В. В. и др. Рекомендации по возделыванию сельскохозяйственных культур при капельном орошении в Астраханской области. Астрахань. 2003. 47 с.
18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
19. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 2015. 61 с.
20. Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур. М., 2016. 344 с.

References

1. Avdeev A. Yu., Kigashpaeva O. P., Bazhmaeva F.K., Sisengalieva S. T. New varieties of pepper for various growing purposes. Irrigated agriculture. 2016. No 1. Pp. 6-10.
2. Kholmuminov T. K., Aramov M. Kh. Promising varieties and hybrids f1 of sweet pepper for the central zone of Uzbekistan. Vegetables of Russia. 2021. No 4. Pp. 78-82.
3. Burenin V. I., Piskunova T. M., Vinogradov Z. S. Use of genetic resources in the selection of vegetable and melon crops. Vegetables of Russia. 2013. No 2 (19). Pp.13-16.
4. Gulin A. V., Machulkina V. A., Kigashpaeva O. P., Lavrova L. P., Dzhabrailova V. Yu. Sweet pepper – a vitamin product. Food industry. 2022. No 11. Pp. 25-28.
5. Karakadzhiev A. S., Kigashpaeva O. P., Gulin A. V., Mukanov M. V. Collection of genetic diversity of *Capsicum annum* L. and its use in the creation of new varieties. Materials of the V Vavilov International Scientific conference to commemorate the 135th anniversary of the birth of N. I. Vavilov. 2022. P. 175.
6. Karakadzhiev A. S., Kigashpaeva O. P., Gulin A. V., Machulkina V. A., Study of collection samples of sweet pepper and selection of donors of economically valuable traits. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex. 2023. No 2 (70). Pp. 280-287.
7. Antipova N. Yu., Kashnova E. V. Modern aspects and results of sweet pepper selection in Western Siberia. Vegetables of Russia. 2021. N 4. Pp. 53-56.
8. Antipova N. Yu. Use of source material to create new varieties of sweet pepper for open ground Vegetables of Russia. 2017. Pp. 34-36.
9. Jos E. A. Creation of initial material of pepper using long-distance hybridization: abstract of thesis. Moscow, 2009. 24 p.
10. Kigashpayeva O. P., Gulin A. V. Economically beneficial varieties of sweet pepper for harvesting and transportation. Problems of development of the agro-industrial complex of the region 2021. No 4. Pp. 35-39.
11. Kigashpayeva O. P., Gulin A. V., Karakadzhiev A. S., Dzhabrailova V. Yu., Lavrova L. P. Economic qualities and seed productivity of sweet pepper selection VNIIOOB. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex. 2022. No 3 (67). Pp. 161-170.
12. Gulin A. V., Kigashpaeva O. P., Dzhabrailova V. Yu., Mukanov M. V. Promising varieties of sweet pepper for the conditions of the Lower Volga region. Vegetables of Russia. 2023. No. 4. Pp. 67-72.
13. Kostanchuk Yu. N. Evaluation of collection samples of sweet pepper in the foothill zone of Crimea. Tauride Bulletin of Agrarian Science. 2019. No. 4. Pp. 17-21.
14. Kozlovskaya E. A., Pyshnaya O. N., Mamedov M. I., Jos E. A., Matyukina A. A. Selection of parent components when creating sweet pepper hybrids for the steppe and dry-steppe zones. Vegetables of Russia. 2019. No. 1 (45). Pp. 8-11.
15. Kuraksa N. P., Pilipenko L. V. Adaptability parameters of sweet pepper. Vegetable and Basketry. 2014. V. 60. Pp. 155-166.
16. Rajametov Sh. N., Yang E. Y., Cho M.Ch., Jeong H. B. Effect of leaf cold damage after chilling temperature treatment on growth and reproductive parameters of chilli pepper plants. Vegetable Crops of Russia. 2022. № 1. Pp. 5-11.
17. Korinets V. V., et al. Recommendations for the cultivation of agricultural crops under drip irrigation in the Astrakhan region. Astrakhan. 2003. 47 p.
18. Dosphehov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). M.: Alliance, 2014. 351 p.
19. Methodology for state variety testing of agricultural crops. M., 2015. 61 p.
20. Selection, seed production and varietal agricultural technology of vegetable, melon and flower crops. M., 2016. 344 p.

Информация об авторах

Каракаджиев Алтынбек Сансызбаевич, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), ORCID: 0000-0001-7572-3578, e-mail: vniiob@mail.ru

Кигапашева Ольга Петровна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом селекции и семеноводства ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), ORCID: 0000-0003-4578-6177, e-mail: vniiob@mail.ru

Гулин Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, директор ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), ORCID: 0000-0001-6000-5311, e-mail: vniiob@mail.ru

Author's Information

Karakadzhiev Altynbek Sansyzbayevich, Junior researcher of the department of breeding and seed production of Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamzyak, Lyubicha str., 16), ORCID: 0000-0001-7572-3578, e-mail: vniiob@mail.ru

Kigashpaeva Olga Petrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Breeding and Seed Production of Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamzyak, Lyubicha str., 16), ORCID: 0000-0003-4578-6177, e-mail: vniiob@mail.ru

Gulin Aleksander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Rresearcher, Director of Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamzyak, Lyubicha str., 16), ORCID: 0000-0001-6000-5311, e-mail: vniiob@mail.ru

EVALUATION OF SPRING DURUM WHEAT VARIETIES OF ORENBURG BREEDING IN TERMS OF QUALITY AND QUANTITY OF GLUTEN

Podlasova E. Y., Novikova A. A.

Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences
Orenburg, Russian Federation

Corresponding author E-mail: Katerina.pryakhina@mail.ru

Received 28.03.2024

Submitted 28.06.2024

The research work was carried out according to the topic of the state task No. FNWZ – 2022 – 0015 "To create new highly productive varieties of grain spikelets and cereals, potatoes with a complex of economically valuable characteristics, increased resistance to biotic and abiotic stress factors, based on comprehensive research of bioresources, improve the genetic fund, improve the seed production system, develop new methods of cultivation technologies these cultures; to develop effective methods for assessing the genetic potential using DNA technologies for the selective improvement of grain crops and the creation of varieties with specified economically valuable properties"

Summary

The article presents the results of the content and amount of gluten in grain and flour of spring durum wheat. The results of the conducted research showed that the new varieties of spring durum wheat of the Orenburg selection surpassed previously zoned varieties in terms of gluten content and quantity. This means that the selection of spring durum wheat is aimed at improving the quality of grain. The new varieties have high rheological properties, and can be recommended as the main raw material for the production of cereals and pasta.

Abstract

Introduction. Grain quality determination is one of the main criteria for evaluating spring durum wheat varieties. First of all, this is important for food producers (pasta and cereals) and the grain market as a whole. When breeding popular varieties, breeders should resort not only to increasing yields, but also to improving the quality characteristics of grain. The study of the quality and quantity of gluten is the main indicator characterizing the rheological properties of durum wheat dough. **Object.** 5 zoned and 3 new varieties of spring durum wheat of Orenburg selection: Orenburg 10, Orenburg 21, Melyana, Gordeya, Tselinnitsa, Orenburg 35, Orenburg 33, Orenburg 31. **Materials and methods.** The amount and quality of gluten in grain was determined in accordance with GOST 54478-2011, the content of raw, dry gluten and gluten index in flour was GOST ISO 21415-2-2019. **Results and conclusions.** In the conducted study, all the analyzed varieties belonged to the II quality group, the Orenburg 33 variety had a stronger and more elastic gluten. The content of raw and dry gluten was maximum in the Orenburg 33 variety and amounted to 63.3% and 23.3%, respectively. According to the gluten index, the varieties Orenburg 35 (63.3%), Orenburg 33 (67%) and Orenburg 31 (63.4%) stood out.

Keywords: durum wheat breeding, wheat grain quality, raw gluten, dry gluten, gluten index.

Citation. Podlasova E. Y., Novikova A. A. Evaluation of spring durum wheat varieties of Orenburg breeding in terms of quality and quantity of gluten. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 186-193 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-20.

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

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

УДК 664.6.17

ОЦЕНКА СОРТОВ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ОРЕНБУРГСКОЙ СЕЛЕКЦИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ КАЧЕСТВА И КОЛИЧЕСТВА КЛЕЙКОВИНЫ

Подласова Е. Ю., младший научный сотрудник
Новикова А. А., кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН»
г. Оренбурге, Российская Федерация

Исследовательская работа выполнена согласно теме государственного задания № FNWZ-2022-0015 «Создать новые высокопродуктивные сорта зерновых колосковых и крупяных культур, картофеля с комплексом хозяйственно-ценных признаков, повышенной устойчивостью к биотическим и абиотическим стресс факторам, на базе комплексных исследований биоресурсов, улучшить генетический фонд, усовершенствовать систему семеноводства, разработать новые приемы технологий возделывания этих культур; разработать эффективные методы оценки генетического потенциала с использованием ДНК-технологий для селекционного улучшения зерновых культур и создания сортов с заданными хозяйственно-ценными свойствами»

Актуальность. Определение качества зерна является одним из основных критериев оценки сортов яровой твердой пшеницы. В первую очередь это важно для производителей продуктов питания (макаронные и крупяные изделия) и зернового рынка в целом. При выведении востребованных

сорт селекционерам следует прибегать не только к повышению урожайности, но и к улучшению качественных характеристик зерна. Изучение качества и количества клейковины является основным показателем, характеризующим реологические свойства теста из твердых сортов пшеницы. **Объект.** 5 районированных и 3 новых сорта яровой твердой пшеницы оренбургской селекции: Оренбургская 10, Оренбургская 21, Меляна, Гордея, Целинница, Оренбургская 35, Оренбургская 33, Оренбургская 31. **Материалы и методы.** Количество и качество клейковины в зерне определяли в соответствии с ГОСТ 54478-2011, содержание сырой, сухой клейковины и глютен-индекс в муке – ГОСТ ISO 21415-2-2019. **Результаты и выводы.** В проведенном исследовании все проанализированные сорта относились ко II группе качества, более прочной и эластичной клейковиной обладал сорт Оренбургская 33. Содержание сырой и сухой клейковины было максимальным у сорта Оренбургская 33 и составило 63,3% и 23,3%, соответственно. По показателю глютен-индекс выделились сорта Оренбургская 35 (63,3%), Оренбургская 33 (67%) и Оренбургская 31 (63,4%).

Ключевые слова: селекция твердой пшеницы, качество зерна пшеницы, сырая клейковина, сухая клейковина, глютен-индекс.

Цитирование. Подласова Е. Ю., Новикова А. А. Оценка сортов яровой твердой пшеницы оренбургской селекции по показателям качества и количества клейковины. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 186-193. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-20.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Важным инструментом в повышении эффективности растениеводства является сорт, поскольку качество и урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур зависит не только от технологии возделывания, но и от приспособленности генотипа к окружающей среде. Новые сорта должны превосходить стандарт по одному или нескольким признакам и не иметь отрицательных качеств, которые могут осложнить работу производства.

Незаменимым сырьем для производства макарон и крупяных изделий является зерно яровой твердой пшеницы (*Triticum turgidum* L. subsp. *Durum*) [1]. Ежегодно во всем мире производится макаронных изделий около 14,5%. Основными странами производителями являются Турция, Италия, США, а Россия занимает лишь четвертое место по производству макаронных изделий, а по потреблению – десятое [2].

Яровая твердая пшеница благодаря своим уникальным свойствам является идеальной культурой для производства крупяных и макаронных изделий. В связи с растущими требованиями со стороны потребителей и производителей важность качества сырья данных продуктов постоянно возрастает. Содержание и количество клейковины, является основным параметром, который влияет на качество готовой продукции полученной из зерна твердой пшеницы.

Клейковина представляет собой основной элемент белка эндосперма пшеницы, который состоит из двух групп проламинов: глиадин и глютеин, которые отвечают за эластичность и липкость пшеничного теста [3]. При высоком содержании клейковины образуется прочная связь белков с молекулами крахмала, которые предотвращают деформацию и липкость готовых макарон [4].

Российская селекция твердой пшеницы на протяжении многих лет была направлена на увеличение урожайности зерна, а не на улучшение его качества. Лишь по этой причине экспорт зерна твердой пшеницы происходит по низкой цене, его используют для увеличения помольных партий зерна относительно невысокой цены и высокого содержания белка (примерно 14%). Главным фактором, мешающим выйти на первые позиции экспорта зерна твердой пшеницы, является низкий индекс деформации клейковины (ИДК) [5].

Однако к определению качества клейковины европейские фабрики предъявляют определенные требования [6]. Так, современные программы селекции твердой пшеницы в Италии, Турции, Австралии и др. дополнительно к характеристикам помола (масса 1000 зерен, стекловидность, содержание белка, зольность, ИДК, и др.) включают содержание сухой и сырой клейковины, глютен-индекс и индекс желтизны.

Важно отметить, что оценка качества сельскохозяйственных культур должна включать все параметры определения качества зерна и муки. Поскольку ни один из них по отдельности не способен охватить аспекты, которые способны полностью охарактеризовать количество и качество клейковины. Для определения дальнейшей обработки пшеничной муки необходимо определить содержание и количество клейковины. Если зерно имеет вы-

сокое количество клейковины, то и мука из этого зерна будет иметь высокое содержание сырой и сухой клейковины в муке. А глютен-индекс, в свою очередь, будет отражать качество клейковины в тесте [7].

Таким образом, изучение твердой пшеницы по показателям качества зерна и муки является неотъемлемой частью оценки перспективности сортов.

Цель проделанной работы – скрининг сортов яровой твердой пшеницы по показателям качества и количества клейковины, содержащийся в зерне и муке.

Материалы и методы. Объектом исследования выступили 5 районированных и 3 новых сорта яровой твердой пшеницы оренбургской селекции: Оренбургская 10, Оренбургская 21, Меляна, Гордея, Целинница, Оренбургская 35, Оренбургская 33, Оренбургская 31.

Посев сортов осуществлялся на базе опытных полей ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (п. Чепеньки, Оренбургский район). Участок под посев пшеницы готовился согласно зональной технологии [8], предшественник – пар. Почва опытного участка представляет собой чернозем обыкновенный карбонатный среднесиловой. Содержание нитратного азота, фосфора и калия находилось на уровне – 4,0 мг/кг; 26 мг/кг; и 361 мг/кг, и гумуса – 4,2%. В вегетационный период яровой твердой пшеницы климатические условия были засушливыми с неравномерными осадками (рисунок 1). За период с мая по август выпало 122 мм осадков, при этом 50 мм приходилось на июнь, гидротермический коэффициент составил 0,52 ед. Температурный режим характеризовался резкой сменой ночных и дневных температур. За период вегетации сумма активных температур воздуха составляла 1773,3°C (климатическая норма – 2395,3°C), среднесуточная температура – 19,7°C.

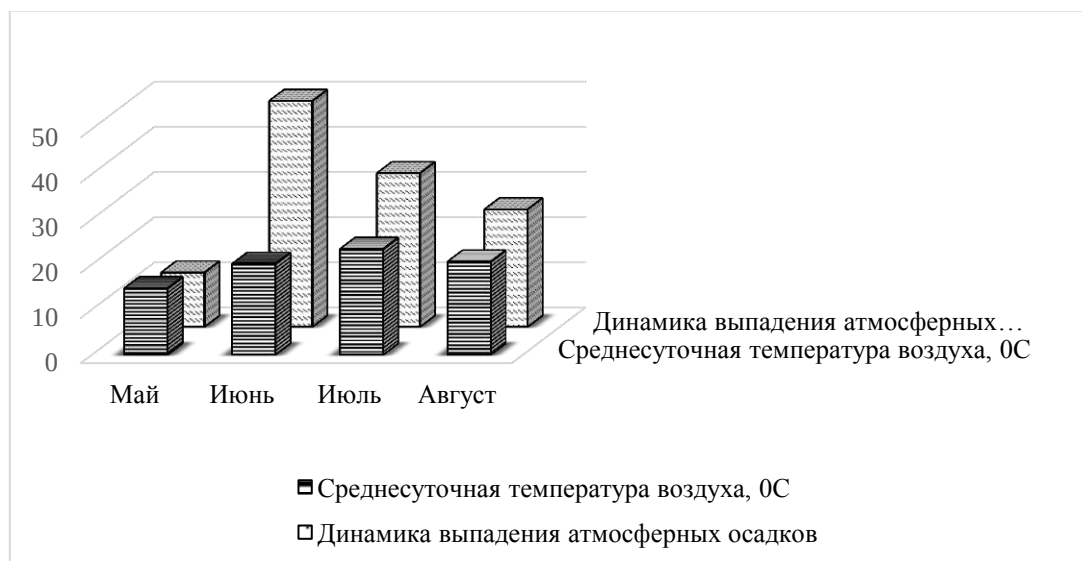


Рисунок 1 – Метеорологические условия вегетационного периода яровой твердой пшеницы 2023 год
Figure 1 – Meteorological conditions of the growing season of spring durum wheat in 2023

Анализ качества зерна и муки проводился в лаборатории селекционно-генетических исследований в растениеводстве с использованием оборудования Центра коллективного пользования ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (www.цкп-бст.рф). Количество сырой клейковины и индекс деформации клейковины (ИДК) в зерне определяли согласно ГОСТ Р 54478-2011. Содержание сырой клейковины, сухой клейковины и глютен индекс в муке определяли с помощью комплекта оборудования для анализа клейковины Glutenmatik (BASTAK, Турция) согласно ГОСТ ISO 21415-2-2019. Зерно яровой твердой пшеницы было измельчено на вальцевой мельнице Roller mill Rollermaks (MAKSWELL, Турция).

Повторность измерений трехкратная, статистический анализ проводили с использованием компьютерной программы Excel (Microsoft, США).

Результаты и обсуждение. Знание о качественных свойствах зерна яровой твердой пшеницы имеет решающее значение для приготовления пищевых продуктов. При производстве макаронных изделий клейковина выполняет две важные функции, которые придают текучесть крахмальным зернам и объединяют крахмальные зерна в единую массу [9].

Анализ определения количества клейковины проводился на системе МОК, за исключением сорта Меляна, в которой клейковину извлекали вручную, поскольку она была особенно слабой. Результаты показали, что наибольшее количество клейковины в зерне отмечалось у следующих сортов: Оренбургская 33 – 39%, Оренбургская 35 – 38% и Оренбургская 10 – 37,5% (рисунок 2). Минимальный уровень клейковины зафиксирован у сортов Меляна и Гордея и составил 32% и 33,2%, соответственно.

Реологические свойства теста характеризует индекс деформации клейковины. Для производства крупяных и макаронных изделий более предпочтительным считается использование клейковины по показателям ИДК II-ой группы качества.

Согласно ГОСТ 54478-2011 качество клейковины из твердой пшеницы делится на классы, к I классу относят значения ИДК от 48-82, ко II классу 83-107 и III классу 108 и более.

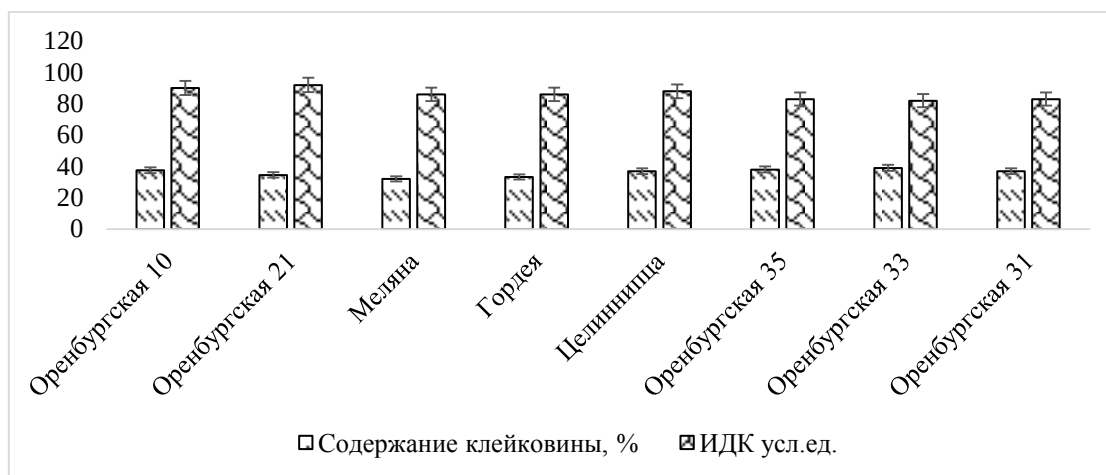


Рисунок 2 – Количество клейковины и ИДК в зерне яровой твердой пшеницы

Figure 2 – The amount of gluten and IDC in spring durum wheat grain

Таким образом, проанализировав сорта оренбургской селекции, можно сделать вывод что к I классу относится сорт Оренбургская 33 со значением ИДК 82 ед., на одну единицу им уступили сорта Оренбургская 31 и Оренбургская 35 их значение составило 83 ед. Остальные сорта по индексу деформации клейковины находились в пределах от 86 до 92 единиц, и относились ко II группе качества.

В своей работе помимо определения количества и качества клейковины в зерне, мы определили содержание сырой и сухой клейковины и глютен-индекса в муке. Результаты, полученные в процессе исследования, представлены на рисунке 3.

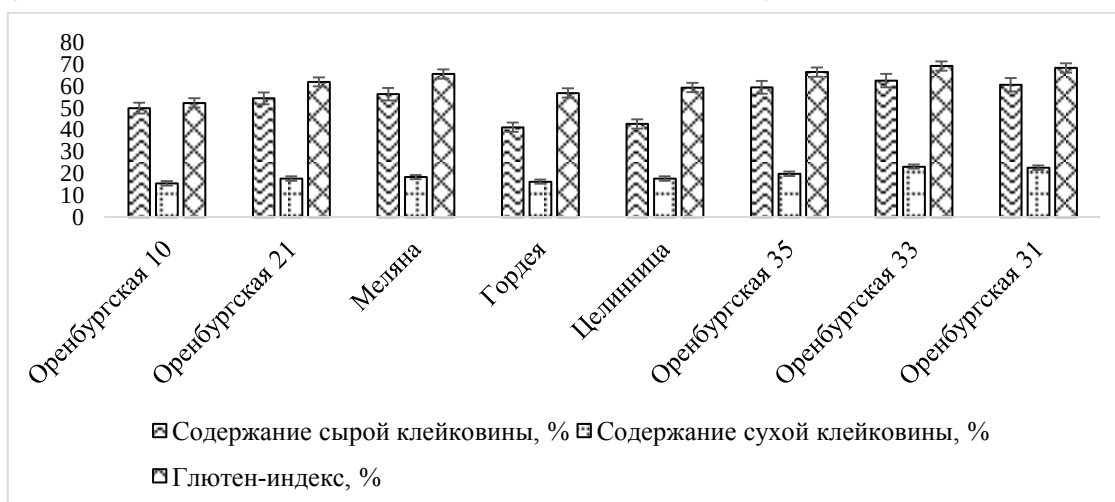


Рисунок 3 – Содержание клейковины и глютен-индекс в муке яровой твердой пшеницы

Figure 3 – The gluten content and gluten index in spring durum wheat flour

Полученные данные у сорта Меляна демонстрируют формирование клейковины из слабой, которая не образовывалась при попытке отмывания ее на системе МОК. В то же время при отмывке клейковины из муки данный сорт образовывал содержание сырой клейковины – 56,2%, сухой клейковины – 18,3%, а глютен-индекс был равен 65,4%.

Более высокое содержание сырой клейковины отмечалось у сортов Оренбургская 33 – 62,4%, Оренбургская 31 – 62,5% и Оренбургская 35 – 59,3%. Содержание сухой клейковины отражает содержание белка клейковины, присутствующего в муке, и рассчитывается на основе сырой клейковины. Содержание сухой клейковины было максимальным у сорта Оренбургская 33 – 23,1 %, незначительно ему уступали сорта Оренбургская 31, Оренбургская 35 Меляна и Целинница значения данных сортов составили 22,6%, 19,8 и 17,6%.

Важно отметить, что глютен-индекс образуется в виде массы сырой клейковины, прошедшей сквозь сито в момент центрифугирования (ГОСТ ISO 21415-2 – (2019)), и характеризует природные свойства клейковины, и определяет ее качество.

Таким образом, максимальное содержание глютен-индекса в муке отмечается у сортов Оренбургская 33, Оренбургская 31 и Оренбургская 35 значения составили 69,1%, 68,2% и 66,3% соответственно.

Показатели глютен-индекса сырой клейковины и сухой клейковины являются новыми для нас. На рисунке 4 изображена сухая клейковина, которая получилась в момент сушки при 150⁰С на приборе Bastak 2500. Важно отметить, что сухой глютен представляет собой вафельное вещество, полученное путем высушивания сырой клейковины.



Рисунок 4 – Фото сухой клейковины, полученной на оборудовании Glutenmatik (BASTAK 2500, Турция)
1 – Меляна; 2 – Оренбургская 10; 3 – Оренбургская 35; 4 – Оренбургская 21; 5 – Оренбургская 33;
6 – Оренбургская 31; 7 – Гордея, 8 – Целинница

Figure 4 – Photo of dry gluten obtained on glutenmatik equipment (bastak 2500, Turkey)
1 – Melyanskaya; 2 – Orenburg 10; 3 – Orenburg 35; 4 – Orenburg 21; 5 – Orenburg 33; 6 – Orenburg 31;
7 – Gordeevskaya, 8 – Virgin land

Программа селекции твердых сортов пшеницы направлена на улучшение свойств, связанных с качеством конечного продукта, которым в первую очередь являются макаронные изделия. Производители твердых сортов пшеницы проверяют качество своих сортов на содержание белка и крепость клейковины [10]. Необходимым условием для хорошего качества приготовления макарон является определение содержания белка и крепости клейковины, а для прогнозирования текстуры макаронных изделий используют качество клейковины (Abu Hammad, W. A., et al., 2012).

Параметры определения глютен-индекса в муке отражает качество клейковины в диапазоне от 0 до 100%. Оптимальный диапазон значений глютен-индекса находится в пределах от 65 до 80%. Значения выше 80 описывает сильную клейковину, значения ниже 65% описывают среднюю клейковину, и к слабой клейковине относят значения ниже 40% [11].

Мы оценили количество и качество клейковины в зерне и муке яровой твердой пшеницы оренбургской селекции. Различия по количеству клейковины в зерне отмечается у всех протестированных сортов, что касается эластичных свойств, то все сорта относятся ко II группе качества.

В настоящее время при создании новых сортов селекционеры, занимающиеся изучением яровой твердой пшеницы на разных этапах селекции при создания новых сортов, используют метод оценки качества и количества клейковины не только в зерне, но и в муке.

Результаты текущего исследования согласуются с исследованиями Мухитова Л. А. и др., 2018, который отметил, что сорта Оренбургской селекции отвечают международным требованиям макаронной промышленности, по качественным показателям клейковины в зерне [12].

Изучение показателей качества клейковины на основе глютен-индекса в муке выявило среднее значения данного показателя, которые являются аналогичными исследованиям Ден Л. с соавторами. (2017), который исследовал 36 генотипов яровой твердой пшеницы [13].

Таким образом, наши исследования, как и работа Мухитова Л. А. (2018), показывают, что сорта оренбургской селекции отвечают международным требованиям макаронной промышленности, по качественным показателям клейковины в зерне. При этом сорта, имеющие невысокое количество клейковины в зерне, являются лидерами по содержанию сырой и сухой клейковины в муке. Аналогичный эффект описывал в своей работе П. Н. Мальчиков с соавторами, объясняя его способностью клейковинных белков прочно удерживать частицы оболочки зерна, углеводный комплекс которых, будучи в составе белкового каркаса, не растворяется в воде, что препятствует формированию клейковины [14].

Заключение. Проведенные исследования показывают, что изучаемые сорта обладают высокими характеристиками клейковины как в зерне, так и в муке. В зерне количество клейковины было в пределах от 32% до 39%. Наибольшее количество клейковины отмечалось у нового сорта оренбургской селекции Оренбургская 33 что составило 39%, а сорт Меляна имел минимальное количество клейковины. Сорт яровой твердой пшеницы Оренбургская 33 был отнесен к I группе качества, а ко II группе качества относились остальные сорта.

Однако, рассматривая сорта по группам, районированные и новые, отмечаем тенденцию увеличения содержания клейковины муки в новых сортах. Так, максимальное содержание сырой и сухой клейковины отмечено у сортов Оренбургская 33 – 62,4% и 23,1%, Оренбургская 31 – 60,5% и 22,6%. Значение глютен-индекса наибольшее было у сортов Оренбургская 33 и Оренбургская 31 – 69,1% и 68,2%, соответственно.

Изучаемые сорта яровой твердой пшеницы обладают необходимыми качественными характеристиками зерна и муки, чтобы включать их в селекционный процесс и возделывать в условиях Оренбургской области при производстве зерна высокого качества.

Conclusions. The conducted research shows that the studied varieties have high gluten characteristics in both grain and flour. The amount of gluten in the grain ranged from 32% to 39%. The largest amount of gluten was observed in the new variety of the Orenburg selection Orenburg 33, which amounted to 39%, and the Melyana variety had a minimum amount of gluten. The spring durum wheat variety Orenburg 33 was assigned to the I quality group, and the rest of the varieties belonged to the II quality group.

However, considering the varieties by groups, zoned and new, there is a tendency to increase the gluten content of flour in new varieties. Thus, the maximum content of raw and dry gluten was noted in the varieties Orenburg 33 – 62.4% and 23.1%, Orenburg 31 – 60.5% and 22.6%. The value of the gluten index was highest in the varieties Orenburg 33 and Orenburg 31 – 69.1% and 68.2%, respectively.

The studied varieties of spring durum wheat have the necessary qualitative characteristics of grain and flour to include them in the breeding process and cultivate them in the conditions of the Orenburg region in the production of high-quality grain.

Библиографический список

1. Kroupina A. Y., Yanovsky A. S., Korobkova V. A., Bespalova L. A., Arkhipov A. V., Bukreeva G. I., Voropaeva A. D., Kroupin P. Y., Litvinov D. Y., Mudrova A. A., Ulyanov D. S., Karlov G. I., Divashuk M. G. Allelic Variation of Glu-A1 and Glu-B1 Genes in Winter Durum Wheat and Its Effect on Quality Parameters Foods. 2023. V. 12 (7). 1436.

2. Агапкин А. М., Махотина И. А., Белкин Ю. Д. Российский рынок макаронных изделий: структура, экспорт и импорт, динамика развития. *Международная торговля и торговая политика*. 2019. № 2 (18). С. 72-83.
3. Wieser H., Koehler P., Scherf K. A. The Two Faces of Wheat. *Front. Nutr.* 2020. V. 7. 517313.
4. Janni M., Cadonici S., Bonas U., Grasso A., Dahab A. A. D., Visioli G., Pignone D., Ceriotti A., Marmioli N. Gene-ecology of durum wheat HMW glutenin reflects their diffusion from the center of origin. *Sci. Rep.* 2018. V. 8 (1). Pp. 1-9.
5. Гончаров С. Г., Курашов М. Б. Перспективы развития Российского рынка твердой пшеницы. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2018. № 2 (57). С. 66-75.
6. Wang Z., Ma S., Sun B., Wang F., Huang J., Wang X., Bao Q. Effects of Thermal Properties and Behavior of Wheat Starch and Gluten on Their Interaction: A Review. *Int. J. Biol. Macromol.* 2021. N. 177. Pp. 474-484.
7. Бесалиев И. Н., Панфилов А. Л., Мухитов Л. А., Новикова А. А., Зоров А. А., Неверов А. А., Абдрашитов Р. Р. Технология возделывания яровой твердой пшеницы в условиях Оренбургской области. Оренбург: ООО «Типография «Агентство Пресса», 2022. 23 с.
8. Жаркова С. В. Показатели качества зерна сортов твердой пшеницы. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2021. С. 13-15.
9. Huiping Fan, Feng Fu, et al. Effect of NaCl on rheological properties of dough and noodle quality. *Journal of Cereal Science*. 2020. V. 93. 102936.
10. Jyoti Narwal, Ritika B., Baljeet S. Yadav Characterization of selected wheat (*Triticum aestivum*) cultivars for their physicochemical and cookies making quality characteristics. 2023.
11. Lingzhu Deng, Elias M. Elias, Frank A. Manthey Relationship Between Grain, Semolina, and Whole Wheat Flour Properties and the Physical and Cooking Qualities of Whole Wheat Spaghetti. *Cereal Chemistry*. 2017. V. 94. I. 5.
12. Мухитов Л. А., Тимошенкова Т. А. Исходный материал для селекции яровой твердой пшеницы на качество зерна в степи Оренбургского Предуралья. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2018. № 4. С. 66-69.
13. Deng L., Elias E. M., Manthey F. A. Influence of durum genotype on whole wheat and traditional spaghetti qualities. *Cereal Chem.* 2017.
14. Мальчиков П. Н., Шаболкина Е. Н., Мясникова М. Г., Сидоренко В. С. Адекватность оценки качества клейковины твердой пшеницы в соответствии с параметрами регламентированными ГОСТом. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2019. № 2 (30). С. 118-124.

References

1. Kroupina A. Y., Yanovsky A. S., Korobkova V. A., Besspalova L. A., Arkhipov A. V., Bukreeva G. I., Voropaeva A. D., Kroupin P. Y., Litvinov D. Y., Mudrova A. A., Ulyanov D. S., Karlov G. I., Divashuk M. G. Allelic Variation of Glu-A1 and Glu-B1 Genes in Winter Durum Wheat and Its Effect on Quality Parameters Foods. 2023. V. 12 (7). 1436.
2. Agapkin A. M., Makhotina I. A., Belkin Y. D. Russian Pasta Market: Structure, Export and Import, Development Dynamics. *International trade and trade policy*. 2019. № 2 (18). Pp. 72-83.
3. Wieser H., Koehler P., Scherf K. A. The Two Faces of Wheat. *Front. Nutr.* 2020. V. 7. 517313.
4. Janni M., Cadonici S., Bonas U., Grasso A., Dahab A. A. D., Visioli G., Pignone D., Ceriotti A., Marmioli N. Gene-ecology of durum wheat HMW glutenin reflects their diffusion from the center of origin. *Sci. Rep.* 2018. V. 8 (1). Pp. 1-9.
5. Goncharov S. G., Kurashov M. B. Prospects for the Development of the Russian Durum Wheat Market. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2018. № 2 (57). Pp. 66-75.
6. Wang Z., Ma S., Sun B., Wang F., Huang J., Wang X., Bao Q. Effects of Thermal Properties and Behavior of Wheat Starch and Gluten on Their Interaction: A Review. *Int. J. Biol. Macromol.* 2021. N. 177. Pp. 474-484.
7. Besaliev I. N., Panfilov A. L., Mukhitov L. A., Novikova A. A., Zorov A. A., Neverov A. A., Abdrashitov R. R. Technology of Spring Durum Wheat Cultivation in the Orenburg Region. *Orenburg: Printing House Agency Press Publ.*, 2022. 23 p.
8. Zharkova S. V. Grain Quality Indicators of Durum Wheat Varieties. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2021. Pp. 13-15.
9. Huiping Fan, Feng Fu, et al. Effect of NaCl on rheological properties of dough and noodle quality. *Journal of Cereal Science*. 2020. V. 93. 102936.
10. Jyoti Narwal, Ritika B., Baljeet S. Yadav Characterization of selected wheat (*Triticum aestivum*) cultivars for their physicochemical and cookies making quality characteristics. 2023.
11. Lingzhu Deng, Elias M. Elias, Frank A. Manthey Relationship Between Grain, Semolina, and Whole Wheat Flour Properties and the Physical and Cooking Qualities of Whole Wheat Spaghetti. *Cereal Chemistry*. 2017. V. 94. I. 5.
12. Mukhitov L. A., Timoshenkova T. A. Source Material for Selection of Spring Durum Wheat for Grain Quality in the Steppe of the Orenburg Cis-Urals. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2018. № 4. Pp. 66-69.
13. Deng L., Elias E. M., Manthey F. A. Influence of durum genotype on whole wheat and traditional spaghetti qualities. *Cereal Chem.* 2017.
14. Malchikov P. N., Shabolkina E. N., Myasnikova M. G., Sidorenko V. S. Adequacy of Durum Wheat Gluten Quality Assessment in Accordance with the Parameters Regulated by GOST. *Leguminous and cereal crops*. 2019. № 2 (30). Pp. 118-124.

Информация об авторах

Подласова Екатерина Юрьевна, младший научный сотрудник, лаборатории селекционно-генетических исследований в растениеводстве ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН» (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29), <https://orcid.org/0000-0002-2985-198X>, e-mail: katerina.pryakhina@mail.ru

Новикова Антонина Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекционно-генетических исследований в растениеводстве ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН» (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29), <https://orcid.org/0000-0002-6947-9262>, e-mail: tony-novikova@yandex.ru

Author's Information

Podlasova Ekaterina Yurievna, Junior Researcher, Laboratory of Selection and Genetic Research in Plant Production Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 460000, Orenburg, 9 Yanvarya Street, 29), <https://orcid.org/0000-0002-2985-198X>, e-mail: katerina.pryakhina@mail.ru

Novikova Antonina Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Selection and Genetic Research in Plant Production Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences" (Russian Federation, 460000, Orenburg, 9 Yanvarya Street, 29), <https://orcid.org/0000-0002-6947-9262>, e-mail: tony-novikova@yandex.ru

**ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ /
ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE**

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-21

**MAIN DIRECTIONS TO THE DEVELOPMENT OF ANIMAL HUSBANDRY IN AGROECOLOGICAL
CONDITIONS OF THE SOUTH OF RUSSIA (ANALYSIS OF THE RESULTS OBTAINED)**^{1,2,3}**Gorlov I. F.**, ^{1,2}**Slozhenkina M. I.**¹*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production*²*Volgograd State Technical University*³*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 08.05.2024

Submitted 15.06.2024

This work was carried out under grant RNF 22-16-00041, GNU NIIMMP**Abstract**

Introduction. The relevance of the research is dictated by one of the most important directions for the implementation of the Doctrine of Food Security of the Russian Federation, the most important task of which is to provide the country's population with high-quality and affordable food resources that meet the requirements of a healthy and rational diet. In solving this urgent problem, a primary role is given to agricultural science. As you know, currently the most difficult task of the agricultural sector is to provide the country's population with products of animal origin. The analyzed studies provide scientific results showing ways to increase production volumes and improve the quality of livestock and poultry products produced in the specific agro-ecological conditions of the Southern Federal District, which plays a critical role in ensuring food security of the Russian Federation and is the most important geopolitical, strategic, economic and agricultural region Russia. **Materials and methods.** Scientific research was carried out through the use of generally accepted scientific methods of studying and processing the material under study in the form of successive operations of generalization, systematization, logical analysis and conclusions based on a vast array of data from materials of published works on numerous scientific and practical studies carried out in the agro-ecological conditions of the South of Russia. **Results and conclusions.** The innovative developments presented in this article allow agricultural producers in the southern regions of Russia to develop, test and implement new technological solutions to optimize selection and breeding work, improve zoohygienic conditions of keeping and feeding, use balancing additives and biologically active components, which allows for the production of high-quality products livestock and poultry farming, provides the opportunity to compete with foreign manufacturers and export their own products.

Keywords: *genotypes of livestock, development of animal husbandry, livestock breeding, breeding, development of poultry farming.*

Citation. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I. Main directions to the development of animal husbandry in agro-ecological conditions of the South of Russia (analysis of the results obtained). *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 194-213 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-21.

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 636.03

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ К РАЗВИТИЮ ЖИВОТНОВОДСТВА
В АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ
(АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ)**^{1,2,3}**Горлов И. Ф.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН^{1,2}**Сложеникина М. И.**, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН¹*Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции*²*Волгоградский государственный технический университет*³*ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ**г. Волгоград, Российская Федерация****Работа выполнена по гранту РНФ 22-16-00041, ГНУ НИИММП***

Актуальность. Актуальность проведенных исследований продиктована одним из важнейших направлений реализации Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации, важнейшей задачей которой является обеспечение населения страны качественными и доступными

продовольственными ресурсами, соответствующими требованиям здорового и рационального питания. В решении этой актуальной задачи первостепенная роль отводится аграрной науке. Как известно, в настоящее время наиболее сложной задачей АПК является обеспечение населения страны продуктами животного происхождения. В анализируемых исследованиях приведены научные результаты, показывающие пути увеличения объемов производства и повышения качества животноводческой и птицеводческой продукции, производимой в специфических агроэкологических условиях Южного Федерального округа, который играет важнейшую роль в обеспечении продовольственной безопасности Российской Федерации и является важнейшим геополитическим, стратегическим, экономическим и аграрным регионом России. **Материалы и методы.** Научные исследования были осуществлены посредством применения общепринятых научных методов изучения и обработки исследуемого материала в виде последовательных операций обобщения, систематизации, логического анализа и выводов по обширному массиву данных из материалов опубликованных работ по многочисленным научно-практическим исследованиям, осуществлённым в агроэкологических условиях Юга России. **Результаты и выводы.** Представленные в данной статье инновационные разработки позволяют адресно для сельхозпроизводителей южных регионов России разрабатывать, апробировать и внедрять в производство новые технологические решения по оптимизации селекционно-племенной работы, улучшению зооигиенических условий содержания и кормления, использованию балансирующих добавок и биологически активных компонентов, что позволяет производить качественную продукцию животноводства и птицеводства, обеспечивает возможность конкурировать с зарубежными производителями и экспортировать собственную продукцию.

Ключевые слова: генотипы скота, развитие животноводства, селекция скота, племенная работа, развитие птицеводства.

Цитирование. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И. Основные направления к развитию животноводства в агроэкологических условиях Юга России (анализ полученных результатов). *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 194-213. DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-21.

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. Актуальность проведенных исследований продиктована одним из важнейших направлений реализации Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации, важнейшей задачей которой является обеспечение населения страны качественными и доступными продовольственными ресурсами, соответствующими требованиям здорового и рационального питания [1]. В решении этой актуальной задачи первостепенная роль отводится аграрной науке. Как известно, в настоящее время наиболее сложной задачей АПК является обеспечение населения страны продуктами животного происхождения [2-10]. В анализируемых исследованиях приведены научные результаты, показывающие пути увеличения объемов производства и повышения качества животноводческой и птицеводческой продукции, производимой в специфических агроэкологических условиях Южного Федерального округа, который играет важнейшую роль в обеспечении продовольственной безопасности Российской Федерации и является важнейшим геополитическим, стратегическим, экономическим и аграрным регионом России [11, 12]. На ЮФО приходится более 15% всей площади сельскохозяйственных угодий РФ (33730,0 тыс. га). В последние годы среднегодовое производство говядины в округе составило около 14%, от общего по РФ объема, свинины 5,5%, мяса птицы – 9,8%, баранины и козлятины – 26%, молока – 11%, яиц – 10,8% [13, 14]. Однако в аграрном секторе этого региона еще очень много неиспользуемых резервов по наращиванию объемов производства продукции животноводства и птицеводства, вскрыть которые возможно за счет проведения научных изысканий [15-19].

Прежде всего исследования ученых направлены на внедрение достижений современной науки в развитие отрасли путем изучения всесторонней молекулярно-генетической структуры, генетической изменчивости и подробной характеристики популяций региональных пород сельскохозяйственных животных, разводимых в различных природно-климатических условиях ЮФО. Кроме того, проводится работа по разработке методов усовершенствования и рационального использования их генетического потенциала [20-28], разработке и оптимизации технологий кормления и содержания [29-46]. Это и является научной новизной рассматриваемых инновационных разработок. Научные исследования

включают в себя создание систематизированных структурированных программ, направленных на расширение и рациональное использование региональных пород сельскохозяйственных животных, разводимых в южных регионах РФ, а также разработку механизмов и методов увеличения эффективности производства и переработки продукции животноводства, включая производство функциональных продуктов питания [47]. В сложившихся условиях хозяйствования решение проблемы повышения эффективности производства продукции животноводства в условиях южных территорий приобретает особую значимость. Для части этих территорий характерно отгонное животноводство, низкая продуктивность лугов и пастбищ, высокие издержки полевого кормопроизводства, температурные перепады, повышенная солнечная инсоляция, засуха, которые характерны и для многих других регионов нашей страны (рисунок 1) и др. Все это предопределяет поиск резервов для оптимизации технологий ведения животноводства, снижения затрат на заготовку кормов, рационального сочетания полевого и лугопастбищного кормопроизводства, развития на этой основе мясного и молочного скотоводства и овцеводства как отраслей, наиболее приспособленных к экстремальным условиям производства продукции животноводства. Учитывая, что регионы юга России являются лидирующими производителями зерновых ресурсов, в проекте предусматриваются также исследования по развитию свиноводства и птицеводства, как основных потребителей такого сырья [48].



Рисунок 1 – Градация территорий России по степени засушливости
Figure 1 – Gradation of territories of the Russian Federation according to the degree of aridity

Научные исследования по рассматриваемым вопросам являются актуальными, так как направлены на совершенствование генетических ресурсов перспективных пород сельскохозяйственных животных, адаптированных именно для агроэкологических условий южных регионов. С этой целью были проведены фундаментальные научные изыскания в подопытных хозяйствах для установления достоверности происхождения молодняка, установления уровня гетерозиготности в стадах, определения эффективности использования производителей в стаде, проведение популяционно-генетической характеристики исследуемых региональных породных ресурсов.

В современных условиях производства животноводческой продукции невозможно достичь высокой продуктивности сельскохозяйственных животных и птиц без применения в рационах их кормления различных компенсирующих ингредиентов. Во всем мире постоянно ведутся поиски в этом направлении, активно разрабатываются адресные премиксы, различные биологически активные вещества и кормовые добавки, определяется эффективность их использования в рационах. В связи с этим изучение методов повышения эффективности производства продукции животноводства с учетом вида и породного фактора, региональных особенностей и адаптационных способностей животных разных генетических селекций и использования в рационах их питания новых кормовых добавок является актуальной задачей [49]. Кроме того, применительно к специфическим особенностям южных территорий, учеными уделяется особое внимание рациональной переработки животноводческого сырья. В ходе проведения исследований показана перспективность комплексного использования различных источников пищевого белка, обоснован и предложен ряд физико-химических и биотехнологических решений, направленных на модификацию состава и свойств сырья, интенсификацию технологических процессов, повышение качества готовой продукции с учетом основных представлений теории сбалансированного питания. При этом на основе произведенного животноводческого сырья, полученного от регионального животноводства, показаны принципы проектирования рациональных рецептур продуктов питания с заданным комплексом показателей пищевой и биологической ценности, что позволяет повысить конкурентоспособность пищевых продуктов, отличающихся высокими качественными характеристиками [47].

Таким образом, необходимость разработки перспективных направлений по инновационному развитию животноводческой и птицеводческой отраслей, развиваемых в агроэкологических условиях Юга РФ, на основе молекулярно-генетических методов, селекции по генетическим маркерам, ассоциированным с количественными и качественными показателями продуктивности, научно-обоснованного кормопроизводства, создания адресных кормовых добавок, премиксов, белково-витаминно-минеральных комплексов, рационального использования природных пастбищных ресурсов, получение высококачественной пищевой продукции, в том числе и функциональной направленности, на основе регионального молочного, мясного и птицеводческого сырья, предопределило основные направления наших исследований по обозначенным проблемам [47]. Приведенные в статье научные результаты являются новыми и получены с использованием современных молекулярно-генетических методов (анализ однонуклеотидных полиморфизмов с применением рестрикционного анализа продуктов амплификации), методов компьютерного моделирования, статистических моделей анализа данных, благодаря которым рассчитана степень влияния и уровень информативности полиморфных вариантов генов-маркеров для последующего использования их в качестве критерия для оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных, разводимых в условиях южных территорий РФ [47, 48].

Материалы и методы. Научные исследования были осуществлены посредством применения общепринятых научных методов изучения и обработки исследуемого материала в виде последовательных операций обобщения, систематизации, логического анализа и выводов по обширному массиву данных из материалов опубликованных работ по многочисленным научно-практическим исследованиям, осуществлённым в агроэкологических условиях Юга России.

С использованием современных молекулярно-генетических методов (анализ однонуклеотидных полиморфизмов с применением рестрикционного анализа продуктов амплификации), методов компьютерного моделирования, статистических моделей анализа данных рассчитана степень влияния и уровень информативности полиморфных вариантов генов-маркеров для последующего использования их в качестве критерия для оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных, разводимых в условиях южных территорий РФ. Для характеристики генофонда новых изучаемых селекционных форм был отобран генетический материал от экспериментальных животных, оцененных по уровню проявления хозяйственно-полезных признаков, и проведение исследований с использованием

высокопроизводительных методов анализа генотипа с использованием ДНК-чипов. На основании результатов полногеномного SNP-генотипирования рассчитаны параметры генетического разнообразия, дана характеристика генетической архитектуры новых селекционных форм в сравнении с исходными формами.

Постановка научно-хозяйственных экспериментов для практического обоснования эффективности использования новых кормовых средств с высокой биодоступностью питательных веществ производилась с использованием следующих методик: «Основы опытного дела» (Овсянников А. И., М.: Колос, 1976 г.), «Методика организации зоотехнических опытов» (Викторов П. И., Менькин В. К., М.: «Агропромиздат», 1991 г.), «Анализ статистических данных с использованием Microsoft Excel для Office XP» (Мидлтон М. Р., М.: Бином. Лаборатория изданий, 2005), «Математическое обеспечение эксперимента в животноводстве, 2-е издание» (Куликов Л. В., Никишов А. А., М., Изд-во РУДН, 2006), Johnson R. A. and G. K. Bhattacharyya, 2010. Statistics Principles and Methods, 6th edition. USA: John Wiley and Sons, Inc., «Методические указания по организации и проведению НИР» (М.: 2013 г.). В процессе экспериментальных исследований рационы питания подопытных животных разработаны с учетом детализированных норм кормления (по Калашникову А. П. с соавт. 2003 г.) с использованием компьютерной программы «КормОптимЭксперт».

Результаты и обсуждение. Научные исследования были проведены в соответствии с представленной схемой по всей биотехнологической цепочке, то есть «от поля (фермы) до потребителя» (рисунок 2).

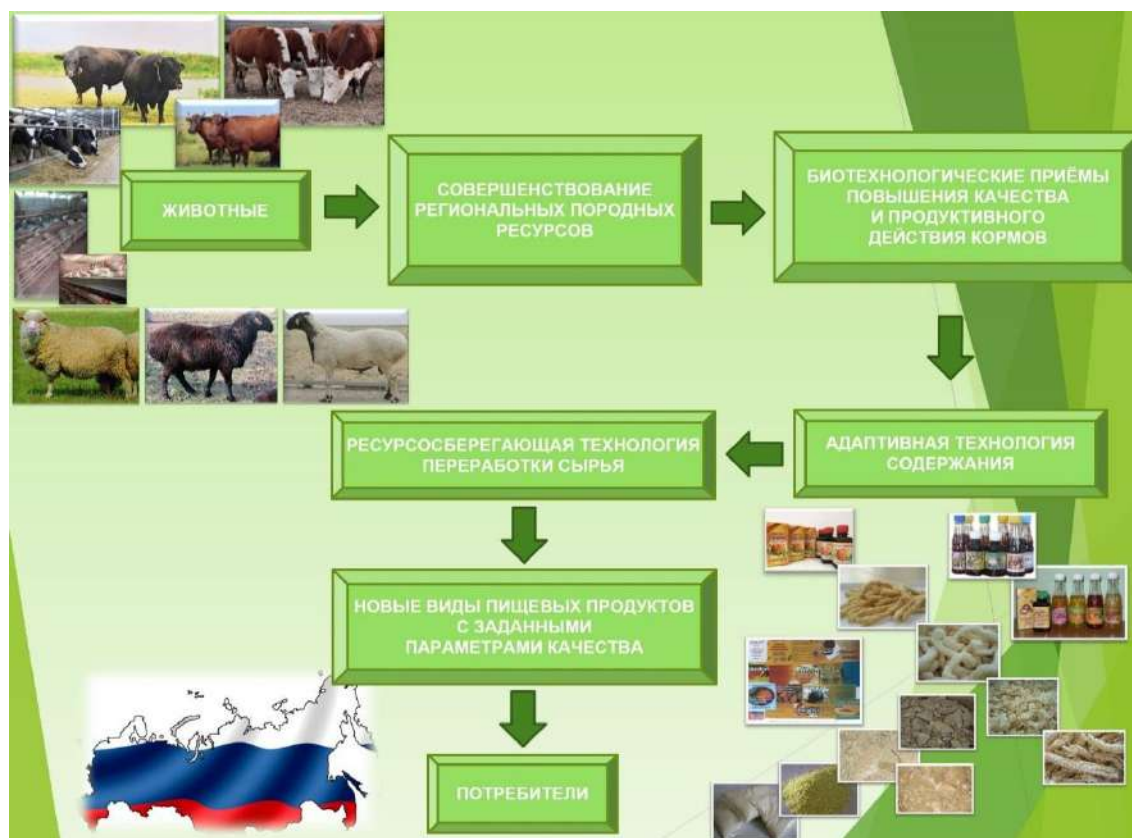


Рисунок 2 – Схема обзореваемых научных исследований

Figure 2 – Scheme of the reviewed scientific studies

На экспериментальном поголовье русской комолой, заволжского типа казахской белоголовой и заводского типа «Айта» калмыцкой пород крупного рогатого скота изучены ассоциации полиморфизма генов кальпаинкальпастатинового комплекса и соматотропина с показателями продуктивности животных и установлены желательные генотипы для использования в селекции на повышение мясной продуктивности и качества говядины. При

изучении частоты встречаемости гомозиготных и гетерозиготных аллелей, сцепленных с генами кальпаином и соматропином, в генетической структуре выявлены различия между калмыцкой и русской комолой породами КРС. Установлены особенности формирования продуктивных качеств у подопытного поголовья бычков сравниваемых пород. Результаты контрольного убоя подтвердили генетическую детерминированность животных русской комолой породы к наличию ДНК-маркеров, отвечающих за повышенную мясную продуктивность в сравнении с калмыцкой породой [24, 55].

Проведена оценка бычков русской комолой породы, казахской белоголовой и калмыцкой пород по показателям мясной и откормочной продуктивности (рисунок 3). Молодняк изучаемых пород отличался по живой массе и мясной продуктивности. Однако более высокими убойными качествами отличались бычки русской комолой породы. Результаты контрольного убоя подопытных бычков позволили выявить различия в развитии их основных органов и тканей организма. Породная принадлежность бычков оказала существенное влияние на формирование биохимического состава говядины и её физиологическую зрелость. При этом бычки русской комолой породы характеризуются более высокими показателями хозяйственно-полезных качеств и биологической ценности говядины по сравнению с молодняком калмыцкой и казахской белоголовой пород [50].

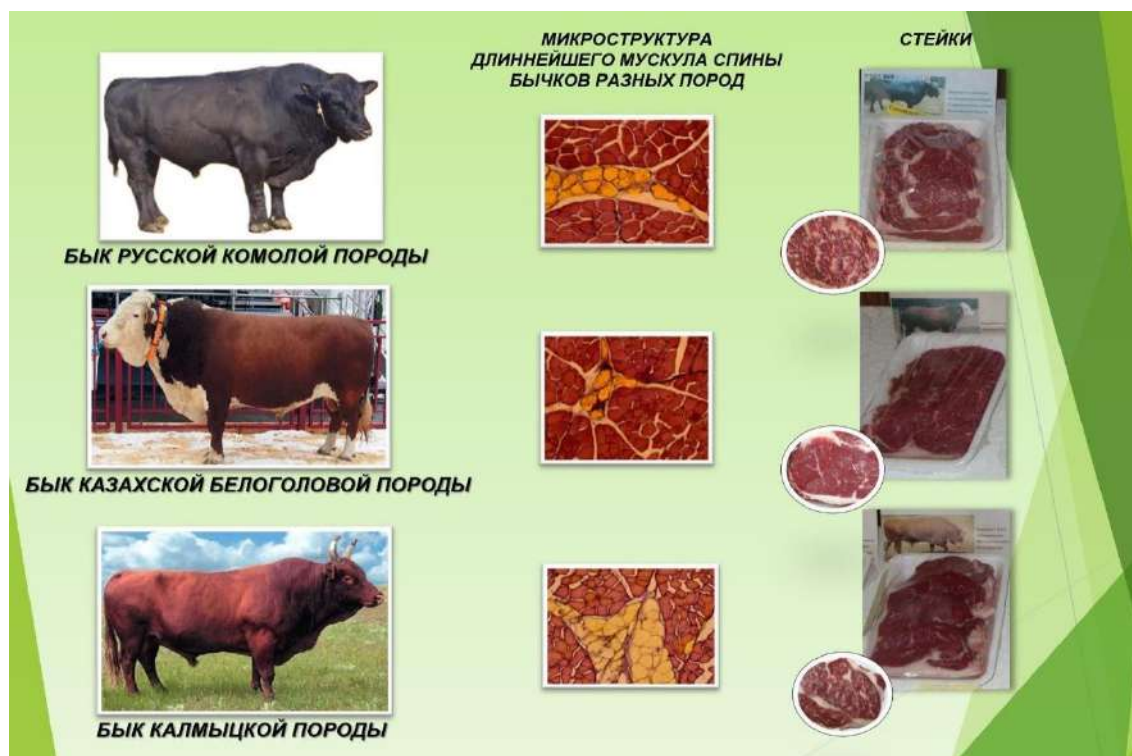


Рисунок 3 – Породность бычков во взаимосвязи с микроструктурой и внешним видом получаемой говядины

Figure 3 – Breed of bulls in relation to the microstructure and appearance of the resulting beef

Исследования продуктивных и биологических особенностей молодняка крупного рогатого скота калмыцкой породы (I группа) и ее помесей (с симментальской – II, герефордской – III и казахской белоголовой – IV) показали, что молодые бычки различались по массе тела в зависимости от их породы. Самый высокий среднесуточный прирост за весь возрастной период эксперимента с 8 до 16 месяцев был характерен для бычков III группы (972,5 г), что было на 11,01, 5,27 и 3,86% выше, чем в группах I, II и IV соответственно. Бычки этой группы имели более тяжелые туши по сравнению с другими группами. Однако бычки чистопородной калмыцкой породы имели лучшее качество мяса по сравнению с помесями. Бычки III группы превосходили своих аналогов по содержанию общего белка и его фракций. Установлены положительные корреляции между морфологическими и биохими-

ческими показателями крови и массой тела подопытных бычков. Изучены особенности формирования качественных показателей говядины, полученной от межпородного скрещивания КРС: ½ помеси (геррефордская × русская комолой), (казахская белоголовая × калмыцкая), (калмыцкая × абердин-ангусская) и (абердин-ангусская × симментальская) [21, 22].

В результате исследований по изучению влияния породной принадлежности бычков (русской комолой и калмыцкой породы типа Айта) на морфологический состав туш и биологическую ценность говядины установлено превосходство молодняка русской комолой породы по выходу туши на 1,03% и убойному выходу – на 0,93% в сравнении с аналогами калмыцкой породы и биологической ценности мяса [24].

В результате изучения взаимосвязи формирования минерального состава говядины с уровнем продуктивности бычков трех пород крупного рогатого скота (калмыцкой, казахской белоголовой и русской комолой) найдена положительная корреляция между содержанием макро- и микроэлементов в говядине и живой массой бычков трех пород крупного рогатого скота [23].

Расчетный коэффициент инбридинга по линиям Моряка 12054; Зиммера 7333 и Рапорта 1279 составил 1,35; 1,28 и 1,27%, что ниже в сравнении с линиями Боровика 7273; Стройного 2520; Резвого 2024 – на 0,12; 0,06 и 0,13%, а с линиями Манежа 7113; Блока 3218; Ягуара 253 – на 0,09; 0,21 и 0,18% соответственно. Полученные нами результаты более высокой степени инбридинга (умеренный) животных в хозяйствах НАО ПЗ «Кировский» и СПК «Плодовитое» по сравнению с ООО «Агрофирма «Адучи» подтверждают, что в них значительно меньшая ротация поголовья и возможно родственное либо близкородственное спаривание животных, что нежелательно. Установлено, что животные I опытной группы (линия Моряка) превосходили сверстников II (линия Зиммера) и III (линия Рапорта) групп по гематологическим и иммунобиологическим показателям. Бычки I группы превосходили своих аналогов II и III групп также по живой массе и абсолютным приростам. В результате проведения контрольного убоя подопытного молодняка установлено преимущество I группы. По массе и выходу мякоти II сорта бычки II и III группы превосходили аналогов I группы по первому показателю на 4,05 кг, или 5,22% ($P>0,99$) и 1,02 кг, или 1,37%, а по второму показателю – на 2,51 и 1,44% соответственно. По содержанию в говядине сухого вещества бычки I группы превосходили аналогов II и III групп на 0,25 и 0,40%, белка – на 0,20 и 0,43%, жира – на 0,04 и 0,10% соответственно. По микроструктуре все подопытные животные характеризуются довольно четким рисунком, ясно отделяются мышечные и жировые границы волокон, а также по содержанию саркоплазматических белков [24].

Научно обоснована и апробирована в условиях животноводческого предприятия эффективность промышленного скрещивания мясного, молочного и комбинированного крупного рогатого скота. По мере роста помесного молодняка различия в живой массе между группами увеличивались, но следует отметить, что бычки I и II групп имели наибольшую живую массу на протяжении всего опыта и убойные качества. Более высокий выход мякоти наблюдался у IV группы помесных быков – 85,6%, что на 0,7% больше, чем у быков I и II групп, и на 0,4% больше, чем у быков III группы. При сравнении со сверстниками II, III и IV групп она была выше у бычков I группы соответственно на 0,9, 2,8 и 3,1 кг. Мясной индекс также был выше у животных, принадлежащих к I группе. Они соответственно на 2,65, 3,24 и 3,38% превосходили по этому показателю аналоги II, III и IV групп. Результаты химического анализа репрезентативных средних проб показывают, что мясо бычков всех групп является физиологически зрелым [22].

Организовано создание банка ДНК экспериментальной группы бычков русской комолой породы. Выполнен отбор проб биоматериала от 100 голов крупного рогатого скота русской комолой породы (ООО «Волгодонагро», Светлоярский район, Волгоградская область; СПК племрепродуктор «Плодовитое», респ. Калмыкия). Согласно инструкциям производителей с использованием набора реагентов «К-Сорб» для выделения ДНК на микроколонках (НПФ «Синтол», Россия), набора для выделения и очистки ДНК из реакционных смесей Cleanup Mini (ЗАО «Евроген», Россия), набора для количественного определения двуцепочечной ДНК в растворе QuantiFluor(R) dsDNA System E2670 (ГК «Биом», Россия) сформирован банк высококонцентрированных образцов ДНК [52].

Проведено генотипирование экспериментальной группы бычков русской комолой породы по SNP-маркерам. С использованием набора Tersus Plus PCR kit (ЗАО «Евроген», Россия) согласно инструкции производителя выполнена амплификация ДНК-фрагментов методом PCR Real-time с целью идентификации полиморфизма гена нежности мяса, методом ПЦР-ПДРФ – генов соматотропина и рецептора меланокортина 4 [52].

Изучено влияние полиморфизма генов GH, MC4R и CAPN1 на откормочные и мясные качества бычков русской комолой породы, заволжского типа казахской белоголовой породы и заводского типа «Айта» калмыцкой породы крупного рогатого скота. GH: наиболее высокие показатели живой массы в 16 мес. наблюдались у животных с генотипом, гомозиготным по аллелю V. В сравнении с генотипом LL различия составили 21,9% ($P < 0,001$) и 15,2% ($P < 0,001$) для генотипов VV и VL соответственно в популяции А, 25,3% ($P < 0,001$) и 21,6% ($P < 0,001$) – в популяции Б русской комолой породы; 5,3% ($P < 0,01$) и 4,1% ($P < 0,05$) – в популяции В, 20,9% ($P < 0,01$) и 6,9% (ns) – в популяции Г казахской белоголовой породы; 12,2% ($P < 0,01$) и 9,9% ($P < 0,05$) – в популяции Д, 14,6% ($P < 0,001$) и 7,6% ($P < 0,05$) – в популяции Е калмыцкой породы. MC4R: во всех изучаемых группах животные с генотипом GG имели более высокое значение данного показателя в сравнении с генотипом, гомозиготным по аллелю С: на 23,8% ($P < 0,001$) у популяции А и 25,2% ($P < 0,001$) – у популяции Б русской комолой породы; на 7,3% ($P < 0,001$) – у популяции В казахской белоголовой (в популяции Г различия оказались статистически незначимыми); на 14,7% ($P < 0,001$) и 10,3% ($P < 0,001$) – у популяций Д и Е калмыцкой породы соответственно. При этом только в одной популяции из шести групп установлена достоверная разница по живой массе между гетерозиготным генотипом и генотипом CC: в популяции калмыцкой породы НАО ПЗ «Кировский» респ. Калмыкия – на 4,5% ($P < 0,05$). CAPN1: установлена положительная взаимосвязь гомозиготных генотипов с живой массой. Так, в сравнении с гетерозиготной формой, гомозиготные генотипы GG и CC обусловили различия в живой массе между группами соответственно на 13,9% ($P < 0,01$) и 20,2% ($P < 0,001$) в популяции А, на 13,6% ($P < 0,05$) и 19,3% ($P < 0,01$) – в популяции Б русской комолой породы; на 3,6% (ns) и 6,8% ($P < 0,001$) – в популяции В, на 6,9% (ns) и 21,5% ($P < 0,001$) – в популяции Г казахской белоголовой породы; на 6,6% (ns) и 16,0% ($P < 0,001$) – в популяции Д, на 6,1% ($P < 0,05$) и 11,6% ($P < 0,001$) – в популяции Е калмыцкой породы [52].

Оптимизированы температурные режимы ПЦР для определения полиморфизма генов CAPN1, GH, MC4R. Для оптимизации выбора наиболее оптимальных условий ПЦР (соотношение время-температура-количество циклов) были выбраны наиболее оптимальные режимы: GH: Денатурация 94 град – 45 с, отжиг 65 град – 45 с, элонгация 72 град – 45 с (35 циклов). Заключительный синтез: 72 град – 7 мин. MC4R: Денатурация 94 град – 30 с, отжиг 58 град – 30 с, элонгация 72 град – 30 с (35 циклов); Заключительный синтез: 72 град – 10 мин. CAPN1: отжиг 64 град – 40 с, элонгация 95 град – 20 с (40 циклов); Заключительный синтез: 72 град – 5 мин; г) 72 град – 7 мин. [52].

Разработаны рекомендации по совершенствованию селекционной работы племенных хозяйств на основе выявления взаимосвязи генетических маркеров с формированием продуктивных качеств крупного рогатого скота. GH: во всех популяциях частота аллеля V была ниже, чем аллеля L. При этом наиболее низкое значение установлено в популяции калмыцкой породы скота НАО ПЗ «Кировский» респ. Калмыкия, граничащего только с Астраханской областью. Малодербетовский район респ. Калмыкия, в котором находится СПК племзавод «Плодовитое», граничит также и с Волгоградской областью. Между популяциями казахской белоголовой породы более высокий показатель частоты встречаемости аллеля V в популяции СПК племзавода «Красный октябрь» Палласовского района Волгоградской области. Палласовский район граничит с респ. Казахстан, а Фроловский – находится в центральной части региона и приближен к Ростовской области. Значения частоты встречаемости аллеля V в двух популяциях русской комолой породы находились на одном уровне. Светлоярский район Волгоградской области (ООО «Волгодонагро») граничит с Малодербетовским районом респ. Калмыкия (СПК племзавод «Плодовитое»). Установленные между популяциями одной породы генотипические различия могут быть связаны с различ-

ными племенными ресурсами, используемыми в селекционной работе предприятий. Однако необходимо отметить, что выявленные различия незначительны. Между породами наиболее высокая частота встречаемости гомозиготного генотипа VV установлена в русской комолой породе, самая низкая – в калмыцкой [52].

MC4R: самая низкая частота встречаемости аллеля С выявлена в популяции русской комолой породы СПК племзавода «Плодовитое», в то время как наиболее высокое значение наблюдалось в этом же предприятии, но у популяции калмыцкой породы. Необходимо отметить, что в данном случае частота встречаемости аллеля С была выше частоты встречаемости аллеля G, тогда как в остальных популяциях аллель G преобладал. При этом максимальное различие между частотами аллелей С и G установлено в популяциях скота казахской белоголовой породы. В связи с этим, частота встречаемости гомозиготных по аллелю С генотипов у данных групп (В и Г) самая низкая (6-8%). CAPN1: характер распределения аллелей С и G между группами неоднородный. Так, в русской комолой породе отношение частоты встречаемости аллелей С:G составило 1:1, в то время как в калмыцкой породе – 1:2, а в казахской белоголовой – 1:4. Минимальное значение встречаемости аллеля С установлено в популяции казахской белоголовой породы СПК племзавода «Красный октябрь» Палласовского района Волгоградской области. Максимальное – в обеих популяциях русской комолой породы [52].

Учитывая разнородность генетической архитектуры изученных групп, взаимосвязь полиморфизма генов GH, MC4R и CAPN1 со способностью животных наращивать живую массу, в данных предприятиях рекомендовано вести селекционный отбор в направлении повышения гомозиготности по желательным генотипам у разводимого поголовья. Так, по гену соматотропина желательным является генотип VV; по гену рецептора меланокортина 4 – GG; по гену кальпаина – CC. Используя в разведении животных, у которых в результате выполненных исследований были выявлены желательные генотипы, можно улучшить показатели мясной продуктивности потомства. Сформулированы принципы эффективного использования установленных популяционных критериев отбора для интенсификации селекционного прогресса в генофондных популяциях [52].

Изучена эффективность новой пребиотической кормовой добавки при выращивании бычков калмыцкой породы. Установлено, что использование инновационной кормовой добавки положительно повлияло на гематологические показатели, иммунный статус и формирование мясной продуктивности.

Доказана также эффективность введения в рацион откармливаемых бычковновых йодосодержащих кормовых добавок для прижизненного обогащения говядины органической формой этого важнейшего микроэлемента [34, 41, 44, 56].

В результате изучения степени влияния новых пребиотических кормовых добавок Лактувет-1 и ЛактуСупер на экстерьерные показатели коров красной степной породы региональной популяции, молочную продуктивность лактирующих животных, качество молока и выработанных из него молочных продуктов подтверждена эффективность использования в кормлении испытываемых добавок [46].

Впервые научно обосновано, доказано и внедрено в условиях крупного молочного комплекса (более 3600 коров), что скармливание новой комплексной кормовой добавки (КД-БИШ) на основе минерального комплекса регионального происхождения (сухого бишофита) и сахарозы оптимально балансирует рацион коров, что приводит к повышению количественных и качественных показателей последующей лактации (рисунок 4). При этом использование испытываемой кормовой добавки в рационе коров в поздний сухостойный период позволяет улучшить здоровье лактирующих животных, что в целом обеспечивает более высокие продуктивные и экономические показатели.

Изучена продуктивная способность бычков при традиционной и интенсивной технологии выращивания. Основные показатели мясной продуктивности и их изменчивость у подопытных бычков в значительной степени обусловлены технологией выращивания. По результатам убоя провели выявление сопряженности предубойной массы с признаками мясной продуктивности у бычков, выращенных по различной технологии, а также коэффициентов регрессии между ними. Предубойная масса подопытных животных как традицион-

ного, так и интенсивного выращивания имеет высокую взаимосвязь с массой парной охлажденной туши, убойной массой, массой естественно-анатомических частей туши (спинно-реберный, поясничный, тазобедренный отрубы), массой мякоти, мышечной ткани, костей, хрящей и сухожилий, а также с живой массой при снятии с опыта (0,818-0,979 при $P>0,999$). По этим показателям можно достаточно точно определять вероятность изменения величины одного признака в зависимости от другого [51].



Рисунок 4 – Реализация скармливания новой комплексной кормовой добавки в условиях передового сельхозпредприятия

Figure 4 – Implementation of feeding a new complex feed additive in an advanced agricultural enterprise

Изучена эффективность применения нового препарата отечественного производства для лечения и профилактики заболеваний копытцев у коров в сравнении с эффективностью воздействия на проблемные участки ног животных раствора медного купороса в условиях современного комплекса по производству молока АО фирма «Агрокомплекс» им. Н. И. Ткачева Краснодарского края [37].

В результате изучения хозяйственно-биологических особенностей животных приволжского типа красно-пестрой породы установлена целесообразность разведения скота по линиям. При этом у животных линии Рефлекшн Соверинга 198998 жирность молока была выше по сравнению с коровами-первотелками линий Сейва 367060 и Ганновера 1629391 на 0,04 и 0,07%. Выявлено, что полученные от подопытных коров телочки линий Сейва 367060 и Ганновера 1629391 превосходили аналогов из линии Рефлекшн Соверинга 198998 по живой массе в возрасте 6 мес. на 14,2 и 5,3 кг, 12 мес. – на 8,2 ($P\leq 0,05$) и 1,9 кг ($P\leq 0,05$), 15 мес. – на 6,3 ($P\leq 0,01$) и 3,3 кг ($P\leq 0,05$), 18 мес. – на 33,9 ($P\leq 0,001$) и 11,4 кг ($P\leq 0,001$) соответственно [26].

При сравнительном анализе продуктивных и качественных показателей молочного производства промышленных комплексов СП «Донское» Волгоградской области и ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева» Ставропольского края были проанализированы продуктивные качества лактирующих коров, технология доения, физико-химические показатели и аминокислотный состав молока [54, 57].

С целью совершенствования селекционной работы по оптимизации качества молочного сырья и его сыропригодности были проведены исследования по генетической идентификации трех наиболее распространенных на Юге России пород коров (красно-пестрая, красная степная, черно-пестрая голштинская). Установлено, что молоко от коров генотипа ВВ имеет более высокие значения по показателю выхода сыра и коагуляционной способности под влиянием сычужного фермента [25, 58].

Изучены продуктивные качества овец сальской породы разных половозрастных групп и линий, разводимых в одном из ведущих племенных заводов мериносовых овец Российской Федерации ООО «Белозёрное» Сальского района Ростовской области. Изучены закономерности формирования генетической структуры популяций овец (волгоградской, калмыцкой курдючной, эдильбаевской пород), разводимых в специфических агроэкологических условиях юга РФ. На основании проведенных исследований разработаны рекомендации по совершенствованию селекционно-племенной работы при разведении овец региональных породных ресурсов. Выявлены закономерности влияния различных генетических и паратипических факторов на формирование количественных и качественных показателей получаемого сырья и функционально-технологические свойства производимой продукции животноводства. Изучены особенности формирования микронутриентного состава мяса калмыцких курдючных овец выводимого типа в сравнении с исходным типом по двум возрастным категориям.

Получены результаты научно-хозяйственного опыта по сравнительной характеристике особенностей роста, развития и формирования мясной продуктивности баранчиков исходного и нового типов калмыцкой курдючной породы. Установлено, что баранчики нового типа являются более скороспелыми, что выражается в более высокой динамике набора живой массы и более высоких убойных показателях.

Подготовлен пакет документов и отправлен на рассмотрение в Государственную комиссию РФ по испытанию и охране селекционных достижений для утверждения нового селекционного достижения.

Научно обоснованы молекулярно-генетические принципы эффективного использования генофонда овец породы советский меринос с целью повышения уровня и качества мясной продуктивности. Выявлены закономерности влияния различных генетических и паратипических факторов на формирование количественных и качественных показателей мериносовых овец, разводимых в условиях засушливых территорий юга России [25, 58].

Сформирована биоинформационная система данных, характеризующих мясную и откормочную продуктивность овец выводимых типов эдильбаевской и калмыцкой курдючной пород с учетом фено- и генотипического профиля особи; идентифицированы полиморфные варианты генов, отвечающих за формирование хозяйственно-полезных признаков овец выводимых типов эдильбаевской и калмыцкой курдючной пород; дана характеристика генетической архитектуры овец выводимых типов эдильбаевской и калмыцкой курдючной пород в сравнении с исходными формами и другими породами овец юга России. Учитывая разнородность генетической архитектуры изученных групп, взаимосвязь полиморфизма генов CAST, GDF9, GH и MC4R с хозяйственно-полезными признаками животных, в указанных предприятиях рекомендовано вести селекционный отбор в направлении повышения гетерозиготности потомства по желательным генотипам, используя в формировании родительских пар гомозиготных по различным аллелям особей (AA+BB). Мужские особи выведенных типов эдильбаевской и калмыцкой курдючной пород представлены на рисунке 5.



Рисунок 5 – Бараны нового и выводимого типов овец
Figure 5 – Rams of new and emerging types of sheep

Полученные новые результаты исследований полиморфизма генов у популяций овец сальской породы и породы советский меринос, разводимых в Ростовской области; овец карачаевской породы, выращиваемых в республике Кабардино-Балкария; овец волгоградской и эдильбаевской пород, разводимых в Волгоградской области, подтверждают взаимосвязи хозяйственно-полезных признаков у овец с наличием определенного генотипа, что обосновывает целесообразность отбора особей с учетом полиморфных форм генов [25, 58].

На основании проведенных исследований на базе ГНУ НИИММП были созданы 2 селекционных центра: по разведению русской комолой породы крупного рогатого скота и овец волгоградской породы (рисунок 6).



Рисунок 6 – Созданные по результатам исследований селекционные центры
Figure 6 – Breeding centers created based on research results

Изучено состояние естественных кормовых угодий в условиях СГЦ «Волгоград-Эдильбай». Разработаны рекомендации по режимам выпаса овцепоголовья и восстановлению пастбищных фитоценозов за счет коренного и поверхностного улучшения, подсева высокоурожайных агрофитоценозов из различных многолетних трав, что обеспечивает продуктивность не менее 2,0-2,5 т/га сухой поедаемой массы, самовозобновляемость и устойчивость к засухам [43].

Установлено, что применение в рационах кормления овец калмыцкой курдючной породы новой пребиотической кормовой добавки «Лактумин-1» в дозе 0,5% от массы концентрированного корма позволяет значительно повысить их продуктивность и убойные показатели. Введение кормовой добавки «Лактумин-1» способствовало стимуляции работы кровеносной системы и работы печени, о чем свидетельствует повышение показателей АСТ и АЛТ в сыворотке крови.

Проведена экспериментальная выработка колбасы копченой «Суджук» из мяса подопытных баранчиков. При дегустационной оценке (10 дегустаторами) отмечается насыщенный цвет на разрезе, высокая сочность, ароматный запах, насыщенный вкус, нежная консистенция. Средний дегустационный балл 88,7% (при оценке по 9 бальной школе) с незначительными различиями между группами [25, 58].

Впервые изучена эффективность использования различных норм ввода в рацион свиней на откорме подсолнечного полисахаридного экстракта. Увеличение в составе гранулы комбикорма количества испытуемого экстракта до 5% (во второй опытной группе) дало самый высокий результат по среднесуточному приросту живой массы. Затраты корма на 1 кг прироста живой массы свиней за период откорма к моменту убоя в контрольной группе составили $5,24 \pm 0,03$ кг, что выше аналогичного показателя свиней первой и второй опытной группы на 3,63% ($P < 0,001$) и 8,21% ($P < 0,001$) соответственно. Включение в состав гранулы комбикорма свиней на откорме испытуемого экстракта и молочной сыворотки в количестве 3% для свиней первой опытной группы и 5% для свиней второй опытной группы способствовало усилению обменных процессов в организме животных, переваримости корма, улучшению гематологических и биохимических показателей крови, повышению убойного выхода мышечной и жировой ткани [35].

Получены результаты изучения влияния новой бифидогенной кормовой добавки «Лакту-Супер» на хозяйственно-полезные и интерьерные показатели организма свиней на откорме. Установлено, что скормливание исследуемой кормовой добавки животным повысило продуктивные качества, уровень естественной резистентности и иммунологический статус их организма [39].

Научно обоснована и экспериментально подтверждена эффективность использования зерна амаранта отдельно и в сочетании с ферментным препаратом в рационе цыплят-бройлеров. Установлен синергический эффект тепловой обработки и добавления ферментного препарата на содержание обменной энергии в зерне амаранта. Изучена эффективность влияния новой пребиотической кормовой добавки, а также кормового шрота из семян льна с добавлением сухих томатных и виноградных выжимок на интенсивность яйцекладки, качество пищевых яиц и активность ферментов антиоксидантного статуса кур-несушек 2-й фазы продуктивности [29, 30, 33].

Экспериментальные исследования показали, что зерно амаранта положительно влияет на качественные характеристики яиц, способствует снижению содержания холестерина в желтке и в то же время улучшает состояние здоровья кур-несушек. Кроме того, добавление ферментной смеси позволило скормливать до 10% RAG в рационе, привело к оптимальному балансу между продуктивностью опытного поголовья и благотворным воздействием RAG [29, 30, 33].

В результате исследований по изучению эффективности использования в рационе кормления цыплят-бройлеров кросса «Росс-308» нового кормового средства – подсолнечного полисахаридного экстракта гранулированного с использованием свежей молочной сыворотки – установлено, что затраты корма на 1 кг прироста контрольной группы превышал затраты корма на 1 кг прироста 1 группы на 1,94% ($P < 0,05$), и выше затрат корма цыплят 2 группы на 2,60% ($P < 0,01$). Потребление корма в физическом объеме цыплятами 1 опытной группы было на 2,4%, а 2 опытной группы на – 3,5% выше потребления корма цыплятами контрольной группы. Цыплята 1 опытной группы превосходили по живой массе к концу откорма контрольную группу на 3,76%, 2 опытной группы – на 4,88% ($P < 0,001$). По итогам выполненных исследований разработаны рекомендации.

В результате исследований по изучению эффективности использования в рационе кормления кур-несушек кросса «Хайсекс Коричневый» нового кормового средства – подсолнечного полисахаридного экстракта гранулированного с использованием свежей молочной сыворотки – установлено, что в I-III опытных группах наблюдалось увеличение выхода инкубационных яиц соответственно на 88, 239 и 149 шт. относительно контроля, интенсивности яйценоскости кур – на 0,65; 1,35 и 0,77%, конверсии корма на единицу яичной массы – на 0,03; 0,07 и 0,05 кг. У несушек опытных групп зафиксировано повышение гематологического и иммунного статуса [43].

Доказано, что использование мелкодисперсной обработки яиц перед закладкой и суточных цыплят за час перед выборкой из выводных лотков, через аэрозольный генератор методом холодного тумана микрочастицами нового пребиотического препарата 0,5% концентрации, благотворно влияет на развитие эмбрионов на всех этапах инкубации и оказывает существенное влияние на сохранность поголовья цыплят и прирост живой массы в течение первых двух недель стартового периода откорма [53].

Получены результаты исследований по изучению влияния тыквенных, подсолнечных фосфатидов и бишофита в рационе кур-несушек на хозяйственно-биологические показатели, гематологический и иммунный статус птицы кросса Хайсекс Браун (по 60 голов в группе в период с 20 по 38 недель жизни (1 фаза яйценоскости). Установлено достоверное увеличение продуктивности кур всех опытных групп на 2,00-3,94%, ($P < 0,001$), при этом наибольшее значение достигнуто в группе с добавлением в рацион подсолнечных фосфатидов и бишофита. Добавка тыквенных фосфатидов в корм несушек способствовала максимальному увеличению массы снесенного яйца относительно контроля: на 2,7 г (4,38%). Установлено положительное влияние фосфатидов и бишофита на морфологические и биохимические показатели крови, интенсивность обменных процессов. Исследуемые кормовые добавки способствовали укреплению гуморального естественного иммунитета. Наилучшие хозяйственно-биологические показатели несушек были достигнуты при добавлении в их корм подсолнечных фосфатидов в сочетании с бишофитом [31].

Установлено, что зерно амаранта обладает ценными питательными и биологически активными свойствами, может быть использовано в кормлении кур как в сыром, так и обработанном виде при низком уровне ввода в рацион (5 и 10%) и способствует улучшению здоровья птицы, производству яиц с низким содержанием холестерина и триглицеридов без негативного влияния на коэффициент конверсии корма (FCR) и физико-химические свойства яиц. Таким образом, использование зерна амаранта в изученных количествах в рационе кур-несушек может улучшить здоровье птицы и повысить качество производимых яиц [29, 30, 33, 40].

В результате изучения влияния рационов с добавлением сорго и нута на иммунный статус, зоотехнические и гематологические показатели кур-несушек установлено, что замена зерновой части рациона кур-несушек сорго и нутот активизировала секреторную деятельность организма, улучшила переваримость и усвоение питательных веществ корма, показатели сохранности птицы, экономии корма, яйценоскости и иммунный статус, биохимический и морфологический составы крови [40].

Дано научное обоснование целесообразности и разработаны практические рекомендации по использованию амарантового жмыха для повышения продуктивности и качества цыплят племенной яичной птицы [29, 30, 33].

Разработаны рекомендации по совершенствованию системы кормопроизводства, кормоприготовления и нормированного кормления сельскохозяйственных животных, выращиваемых в агроэкологических условиях ЮФО, с целью создания условий, обеспечивающих наиболее полное проявление их генетического потенциала и получение экологически безопасной продукции [43]. Экспериментально доказано варьирование урожайности сухой поедаемой массы между контрольным вариантом естественных пастбищ и опытными участками испытываемых трав. Среди испытываемых трав наиболее высокую урожайность показал эспарцет песчаный (III экспериментальный участок), которая составила 2,43 т/га сухой поедаемой массы. Превышение данного показателя относительно II экспериментального участка (житняк пустынный) составило 7,05%, I экспериментального участка (волоснец ситниковый) – 18,54%, IV экспериментального участка (пырей удлиненный) – 28,57%, а относительно контрольного участка (естественное разнотравье) увеличение урожайности составило 3,4-4,3 раза, в зависимости от вида испытываемых трав [43].

На основе полученного животноводческого сырья разработаны научно-обоснованные технологии новых видов продуктов питания, в том числе функционального, лечебно-профилактического и диетического назначения для различных групп населения: мясной продукт функционального назначения на основе филе мяса кур и индейки, хитозана пищевого и витаминно-минерального комплекса «Компливит»; рецептура и технологическая схема ветчины вареной геродиетической направленности с повышенным содержанием белка, с включением говядины и мяса цыплят-бройлеров; технология пельменей с

использованием говядины, свинины и нутовой муки, что позволяет увеличить содержание белка в полуфабрикатах на 2,2% и обогатить их необходимыми микроэлементами; технология мясного изделия на основе мяса овец региональных пород с включением свекольного бетаина, съедобной жимолости и кедрового шрота, что позволяет выпускать продукт с повышенной пищевой и биологической ценностью (рисунок 7).



Рисунок 7 – Новые виды продуктов питания, созданные посредством применения инновационных научно-обоснованных технологий

Figure 7 – New types of food products created through the use of innovative science-based technologies

Заключение. Инновационные разработки, приведенные выше, позволяют адресно для сельхозпроизводителей южных регионов России разрабатывать, апробировать и внедрять в производство новые технологические решения по оптимизации селекционно-племенной работы, улучшению зооигиенических условий содержания и кормления, использованию балансирующих добавок и биологически активных компонентов, что позволяет производить качественную продукцию животноводства и птицеводства, обеспечивает возможность конкурировать с зарубежными производителями и экспортировать собственную продукцию. Стоит отметить, что выполненные работы соответствуют современному мировому уровню и получают широкое применение в исследованиях по животноводству, зоотехнии, производстве и переработке продукции животноводства и птицеводства. Полученные результаты способствуют решению конкретных задач, сформулированных в Стратегии НТР РФ.

Conclusions. The innovative developments given above allow agricultural producers in the southern regions of Russia to develop, test and introduce into production new technological solutions to optimize selection and breeding work, improve zoohygienic conditions of keeping and feeding, use balancing additives and biologically active components, which allows the production of high-quality livestock and poultry products, provides the opportunity to compete with foreign manufacturers and export their own products. It is worth noting that the work performed corresponds to the modern world level and is widely used in research in animal husbandry, animal science, production and processing of livestock and poultry products. The results obtained contribute to the solution of specific tasks formulated in the Strategy for Scientific and Technical Development of the Russian Federation.

Библиографический список

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. Москва: РОСИНФОРМАГРО-ТЕХ, 2020. 26 с.
2. Ларичева К. Н. Применение кластерного метода для обоснования мероприятий по организации альтернативного охотничьего промысла и решения проблем АПК. Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. 2015. № 3-1 (86). С. 103-107.
3. Ушачев И. Г. Стратегические направления устойчивого социально-экономического развития АПК России. Прикладные экономические исследования. 2018. № 2 (24). С. 4-8.
4. Шахова Е. А. Сценарии развития отраслей АПК в условиях реализации Национального проекта. Пищевая промышленность. 2006. № 8. С. 24-27.
5. Сёмин А. Н., Карпов В. К. Продовольственная безопасность России: современные проблемы и новые возможности. Агропродовольственная политика России. 2014. № 6. С. 5-8.
6. Усенко Л. Н., Чепик А. Г. Новая аграрная парадигма: роль индустриальных и промышленных методов хозяйствования в повышении эффективности АПК регионов России. Учет и статистика, 2017. № 2 (46). С. 120-133.
7. Сутыгина А. И. Национальная продовольственная независимость в условиях кризиса. Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 6. С. 2-8.
8. Кониная Е. А., Рыжкова О. И., Доронина С. А. Структурные изменения аграрного производства регионов Приволжского федерального округа. Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 11. С. 81-87.
9. Рыжкова О. И., Гоголев И. М., Доронина С. А. Производственно-экономическая оценка конкурентных позиций сельских товаропроизводителей на региональном агропродовольственном рынке. Менеджмент: теория и практика. 2023. № 1-2. С. 9-16.
10. Сёмин А. Н., Гоголев И. М., Марковина Е. В., Доронина С. А. Региональные особенности структурных изменений развития животноводства. Агропродовольственная политика России. 2024. № 1. С. 15-20.
11. Усенко Л. Н. Роль Южного федерального округа в обеспечении продовольственной безопасности страны. Никоновские чтения. 2014. № 19. С. 90-92.
12. Оборин М. С. Повышение продовольственной безопасности Южного федерального округа. Региональная экономика. Юг России. 2020. Т. 8. № 2. С. 148-157.
13. Сельское хозяйство в России. 2023: стат. сб. М.: Росстат, 2023. 103 с.
14. Абашкин В. Л., Абдрахманова Г. И., Вишневский К. О., Гохберг Л. М. и др. Индикаторы цифровой экономики: 2024: статистический сборник. М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. 276 с.
15. Холодова М. А. Прогнозные параметры развития аграрного сектора экономики ЮФО в условиях реализации экспортно-ориентированной стратегии. Вестник Донского государственного аграрного университета. 2019. № 1-1 (31). С. 74-81.
16. Семеко Г. В. Мировой продовольственный рынок: современные вызовы и перспективы. Экономические и социальные проблемы России. 2023. № 1. С. 19-43.
17. Яковенко Н. А., Иваненко И. С. Возможности и ограничения развития рынка мяса и мясной продукции России в условиях санкционного давления. Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24. № 4. С. 567-578.
18. Усенко Л. Н., Тарасов А. Н., Дробин Ю. Д. Прогнозы и оценки роли малого предпринимательства в развитии агропродовольственного сектора российской экономики: постпандемический синдром. Научные труды Вольного экономического общества России. 2020. Т. 223. № 3. С. 457-467.
19. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Карпенко Е. В. и др. Русская комолая: история создания, современное состояние и перспективы развития. Волгоград: Общество с ограниченной ответственностью "СФЕРА", 2023. 126 с.
20. Anisimova E., Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Nikolaev D., Mosolova D., Mosolova N. Heterozygosity as a Factor of Increasing the Meat Productivity of Kalmyk Steers. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 2023. No 75. Pp. 137-146.
21. Gorlov I. F., Kaidulina A. A., Grishin V. S., Tkachenkova N. A., Grebennikova J. D., Chernikov E. V., Lazareva E. Y. Efficiency of industrial crossing of meat, dairy and combined cattle. E3S Web of Conferences. 2023. No 390. P. 02046.
22. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Анисимова Е. Ю. и др. Взаимосвязь минерального состава говядины и продуктивности бычков разных генотипов. Зоотехния. 2023. № 5. С. 15-19.
23. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Николаев Д. В. и др. Влияние породной принадлежности бычков на морфологический состав туш и биологическую ценность говядины. Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 2. С. 22-25.
24. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Анисимова Е. Ю. и др. Повышение продуктивного потенциала породных ресурсов крупного и мелкого рогатого скота Юга России на основе современных методов селекции. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 3. С. 76-82.
25. Скачков Д. А., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И. и др. Хозяйственно-биологические особенности животных Приволжского типа красно-пестрой породы. Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 4. С. 25-29.
26. Церенов И. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И. и др. Экстерьерные и продуктивные особенности баранчиков калмыцкой курдючной породы нового типа. Овцы, козы, шерстяное дело. 2023. № 1. С. 3-6.
27. Горлов И., Карпенко Е., Сложенкина А., Мосолова Д. Эффективность селекции бычков. Животноводство России. 2023. № 2. С. 40-42.

28. Kianfar R., Di Rosa A.R., Divari N., Janmohammadi H., Hosseintabar-Ghasemabad B., Oteri M., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mosolov A. A., Seidavi A. A. Comparison of the Effects of Raw and Processed Amaranth Grain on Laying Hens' Performance, Egg Physicochemical Properties, Blood Biochemistry and Egg Fatty Acids. *Animals*. 2023. No 13 (8) P. 1394.
29. Janmohammadi H., Hosseintabar-Ghasemabad B., Oliyai M., Alijani S., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mosolov A. A., Suarez Ramirez L., Seidavi A., Laudadio V., et al. Effect of Dietary Amaranth (*Amaranthus hybridus chlorostachys*) Supplemented with Enzyme Blend on Egg Quality, Serum Biochemistry and Antioxidant Status in Laying Hens. *Antioxidants*. 2023. No 12 (2). P. 456.
30. Горлов И. Ф., Калинина Н. В., Рудковская А. В. и др. Влияние фосфатидов и бишофита на зоотехнические показатели, гематологический и иммунный статус кур-несушек кросса Хайсекс Браун. *Птицеводство*. 2023. № 6. С. 19-26.
31. Хорошевская Л. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И. и др. Внедрение новой технологии производства комбикорма с включением кормового полисахаридного экстракта. *Ветеринария и кормление*. 2023. № 4. С. 80-83.
32. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Хорошевская Л. В. и др. Использование амарантового жмыха для повышения продуктивности и качества цыплят племенной яичной птицы. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2023. № 2. С. 56-60.
33. Гиро М. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И. и др. Использование йодсодержащих кормовых добавок при производстве говядины. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2023. № 1 (69). С. 434-441.
34. Горлов И. Ф., Хорошевская Л. В., Сложенкина М. И. и др. Новые технологии производства свинины с включением кормового полисахаридного экстракта. *Свиноводство*. 2023. № 3. С. 55-60.
35. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Хорошевская Л. В. и др. Эффективность использования новой кормовой добавки в поздний сухостойный период коров. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2023. № 1 (69). С. 322-332.
36. Ряднов А. А., Горлов И. Ф., Хорошевская Л. В. и др. Эффективность применения нового препарата для лечения и профилактики патологий копыт у коров в условиях промышленных технологий производства молока. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2023. № 2 (70). С. 379-385.
37. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Николаев Д. В. и др. Влияние лактулозосодержащей кормовой добавки на мясную продуктивность баранчиков калмыцкой курдючной породы и качество копченых колбас. *Овцы. Козы. Шерстяное дело*. 2023. № 2. С. 46-51.
38. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Мосолов А. А. и др. Влияние новой пребиотической кормовой добавки на естественную резистентность и продуктивность свиней крупной белой породы. *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2023. № 3 (67). С. 36-41.
39. Горлов И. Ф., Калинина Н. В., Сложенкина М. И., Струк Е. А., Струк А. Н., Дробязко О. Ю. Влияние новых видов кормов из местных растительных ресурсов на иммунный статус, зоотехнические и гематологические показатели кур-несушек. *Животноводство и кормопроизводство*. 2023. Т. 106. № 1. С. 203-214.
40. Горлов И. Ф., Николаев Д. В., Мирошник А. С. и др. Влияние органического йода на мясную продуктивность скота казахской белоголовой породы. *Развитие животноводства основа продовольственной безопасности: материалы Национальной конференции*. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2023. С. 32-36.
41. Хорошевская Л. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Абраменко Е. Г. Внедрение технологии полной переработки побочных продуктов свеклосахарного и молочно-перерабатывающего производств. *Эффективное животноводство*. 2023. № 3(185). С. 46-50.
42. Карпенко Е. В., Мосолов А. А., Громова А. О. Восстановление пастбищ, обедненных растительным покровом, засушливых регионов Нижнего Поволжья. *Аграрно-пищевые инновации*. 2023. № 1 (21). С. 32-41.
43. Гиро М. В., Горлов И. Ф., Обрушников Л. Ф. и др. Инновационные подходы к прижизненному обогащению мясного сырья йодом для производства функциональных продуктов питания. *Перспективы устойчивого развития аграрно-пищевых систем на основе рационального использования региональных генетических и сырьевых ресурсов: материалы Международной научно-практической конференции*. Волгоград: ООО "СФЕРА", 2023. С. 95-98.
44. Струк Е. А., Струк А. Н., Комарова З. Б. и др. Использование нового вида кормового ресурса в рационах кур родительского стада кросса «Хайсекс коричневый». *Аграрно-пищевые инновации*. 2023. № 1 (21). С. 53-70.
45. Обрушников Л. Ф., Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Николаев Д. В., Суркова С. А., Брехова С. А. Экстерьерные особенности, молочная продуктивность и качество молока коров красной степной породы при использовании в рационах новых пребиотических кормовых добавок. *Животноводство и кормопроизводство*. 2023. Т. 106. № 2. С. 63-74.
46. Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Сеидави А. Перспективные направления научных исследований в области производства и переработки животноводческой продукции. *Аграрно-пищевые инновации*. 2020. № 3 (11). С. 22-34.
47. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Алиреза С. Генетические ресурсы сельскохозяйственных животных, разводимых в южных регионах и их развитие. *Перспективы развития аграрно-пищевых технологий в условиях Прикаспия и сопредельных территорий: материалы конференции*. Волгоград: Общество с ограниченной ответственностью "СФЕРА", 2021. С. 10-24.
48. Горлов И. Ф. Инновационные аграрно-пищевые технологии как основа развития АПК России. *Аграрно-пищевые инновации*. 2018. № 1 (1). С. 7-12.

49. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Николаев Д. В. и др. Влияние породной принадлежности на мясную продуктивность бычков и биологическую ценность получаемой от них говядины. Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 3. С. 56-68.

50. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Николаев Д. В. и др. Взаимосвязь мясной продуктивности и предубойной массы бычков в зависимости от интенсивности выращивания. Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 6. С. 38-41.

51. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Анисимова Е. Ю. и др. Полиморфизм генов GH, MC4R и CAPN1 у южных популяций крупного рогатого скота мясных пород и влияние на живую массу. Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 3. С. 21-34.

52. Хорошевская Л. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И. и др. Современные подходы к повышению качества суточного молодняка, полученного из яиц мясных кур в конце продуктивного периода и при длительном сроке их хранения. Птицеводство. 2023. № 4. С. 60-66.

53. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Мосолова Н. И. и др. Физико-химические показатели молока, произведенного в условиях промышленной технологии. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 360-368.

54. Горлов И. Ф., Шахбазова О. П., Раджабов Р. Г. Корреляционный анализ между продуктивными и биохимическими показателями при производстве говядины. Современное состояние и приоритетные направления развития аграрной экономики в условиях геополитических и геоэкономических противостояний: материалы международной научно-практической конференции. Персиановский: Донской государственный аграрный университет, 2023. С. 29-32.

55. Горлов И. Ф., Гиро М. В. Продукты питания, обогащенные йодом, как фактор улучшения здоровья женщин репродуктивного возраста. Проблемы женского здоровья от пубертата до менопаузы: материалы I международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов. Волгоград: ООО "СФЕРА", 2023. С. 307-312.

56. Хорошевская Л. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И. и др. Эффективность современных технологий производства молочной продукции на современных молочных комплексах. Эффективное животноводство. 2023. № 6 (188). С. 69-71.

57. Широкова Н. В., Сложенкина М. И., Анисимова Е. Ю., Горлов И. Ф. Хозяйственно-биологические особенности и рациональное использование овец разного генетического потенциала в условиях юга России. Волгоград: ООО "Сфера", 2021. 140 с.

References

1. Doctrine of food security of the Russian Federation. Moscow: ROSINFORMAGROTECH, 2020. 26 p.
2. Laricheva K. N. The application of cluster method of justification of activities for the alternative hunting and problem solving of agroindustrial complex. Vestnik NOVSI. 2015. No 3-1 (86). Pp. 103-107.
3. Ushachev I. G. Strategic directions of sustainable socio-economic development of the Russian agricultural. Applied Economic Researches. 2018. No 2 (24). Pp. 4-8.
4. Shakhova E. A. Scenarios of the agroindustrial complex development under conditions of national project realization. Food Industry. 2006. No 8. Pp. 24-27.
5. Semin A. N., Karpov V. K. Food security of Russia: modern problems and new opportunities. Agricultural policy of Russia. 2014. No 6. Pp. 5-8.
6. Usenko L. N., Chepik A. G. New agricultural paradigm: the role of industrial and industrial management methods in increasing the efficiency of the agro-industrial complex of Russian regions. Accounting and Statistics, 2017. No 2 (46). Pp. 120-133.
7. Sutygina A. I. National food independence in crisis conditions. Economics of Agriculture of Russia. 2020. No 6. Pp. 2-8.
8. Konina E. A., Ryzhkova O. I., Doronina S. A. Structural changes in agricultural production in the regions of the Volga Federal District. Agricultural Economics of Russia. 2023. No 11. Pp. 81-87.
9. Ryzhkova O. I., Gogolev I. M., Doronina S. A. Production and economic assessment of the competitive positions of rural commodity producers in the regional agro-food market. Management: theory and practice. 2023. No 1-2. Pp. 9-16.
10. Semin A. N., Gogolev I. M., Markovina E. V., Doronina S. A. Regional features of structural changes in the development of livestock farming. Agricultural Policy of Russia. 2024. No 1. Pp. 15-20.
11. Usenko L. N. The role of the Southern Federal District in ensuring the country's food security. Nikon readings. 2014. No 19. Pp. 90-92.
12. Oborin M. S. Increasing food security of the Southern Federal District. Regional Economics. South of Russia. 2020. V. 8. No 2. Pp. 148-157.
13. Agriculture in Russia. 2023: Statistical collection. M.: Rosstat, 2023. 103 p.
14. Abashkin V. L., Abdrakhmanova G. I., Vishnevsky K. O., Gokhberg L. M., et al. Indicators of the digital economy: 2024: statistical collection. M.: ISSEZ HSE, 2024. 276 p.
15. Kholodova M. A. Forecast parameters for the development of the agricultural sector of the economy of the Southern Federal District in the context of the implementation of an export-oriented strategy. Bulletin of the Don State Agrarian University. 2019. No 1-1(31). Pp. 74-81.
16. Semeko G. V. World food market: modern challenges and prospects. Economic and social problems of Russia. 2023. No 1. Pp. 19-43.
17. Yakovenko N. A., Ivanenko I. S. Opportunities and limitations for the development of the market of meat and meat products in Russia in the conditions of sanctions pressure. Agrarian Bulletin of the Urals. 2024. V. 24. No 4. Pp. 567-578.

18. Usenko L. N., Tarasov A. N., Drobin Yu. D. Forecasts and assessments of the role of small business in the development of the agri-food sector of the Russian economy: post-pandemic syndrome. Scientific works of Volny economic society of Russia. 2020. V. 223 No 3. Pp. 457-467.
19. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Karpenko E. V., et al. Russian Komolaya: history of creation, current state and development prospects. Volgograd: Limited Liability Company "SPHERE", 2023. 126 p.
20. Anisimova E., Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Nikolaev D., Mosolova D., Mosolova N. Heterozygosity as a Factor of Increasing the Meat Productivity of Kalmyk Steers. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 2023. No 75. Pp. 137-146.
21. Gorlov I. F., Kaidulina A. A., Grishin V. S., Tkachenkova N. A., Grebennikova J. D., Chernikov E. V., Lazareva E. Y. Efficiency of industrial crossing of meat, dairy and combined cattle. E3S Web of Conferences. 2023. No 390. P. 02046.
22. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Anisimova E. Yu., et al. The relationship between the mineral composition of beef and the productivity of bulls of different genotypes. Zootechniya. 2023. No 5. Pp. 15-19.
23. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Nikolaev D. V., et al. The influence of the breed of bulls on the morphological composition of carcasses and the biological value of beef. Dairy and meat cattle breeding. 2023. No 2. Pp. 22-25.
24. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Anisimova E. Yu., et al. Increasing the productive potential of breed resources of large and small ruminant cattle in the South of Russia based on modern selection methods. Bulletin of Russian Agricultural Science. 2023. No 3. Pp. 76-82.
25. Skachkov D. A., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., et al. Economic and biological characteristics of animals of the Volga type of the red-motley breed. Dairy and meat cattle breeding. 2023. No 4. Pp. 25-29.
26. Tserenov I. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., et al. Exterior and productive features of Kalmyk fat-tailed rams of a new type. Sheep, goats, wool business. 2023. No 1. Pp. 3-6.
27. Gorlov I. F., Karpenko E., Slozhenkina A., Mosolova D. Efficiency of selection of bulls. Animal husbandry of Russia. 2023. No 2. Pp. 40-42.
28. Kianfar R., Di Rosa A.R., Divari N., Janmohammadi H., Hosseintabar-Ghasemabad B., Oteri M., Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Mosolov A.A., Seidavi A.A. Comparison of the Effects of Raw and Processed Amaranth Grain on Laying Hens' Performance, Egg Physicochemical Properties, Blood Biochemistry and Egg Fatty Acids. Animals. 2023. No 13(8). P. 1394.
29. Janmohammadi H., Hosseintabar-Ghasemabad B., Oliyai M., Alijani S., Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Mosolov A.A., Suarez Ramirez L., Seidavi A., Laudadio V. et al. Effect of Dietary Amaranth (*Amaranthus hybridus* chlorostachys) Supplemented with Enzyme Blend on Egg Quality, Serum Biochemistry and Antioxidant Status in Laying Hens. Antioxidants. 2023. No 12 (2). P. 456.
30. Gorlov I. F., Kalinina N. V., Rudkovskaya A. V., et al. The influence of phosphatides and bischofite on zootechnical parameters, hematological and immune status of laying hens of the Hisex Brown cross. Poultry farming. 2023. No 6. Pp. 19-26.
31. Khoroshevskaya L. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., et al. Introduction of a new technology for the production of compound feed with the inclusion of a feed polysaccharide extract. Veterinary and feeding. 2023. No 4. Pp. 80-83.
32. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Khoroshevskaya L. V., et al. The use of amaranth cake to increase the productivity and quality of breeding chickens. Bulletin of Russian Agricultural Science. 2023. No 2. Pp. 56-60.
33. Giro M. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., et al. The use of iodine-containing feed additives in the production of beef. News of the Lower Volga Agricultural University Complex: Science and higher professional education. 2023. No 1 (69). Pp. 434-441.
34. Gorlov I. F., Khoroshevskaya L. V., Slozhenkina M. I., et al. New technologies for the production of pork with the inclusion of a feed polysaccharide extract. Pig breeding. 2023. No 3. Pp. 55-60.
35. Gorlov I. F., Khoroshevskaya L. V., Slozhenkina M. I., et al. The effectiveness of using a new feed additive in the late dry period of cows. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. No 1 (69). Pp. 322-332.
36. Ryadnov A. A., Gorlov I. F., Khoroshevskaya L. V., et al. The effectiveness of using a new drug for the treatment and prevention of hoof pathologies in cows under industrial milk production technologies. Izvestia Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher professional education. 2023. No 2 (70). Pp. 379-385.
37. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Nikolaev D. V., et al. The influence of lactulose-containing feed additive on the meat productivity of Kalmyk fat-tailed sheep and the quality of smoked sausages. Sheep. Goats. Wool business. 2023. No 2. Pp. 46-51.
38. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mosolov A. A., et al. The influence of a new prebiotic feed additive on the natural resistance and productivity of large white breed pigs. Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2023. No 3 (67). Pp. 36-41.
39. Gorlov I. F., Kalinina N. V., Slozhenkina M. I., et al. The influence of new types of feed from local plant resources on the immune status, zootechnical and hematological parameters of laying hens. Animal husbandry and feed production. 2023. V. 106. No. 1. Pp. 203-214.
40. Gorlov I. F., Nikolaev D. V., Miroshnik A. S., et al. The influence of organic iodine on the meat productivity of Kazakh white-headed breed cattle. Development of livestock farming is the basis of food security: materials of the National Conference. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2023. Pp. 32-36.
41. Khoroshevskaya L. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Abramenko E. G. Introduction of technology for complete processing of by-products of beet sugar and dairy processing industries. Effective animal husbandry. 2023. No 3 (185). Pp. 46-50.

42. Karpenko E. V., Mosolov A. A., Gromova A. O. Restoration of pastures depleted in vegetation cover in the arid regions of the Lower Volga region. *Agricultural and food innovations*. 2023. No 1 (21). Pp. 32-41.
43. Giro M. V., Gorlov I. F., Obrushnikova L. F., et al. Innovative approaches to intravital enrichment of raw meat with iodine for the production of functional food products. Prospects for the sustainable development of agrarian and food systems based on rational use of regional genetic and raw materials resources: Materials of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd: Limited Liability Company "SPHERE", 2023. Pp. 95-98.
44. Struk E. A., Struk A. N., Komarova Z. B., et al. The use of a new type of feed resource in the diets of chickens of the parent flock of the "Hisex Brown" cross. *Agricultural and food innovations*. 2023. No 1 (21). Pp. 53-70.
45. Obrushnikova L. F., Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Nikolaev D. V., Surkova S. A., Brekhova S. A. Exterior features, milk productivity and quality of milk of red steppe cows when using new prebiotic feed additives in diets. *Animal husbandry and feed production*. 2023. V. 106. No. 2. Pp. 63-74.
46. Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Seidavi A. Promising directions of scientific research in the field of production and processing of livestock products. *Agricultural and food innovations*. 2020. No 3 (11). Pp. 22-34.
47. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Alireza S. Genetic resources of agricultural animals bred in the southern regions and their development. Prospects for the development of agricultural and food technologies in the Caspian region and adjacent territories: Conference materials. Volgograd: Limited Liability Company "SPHERE", 2021. Pp. 10-24.
48. Gorlov I. F. Innovative agri-food technologies as the basis for the development of the Russian agro-industrial complex. *Agricultural and food innovations*. 2018. No 1 (1). Pp. 7-12.
49. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Nikolaev D. V., et al. The influence of breed on the meat productivity of bulls and the biological value of the beef obtained from them. *Animal husbandry and feed production*. 2022. V. 105. No 3. Pp. 56-68.
50. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Nikolaev D. V., et al. The relationship between meat productivity and pre-slaughter weight of bulls depending on the intensity of rearing. *Dairy and meat cattle breeding*. 2022. No 6. Pp. 38-41.
51. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Anisimova E. Yu., et al. Polymorphism of the GH, MC4R and CAPN1 genes in southern populations of beef cattle and the effect on live weight. *Animal husbandry and feed production*. 2023. V. 106. No 3. Pp. 21-34.
52. Khoroshevskaya L. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., et al. Modern approaches to improving the quality of day-old young animals obtained from meat chicken eggs at the end of the productive period and with a long shelf life. *Poultry farming*. 2023. No 4. Pp. 60-66.
53. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mosolova N. I., et al. Physico-chemical indicators of milk produced under industrial technology. *News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2023. No 1 (69). Pp. 360-368.
54. Gorlov I. F., Shakhbazova O. P., Radzhabov R. G. Correlation analysis between productive and biochemical indicators in beef production. Current state and priority directions of development agrarian economy in conditions of geopolitical and geo-economic contradictions: materials of the international scientific and practical conference. *Persianovsky: Don State Agrarian University*, 2023. Pp. 29-32.
55. Gorlov I. F., Giro M. V. Food products enriched with iodine as a factor in improving the health of women of reproductive age. Problems of women's health from puberty to menopause: Materials of the 1st international scientific-practical conference of young scientists and students. Volgograd: Limited Liability Company "SPHERE", 2023. Pp. 307-312.
56. Khoroshevskaya L. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., et al. The effectiveness of modern technologies for the production of dairy products on modern dairy complexes. *Effective animal husbandry*. 2023. No 6 (188). Pp. 69-71.
57. Shirokova N. V., Slozhenkina M. I., Anisimova E. Yu., Gorlov I. F. Economic and biological characteristics and rational use of sheep of different genetic potential in the south of Russia. Volgograd: Limited Liability Company "Sfera", 2021. 140 p.

Информация об авторах

Горлов Иван Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 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), ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Сложеникина Марина Ивановна, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, директор ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), профессор кафедры «Технологии пищевых производств» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28), ORCID: 0000-0001-9542-5893, e-mail: slozhenkina@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), Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Ave., 26) ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Slozhenkina Marina Ivanovna, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Director of the State Scientific Institution NIIMMP, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, st. Rokossovsky, 6), Professor of the Department "Food Production Technology" Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>, e-mail: slozhenkina@mail.ru

THE RESULTS OF RESEARCH ON THE MIGRATION OF MINERAL SUBSTANCES IN THE DAIRY-FOOD CHAIN IN THE CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD REGION

^{1,2,3}Gorlov I. F., ¹Mosolova N. I., ¹Antipova T. A., ¹Kudryashova O. V.,
¹Anisimova E. Y., ^{1,3}Vorontsova E. S., ¹Slozhenkina A. A.

¹Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production

²Volgograd State Technical University

³Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 15.05.2024

Submitted 04.07.2024

The work was carried out under the grant of RSF 22-16-00041

Abstract

Introduction. Conditions of keeping lactating cows have an impact to the concentration in milk of not only individual micro- and macroelements, are also toxic metals. In this regard, the inevitability of careful quality control of raw materials and finished products increases significantly. Scientific research aimed at studying the migration of minerals from raw milk into finished products is becoming particularly relevant. The article deals with the migration of mineral substances in the production of raw milk and dairy products produced from it (cream, sour cream, cottage cheese, butter) in the conditions of the Volgograd region. Industrial processing of dairy raw materials has also a certain effect on the content of micro- and macroelements in finished products. **Materials and methods.** The objects of research were the milk of cows of the red steppe breed. 3 groups of animals were formed: a control group on a standard feeding diet; two experimental groups: I – LactuVet-1 supplement is included in the feeding diet; II – LactuSuper supplement is included in the feeding diet. Dairy products were produced from the milk of all animal groups: cottage cheese, sour cream, cream, butter. The mineral composition in milk and dairy products was studied by inductively coupled plasma mass spectrometry (MS-ISP) and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. **Results and conclusion.** The results of the research have established that the degree of migration of macro- and microelements is directly related to the biochemical content of raw milk as well as technological features of the production of a particular type of food products. The processes of milk separation, thermal and mechanical processing, and fermentation have the greatest influence in this regard.

Keywords: cow's milk, migration of minerals, dairy products, dairy production.

Citation. Gorlov I. F., Mosolova N. I., Antipova T. A., Kudryashova O. V., Anisimova E. Y., Vorontsova E. S., Slozhenkina A. A. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 214-225 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-22.

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 637.07

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МИГРАЦИИ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В МОЛОЧНО-ПИЩЕВОЙ ЦЕПОЧКЕ В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

^{1,2,3}Горлов И. Ф., академик РАН, профессор, доктор сельскохозяйственных наук
¹Мосолова Н. И., доктор биологических наук
¹Антипова Т. А., доктор биологических наук
¹Кудряшова О. В., кандидат биологических наук
¹Анисимова Е. Ю., кандидат биологических наук
^{1,3}Воронцова Е. С., кандидат биологических наук
¹Сложенкина А. А., аспирант

¹Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции

²Волгоградский государственный технический университет

³ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 22-16-00041, ГНУ НИИММП

Актуальность. Условия содержания лактирующих коров влияют на количество в молоке не только отдельных микро- и макроэлементов, но и токсичных металлов. В связи с этим существенно возрастает неизбежность тщательного контроля качества сырья и готовых продуктов. Особую акту-

альность приобретают научные исследования, направленные на изучение миграции минеральных веществ из молока-сырья в готовые продукты. В статье рассмотрены вопросы миграции минеральных веществ при получении молока-сырья и выработанных из него молочных продуктов (сливки, сметана, творог, масло сливочное) в условиях Волгоградской области. Промышленная переработка молочного сырья также определенным образом влияет на содержание микро- и макроэлементов в готовых продуктах. **Материалы и методы.** Объектами исследований было молоко коров красной степной породы. Были сформированы 3 группы животных: контрольная, находящаяся на стандартном рационе кормления; две опытные группы: I – в рацион кормления включена добавка ЛактуВет-1; II – в рацион кормления включена добавка ЛактуСупер. Из молока всех групп животных были выработаны молочные продукты: творог, сметана, сливки, масло сливочное. В молоке и молочных продуктах был исследован минеральный состав методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (МС-ИСП) и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. **Результаты и заключение.** Результаты исследований установлено, что степень миграции макро- и микроэлементов непосредственно связана с биохимическим составом молока-сырья и технологическими особенностями производства того или иного вида пищевой продукции. Наибольшее влияние в этом плане оказывают процессы сепарирования молока, термической и механической обработки, сквашивания.

Ключевые слова: коровье молоко, миграция минеральных веществ, молочные продукты, производство молочной продукции.

Цитирование. Горлов И. Ф., Мосолова Н. И., Антипова Т. А., Кудряшова О. В., Анисимова Е. Ю., Воронцова Е. С., Сложенкина А. А. Результаты исследований миграции минеральных веществ в молочно-пищевой цепочке в условиях Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 214-225. DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-22.

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. Обеспечение продуктивного долголетия сельскохозяйственных животных и реализация генетического потенциала являются приоритетными направлениями для зоотехнии. Несомненная роль в этом принадлежит оптимальному питанию, сбалансированному не только по основным пищевым веществам (белкам, жирам и углеводам), но и витаминному и минеральному составу, определяющим эффективность преобразования кормовой массы в продукцию и обеспечивающим экономическую результативность производства продукции. Определяющее значение при этом имеет форма вещества, способная удовлетворить реальные потребности организма животного [1, 2, 3].

Недостаточное потребление животными минеральных веществ негативно сказывается на состоянии животных, отрицательно влияет на продуктивность, иммунитет и воспроизводство [4].

Минеральные вещества поступают в организм животного из растительных кормов, кормов, получаемых при переработке растений, а также из специальных кормовых добавок, широко используемых в последние годы. Они способствуют улучшению переваримости и усвояемости корма, снижению затрат на производство продукции, повышению продуктивности и обеспечению сохранности животных [5, 6].

Круговорот минеральных элементов осуществляется по схеме «почва-растения-животные-почва», звенья которой взаимосвязаны и взаимозависимы. Каждый из этапов имеет определенный набор минеральных элементов, степень трансформации, доступности растениям.

В зависимости от функций, выполняемых в организме животных и растений, минеральные вещества условно разделены на следующие группы: жизненно необходимые, вероятно необходимые и элементы с неизвестной функцией. В группу жизненно необходимых включены такие макроэлементы, как: кальций, фосфор, калий, магний, сера, натрий; и микроэлементы: медь, цинк, марганец, железо, кобальт, йод. Остальные элементы также необходимы и важны для организма и по мере их накопления могут быть отнесены как к микро-, так и к макроэлементам [7, 8].

К основным функциям, выполняемым минеральными веществами, относятся: участие в построении костной ткани (Ca, P, Mg), поддержание необходимого осмотического давления (Na, K). Минеральные вещества также входят в состав некоторых гормонов (I, Zn, Cu) и ферментов (Fe, Co). На их содержание оказывают влияние сбалансированные рационы кормления, лактация и здоровье животных [9].

Многочисленные научные исследования доказывают высокую биологическую эффективность полноценных минеральных добавок, используемых в рационе кормления животных. Эффективность использования кормов повышается за счет биоактивных веществ, являющихся катализаторами метаболических процессов в организме (Suganya T. et al., 2016; Алиев М. М. и Гулиева К. А., 2018; Кочиш И. И. и др., 2020; Иванищева А. П. и др., 2023) [3, 10, 11, 12].

Молоко, как и организм животного, способно накапливать различные макро- и микроэлементы, некоторые из которых (тяжелые металлы) могут вызывать негативные последствия для человека при употреблении в пищу, а также создавать определенные сложности при его промышленной переработке [13, 14, 15].

Минеральные вещества играют определенную роль при формировании качества в производстве продуктов питания. Так, например, при производстве сыров медленное свертывание молока происходит по причине низкого содержания кальция в молоке-сырье, а его высокое содержание приводит к коагуляции белков молока при высокотемпературной обработке. Макроэлементы калий и натрий влияют на размеры и стабильность казеиновых мицелл. Появление окисленного привкуса в молоке связано с повышенным содержанием меди и железа, что в свою очередь является причиной прогоркания и осаливания масла, при этом медь способна вступать в реакцию с аминокислотами и белками, образуя устойчивые комплексы, снижая тем самым усвояемость продукта [9, 16]. В молоке макро- и микроэлементы находятся в соединении с органическими веществами, входят в состав белков, ферментов, нуклеиновых кислот. Промышленная переработка молочного сырья способствует концентрированию не только отдельных микро- и макроэлементов, но и токсичных металлов. В связи с этим существенно возрастает неизбежность тщательного контроля качества сырья и готовых продуктов. Особую актуальность приобретают научные исследования, направленные на изучение миграции минеральных веществ из молока-сырья в готовые продукты.

Целью работы является исследование миграции минеральных веществ в молоко и молочные продукты, при использовании в рационах животных кормовых добавок ЛактуВет-1 и ЛактуСупер.

Материалы и методы. Для исследований отобрано молоко коров красной степной породы. Были сформированы 3 группы животных: контрольная, находящаяся на стандартном рационе кормления; две опытные группы: I – в рацион кормления включена добавка ЛактуВет-1 (состав: лактулоза, лактоза, минеральные вещества, минералы, кальций, фосфор и др.); II – в рацион кормления включена добавка ЛактуСупер (состав: ЛактуВет-1, глицин, янтарная и фолиевая кислота, витамин Е, жмых расторопши). Из молока всех групп животных были выработаны молочные продукты: творог, сметана 25% жирности, сливки 33% жирности, масло сливочное. В молоке и молочных продуктах был исследован минеральный состав методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (МС-ИСП) и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Результаты и обсуждение. Для проведения исследований отбирали молоко от трех групп животных: контрольная, находящаяся на стандартном рационе кормления; две опытные группы: I – в рацион кормления включена добавка ЛактуВет-1; II – в рацион кормления включена добавка ЛактуСупер. Отобранные пробы молока были исследованы по минеральному составу. Для удобства анализа полученных результатов авторами условно разделены все минеральные вещества на следующие группы: макроэлементы, микроэлементы, токсичные элементы.

Результаты исследований макроэлементов в молоке приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Макроэлементный состав молока
Table 1 – Macro element composition of milk

Наименование элемента / Item Name	Ед. изм. / unit	Молоко коровье / Cow's milk		
		Контрольная группа / Control group	I опытная группа / I experience group	II опытная группа / II experience group
Кальций / Calcium	мкг/г / $\mu\text{g/g}$	1034 $\pm$ 155	1080 $\pm$ 162	1088 $\pm$ 160
Калий / Potassium	мкг/г / $\mu\text{g/g}$	1543 $\pm$ 231	1578 $\pm$ 170	1598 $\pm$ 196
Магний / Magnesium	мкг/г / $\mu\text{g/g}$	121 $\pm$ 18	133 $\pm$ 20	139 $\pm$ 19
Натрий / Sodium	мкг/г / $\mu\text{g/g}$	482 $\pm$ 72	564 $\pm$ 156	566 $\pm$ 84
Фосфор / Phosphorus	мкг/г / $\mu\text{g/g}$	979 $\pm$ 147	1013 $\pm$ 137	1064 $\pm$ 160

При сравнении макроэлементного состава следует отметить, что молоко всех групп животных имеет высокие значения по содержанию макроэлементов с тенденцией к повышению при использовании кормовых добавок.

Так, содержание кальция в контрольной группе животных составило 1034 мкг/г; в I опытной группе – на 4,4%; во II опытной – на 5,2% выше, чем в контрольной.

По содержанию калия, преобладающему среди макроэлементов, превосходство отмечено во II опытной группе на 3,6% и в I опытной группе – на 2,2%, в сравнении с контрольной группой.

Содержание магния в контрольной группе составило 12,1 мг%; в I опытной группе на 9,9% выше; во II опытной – на 14,8%; фосфора – 97,9 мг%; в I опытной группе на 3,5% выше; во II опытной – на 8,7%, чем в молоке контрольной группы.

Содержание натрия в контрольной группе – 48,2 мг%; в I опытной группе на 17,0% выше; во II опытной – на 17,4%, чем в молоке контрольной группы.

Наиболее высокие показатели макроэлементов отмечены в молоке 2-ой опытной группы животных, получавших кормовую добавку «ЛактуСупер». Наибольшие различия между опытными группами отмечены по таким элементам, как: фосфор – на 5,0% и магний – на 4,5%, с преимуществом II-ой опытной группы что возможно объясняется наличием данных элементов в добавке «ЛактуСупер», в состав которой входит жмых расторопши, богатый микро- и макроэлементами.

Результаты исследований микроэлементного состава молока приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Микроэлементный состав молока
Table 2 – Microelement composition of milk

Наименование элемента / Item name	Ед. изм. / Units	Молоко коровье / Cow's milk		
		Контрольная группа / Control group	I опытная группа / I experience group	II опытная группа / II experience group
Алюминий / Aluminium	мкг/г / $\mu\text{g/g}$	1,19 $\pm$ 0,18	1,21 $\pm$ 0,155	1,21 $\pm$ 0,148
Бор / Boron	мкг/г / $\mu\text{g/g}$	0,32 $\pm$ 0,065	0,32 $\pm$ 0,065	0,35 $\pm$ 0,06
Хром / Chromium	мкг/г / $\mu\text{g/g}$	0,05 $\pm$ 0,013	0,06 $\pm$ 0,011	0,05 $\pm$ 0,012
Медь / Copper	мкг/г / $\mu\text{g/g}$	0,32 $\pm$ 0,063	0,34 $\pm$ 0,049	0,53 $\pm$ 0,054
Железо / Iron	мкг/г / $\mu\text{g/g}$	0,55 $\pm$ 0,111	0,76 $\pm$ 0,153	0,92 $\pm$ 0,184
Йод / Iodine	мкг/г / $\mu\text{g/g}$	0,47 $\pm$ 0,094	0,73 $\pm$ 0,147	0,79 $\pm$ 0,11
Марганец / Manganese	мкг/г / $\mu\text{g/g}$	0,03 $\pm$ 0,008	0,07 $\pm$ 0,018	0,09 $\pm$ 0,016
Селен / Selenium	мкг/г / $\mu\text{g/g}$	<0,0039	<0,0039	0,01 $\pm$ 0,003
Кремний / Silicon	мкг/г / $\mu\text{g/g}$	25,57 $\pm$ 3,84	30,46 $\pm$ 4,57	30,76 $\pm$ 4,04
Стронций / Strontium	мкг/г / $\mu\text{g/g}$	0,92 $\pm$ 0,185	0,96 $\pm$ 0,169	1,02 $\pm$ 0,15
Цинк / Zinc	мкг/г / $\mu\text{g/g}$	2,98 $\pm$ 0,45	4,49 $\pm$ 0,67	4,69 $\pm$ 0,54

При сравнении данных следует отметить, что используемые добавки оказали наибольшее влияние на содержание железа, цинка, кремния, марганца и йода. Так, количество железа в I опытной группе увеличилось на 38,2%; во II опытной – на 67,3%; цинка – на 50,7% в I опытной группе – на 57,4% во II-ой; кремния – на 19,1% в I опытной группе и 20,3% во II-ой; марганца – в 2,3 раза в I опытной группе и в 3 раза во II опытной группе; йода – на 55,3% в I опытной группе и 68,1% во II-ой в сравнении с контролем. По таким микроэлементам, как стронций, медь, алюминий повышение в среднем составило от 1,7% до 6,3%. Количественные зависимости микроэлементного состава, очевидно, связаны с использованием кормовых добавок и преобладают во 2-ой опытной группе, что объясняется наличием данных минеральных веществ в используемой добавке. Сравнивая полученные результаты между опытными группами, отмечено превосходство во II-ой опытной группе таких микроэлементов, как: железо – на 21%, медь – на 55,8%, марганец – на 28,6%; содержание селена выше в 2,5 раза.

На содержание бора и хрома кормовые добавки существенного влияния не оказали.

Макроэлементы составляют более 99% от всего минерального состава молока и способны влиять на качество и выход готовых продуктов. Так, кальций, находясь в молоке в легкоусвояемой и хорошо сбалансированной с фосфором форме, прочно связывает казеиновые мицеллы, что способствует минимальному переходу белковых частиц в сыворотку при производстве высокобелковых продуктов (творог, сыр).

Микроэлементы в молоке составляют около 0,1% всех минеральных веществ и в меньшей степени, чем макроэлементы, влияют на пищевую ценность готовых продуктов. Однако отдельные микроэлементы (Fe, Cu и др.) способны негативно влиять на органолептические показатели готового продукта и процессы сквашивания молока-сырья.

Из молока всех групп животных были выработаны молочные продукты: сливки, сметана, творог и сливочное масло, являющиеся традиционными в питании различных групп населения и удовлетворяющие потребности организма в ряде основных питательных веществ и энергии.

Выработку продуктов проводили в опытно-экспериментальных условиях, используя традиционные технологические схемы и оборудование, обеспечивающее получение стандартного по составу продукта.

Для объективной оценки миграции минеральных веществ из молока-сырья в готовый продукт целесообразно рассмотреть каждый отдельно.

Результаты исследований макро- и микроэлементов в готовых продуктах приведены на рисунках 1 и 2.

На рисунке 2 представлены микроэлементы, которые по результатам наших исследований способны наиболее активно аккумулироваться в продуктах переработки молока.

Сливки вырабатывали методом сепарирования исходного молока до массовой доли жира 33% и проводили исследование их минерального состава. Результаты исследований приведены на рисунках 1 и 2.

При оценке макроэлементного состава (рисунок 1) следует констатировать, что содержание в сливках уменьшилось в среднем: кальция в контрольной группе в 1,97 раза, в I и II опытных группах в 1,35 раза; фосфора – в 2 раза в контрольной группе, 1,5 раза – в I опытной и 1,4 раза во II опытной группе; натрия – в 1,7 раза в контрольной группе, 1,6 раза в I и II опытной группах; калия – в 2 раза в контроле, в 1,4 раза в I опытной группе и 1,2 раза – во II-ой. Причем в опытных группах снижение содержания кальция, фосфора, калия было менее интенсивным, чем в контрольной группе. Содержание магния и натрия снизилось во всех группах практически одинаково. Снижение содержания макроэлементов, возможно, объясняется их потерей с обезжиренным молоком при процессе сепарирования.

Сравнивая содержание основных макроэлементов в сливках из молока опытных групп, установлено, что содержание фосфора и калия во II опытной группе выше, чем в I-ой на 15,2% и 19,5% соответственно.

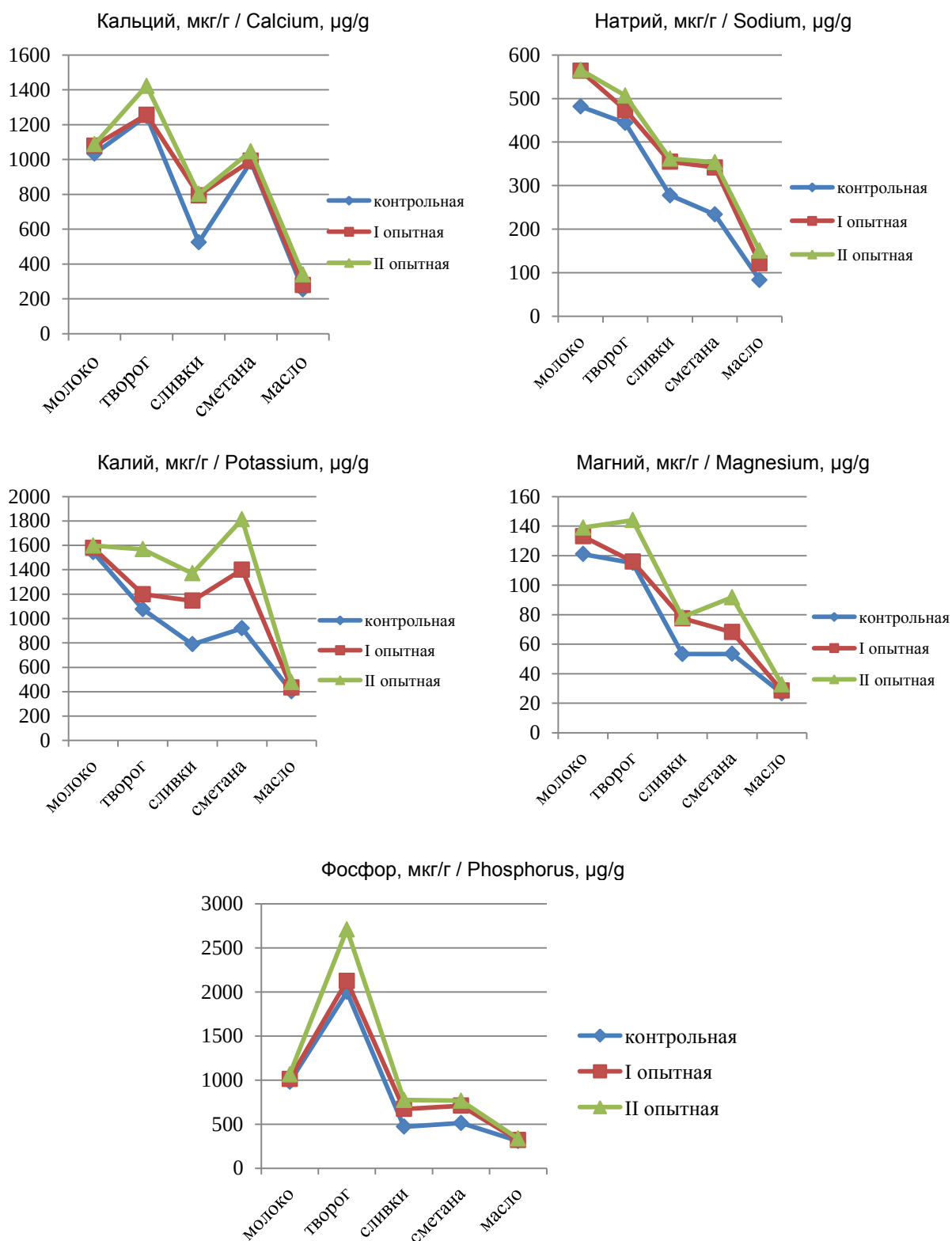


Рисунок 1 – Содержание макроэлементов в молоке и молочных продуктах
Figure 1 – Macronutrient content in milk and dairy products

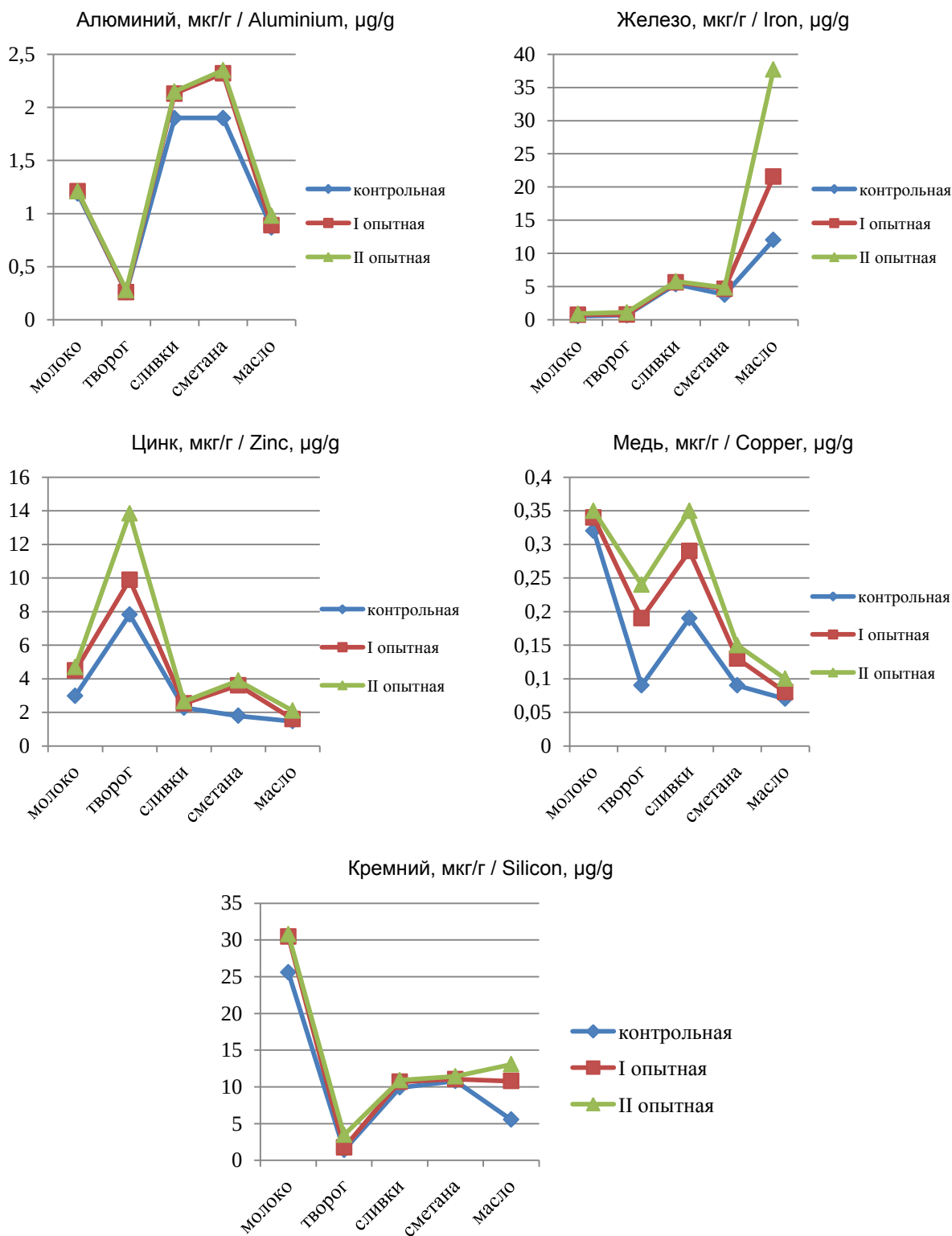


Рисунок 2 – Содержание микроэлементов в молоке и молочных продуктах
Figure 2 – The content of trace elements in milk and dairy products

Процесс сепарирования молока привел к увеличению содержания в жировой фракции таких микроэлементов, как алюминий и железо. Рассматривая рисунок 2, можно сделать вывод, что процент перехода микроэлементов алюминия и железа в контрольном и

опытных образцах был достаточно высок. Содержание алюминия увеличилось в I опытной группе на 59,7%, во II опытной группе на 76%; содержание железа увеличивалось в образце контрольной группы в 10 раз; в I опытной – в 8 раз; во II-ой – в 5 раз.

В опытных образцах сливок одновременно снизилось содержание цинка в среднем на 77%, меди – на 17%, кремния – в 2,8 раза. Технологическая обработка молока привела к снижению во всех группах таких микроэлементов, как: йод – в 10 раз в сравнении с молоком-сырьем и кремния – в 3 раза.

По количеству микроэлементов в сливках опытных групп различия незначительны и находятся в пределах от 0,9% до 4,7% с преобладанием во II опытной группе.

Снижение содержания данных микроэлементов свидетельствует, очевидно, об их переходе в обезжиренное молоко.

Сливочное масло относится к продуктам, обладающим высокими органолептическими показателями и усвояемостью. Высокое содержание молочного жира определяет пищевую и энергетическую ценность масла. Оно содержит жирные кислоты, необходимые для сбалансированной работы организма, а также молочные белки, различные витамины и минеральные вещества.

Для проведения исследований масло получали методом сбивания сливок. Побочным продуктом при производстве являлась пахта.

При оценке минерального состава (рисунки 1 и 2) масла нами было отмечено, что концентрация макроэлементов происходит, очевидно, в основном в пахте, т.к. данные макроэлементы связаны в основном с белковой составляющей. Этим объясняется тот факт, что в сравнении со сливками, в основном продукте (масле) снижается содержание кальция в 2 раза – в контрольной группе, в 2,8 раза – в I опытной группе, в 2,3 раза – во II; калия – в 2 раза – в контрольной группе, в 2,6 – в I опытной, в 2,9 раза – во II; натрия – в 3,3 раза – в контрольной группе, в 2,9 раза – в I-ой, в 2,4 раза – во II; фосфора – в 1,5 раза в контрольной группе и в 2,1 раз в I-ой опытной группе и 2,3 раза – во II-ой. При сравнении содержания макроэлементов в опытных группах установлено, что количество кальция на 21,9% выше во II опытной группе; калия на 10,2%; фосфора – на 5,3%; натрия – на 23,8%; магния – на 14,1%.

По наиболее значимым микроэлементам следует отметить, что содержание цинка снизилось в 1,5 раза – в контрольной группе; в 1,6 раза в I опытной группе, в 1,3 раза во II-ой; меди – в 2,7 раз – в контрольной группе, в 3,6 раз – в I опытной группе, в 3,5 раза – во II опытной группе; алюминия – в 2,1 раза – в контроле, в 2,4 – в I опытной группе, в 2,2 раза – во II группе; кремния в контрольной группе на 79%, во II-ой опытной группе на 19%, в первой опытной группе количество кремния осталось на прежнем уровне. Снижение количества макро- и микроэлементов объясняется, очевидно, тем, что данные вещества в большей степени сконцентрированы в пахте.

В то же время содержание железа увеличилось в 2,2 раза в контрольной группе, в 3,8 раз – в I-ой опытной, в 6,5 раз – во II-ой, что подтверждает его способность аккумулироваться в жировой составляющей.

Творог получали методом самопрессования с использованием заквасочной культуры. Творог является продуктом, который концентрирует в себе больше белка, чем жира, что во многом объясняет его микро- и макроэлементный состав. Данные представлены на рисунках 1 и 2.

Так, содержание кальция в твороге выше на 20,9% – в контрольной группе; на 16,4% – в I опытной группе и на 30,8% – во II-ой; фосфора в 2 раза выше в образце контрольной группы; в 2,1 раза – в I-ой опытной; в 2,5 раза во II-ой. Повышение количества кальция и фосфора объясняется образованием устойчивых казеинат – кальцийфосфатных комплексов при производстве творога. Наибольшее повышение отмечено во II опытной группе с добавлением при кормлении животных добавки ЛактуСупер. Так, количество кальция превышает на 13,2%; фосфора – на 27,4% их содержания в I опытной группе.

Наряду с интенсивным переходом Са и Р в творог отмечается одновременное снижение таких макроэлементов, как калий и натрий. Содержание натрия снизилось на 8,5% в контрольном образце, на 8,9% – в I опытной группе, на 11,6 – во II-ой; калия – на 43,4% в образце контрольной группы, на 31,6% – в I опытной группе, на 1,9% – во II-ой. Содержание

магния в контрольной группе снизилось на 5,2%, в I опытной группе на 14,6%, а во II группе незначительно повысилось на 3,6%. Снижение отдельных макроэлементов объясняется переходом их в сыворотку.

В микроэлементном составе отмечены значительные повышения таких элементов, как цинк – в 2,6 раза в контрольной группе; 2,2 раза – в I опытной группе; в 2,9 раза – во II-ой; железо – на 25% в контрольной группе; 3,9% – в I опытной группе и на 20,6% – во II опытной.

Из числа элементов, снизивших содержание в твороге, следует отметить кремний – в 18,5 раз – в контроле; в 17,5 раз – в I опытной группе; 8,9 раз – во II опытной; меди – в 3,5 раза – в контроле; в 1,8 раза – в I опытной группе; в 1,4 раза – во II-ой; алюминия в 4,5 раза – в контроле; в 4,6 раз – в I опытной группе; в 4,3 раза – во II-ой. В молоке животных II опытной группы снижение данных микроэлементов происходило менее интенсивно, чем в контрольной и I опытной.

Сметану вырабатывали из пастеризованных сливок жирностью 25%, с применением закваски, используемой для получения данного вида продукта. По содержанию основных макроэлементов (рисунок 1) в сметане контрольной и опытных групп животных отмечено увеличение всех составляющих: фосфора на 8,9% в молоке контрольной группы; 5,6% – в I опытной группе; во II-ой практически осталось на том же уровне. Содержание кальция увеличилось в контрольной группе на 88%; в I опытной группе – на 24,9%, во II – на 30,5%.

Содержание натрия в сметане всех групп животных практически не изменилось, отмечено незначительное его снижение в опытных группах. В отношении калия, преобладающего в среднем по количественному содержанию в макроэлементном составе, отмечено увеличение его количества в образцах контрольной (16,6%) и I-ой и II-ой опытной группы на 22,2% и 32,4% соответственно.

Повышение количества основных макроэлементов в готовом продукте, по мнению авторов, объясняется изменением белкового компонента под действием закваски, обладающего более легкой усвояемостью и способностью удерживать на себе наиболее важные макроэлементы.

При анализе данных микроэлементного состава (рисунок 2) следует отметить увеличение количества таких элементов, как: кремний – 9,0% в контрольной группе, на 3,3% – в I опытной группе и 4,9% – во II опытной группе; алюминий в опытных группах в среднем на 9,0%, в контрольной группе осталось без изменений.

На фоне повышения отдельных микроэлементов, наблюдалось снижение меди – в среднем в 2,3 раза в опытных образцах и в 2,1 раза – в контрольном; железа – на 41,3% в контроле; на 20,7 – в I опытной группе; на 19,1% – во II опытной группе. В опытных образцах произошло увеличение содержания цинка в I опытной группе на 42,7%; во II – на 46,8%.

Одним из наиболее важных показателей экологического благополучия сельскохозяйственных предприятий, а также безопасности применяемых добавок является содержание токсичных элементов в молоке-сырье и производимой продукции.

Переработка животного сырья способствует концентрированию токсичных элементов в готовом продукте. Для оценки миграции токсичных элементов из сырья в готовые продукты проведены исследования содержания токсичных элементов в образцах выработанной продукции. Результаты представлены в таблице 3.

Согласно полученным результатам следует отметить, что содержание свинца, кадмия, ртути и мышьяка в молоке всех группах имеет близкие значения и не превышает ПДК (Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»), что свидетельствует об экологической безопасности молочного сырья.

Однако, учитывая, что технологическая обработка молока сопровождается концентрированием сухих веществ в продуктах переработки, установлено повышение содержания отдельных токсичных элементов во всех исследуемых образцах. Так, концентрирование свинца и кадмия наблюдалось в сливках, как в контрольной, так и в опытных группах. В отношении ртути – металла первого класса опасности – следует отметить, что его содержание во всех продуктах было наименьшим и практически не изменилось от сырья к готовому

продукту. Концентрация мышьяка наблюдалась в сметане как в контрольной, так и в опытных группах. Несмотря на повышение содержания токсичных элементов в продуктах переработки молока, полученные результаты не превышали показателей ПДК.

Таблица 3 – Содержание токсичных элементов в молоке и молочных продуктах
Table 3 – Content of toxic elements in milk and dairy products

Группы коров красной степной породы / Groups of cows of the red steppe breed	Токсичные элементы, мкг/г / Toxic elements, µg/g			
	Pb	Cd	Hg	As
Молоко / Milk				
Контрольная группа / Control group	0,02	<0,00048	<0,0036	0,004
I опытная / I experienced	0,02	<0,00048	<0,0036	0,004
II опытная / II experienced	0,01	0,001	<0,0036	0,005
Сливки / Cream				
Контрольная группа / Control group	0,03	0,002	<0,00054	0,002
I опытная / I experienced	0,03	0,002	<0,00054	0,002
II опытная / II experienced	0,02	0,003	<0,00054	0,003
Сливочное масло / Butter				
Контрольная группа / Control group	0,01	0,0009	<0,00054	0,001
I опытная / I experienced	0,01	0,0009	<0,00054	0,002
II опытная / II experienced	0,01	0,001	<0,00054	0,002
Творог / Curd				
Контрольная группа / Control group	0,0055	0,00014	<0,000018	0,0033
I опытная / I experienced	0,0063	0,00022	0,00061	0,0039
II опытная / II experienced	0,0098	0,00053	0,00063	0,0049
Сметана / Sour cream				
Контрольная группа / Control group	0,02	0,001	<0,00054	0,004
I опытная / I experienced	0,03	0,002	<0,00054	0,004
II опытная / II experienced	0,02	0,002	<0,00054	0,005

Продукты, имеющие повышенное содержание жира способны накапливать отдельные токсичные элементы.

Однако в сливочном масле наблюдалось снижение содержания всех токсичных элементов, что свидетельствует, очевидно, об их переходе в пахту.

Заключение. Проведены исследования по изучению миграции минеральных веществ при производстве молока-сырья и выработке молочных продуктов. Результатами исследований установлено, что степень миграции макро- и микроэлементов непосредственно связана с биохимическим составом молока-сырья и технологическими особенностями производства того или иного вида пищевой продукции. Наибольшее влияние в этом плане оказывают процессы сепарирования молока, термической и механической обработки и сквашивания. Побочные продукты данных процессов позволяют либо уменьшать, либо увеличивать долю минеральных веществ в готовом продукте. Это относится ко всем исследуемым нами продуктам. В результате проведенных исследований нами не выявлено четкой зависимости по переходу того или иного элемента в готовый продукт. При незначительной корректировке технологической обработки молока минеральные вещества могут концентрироваться в жировой или белковой фракции. Наиболее чистыми продуктами, с экологической точки зрения, являются сливочное масло и творог, при производстве которых в пахте и сыворотке происходит концентрирование токсичных элементов.

Conclusions. Studies have been carried out to study the migration of mineral substances in the production of raw milk and dairy products. The results of the research have established that the degree of migration of macro- and microelements is directly related to the technological features of the production of a particular type of food products. The processes of milk separation, thermal and mechanical treatment and fermentation have the greatest impact in this regard. By-products of these processes make it possible to either reduce or increase the proportion of minerals in the finished product. This applies to all the products we investigate. As a result of the research, we did not reveal a clear dependence on the transition of this or that element into the finished product. With a slight adjustment in the technological processing of milk, minerals can be concentrated in the fat or protein fraction. The cleanest products, from an environmental point of view, are butter and cottage cheese, during the production of which toxic elements are concentrated in buttermilk and whey.

Библиографический список

1. Gerber P. J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J. Falcucci A., Tempio G. Tackling climate change through livestock – a global assessment of emissions and mitigation. Italy, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2013. 139 p.
2. Windisch W., Fahn C., Brugger D., Deml M., Buffler M. Strategies for sustainable animal nutrition. Züchtungskunde. 2013. V. 85 (1). Pp. 40-53.
3. Козина Е. А., Полева Т. А. Нормированное кормление животных: учебное пособие. Красноярск, 2020. 139 с.
4. Иванищева А. П., Сизова Е. А. и др. Макро- и микроэлементы в питании животных: многообразие веществ и форм (обзор). Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 2. С. 85-111.
5. Рядчиков В. Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных. СПб.: Лань, 2015. 652 с.
6. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И. и др. Влияние новой кормовой добавки для высокопродуктивных коров КД-Биш на качество молочных продуктов. Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 1. С. 73-82.
7. Косолапов В. М., Чуйков В. А., Худякова Х. К., Косолапова В. Г. Минеральные элементы в кормах и методы их анализа: монография. Москва: ООО «Угрешская типография», 2019. 272 с.
8. Фролова Н. А. Получение экстрактов из дикорастущего сырья для обогащения рационов кормления сельскохозяйственных животных. Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: материалы X Международной научно-практической конференции. Саратов, 2023. С. 616-620.
9. Горбатова К. К. Биохимия молока и молочных продуктов. СПб.: ГИОРД, 2004. 320 с.
10. Suganya T., Varman M., Masjuki H. N., Renganathan S. Macroalgae and microalgae as a potential source for commercial applications along with biofuels production: A biorefinery approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. N. 55. Pp. 909-941.
11. Алиев М. М., Гулиева К. А. Переваримость питательных веществ комплексного рациона с биоактивными веществами. Вестник АПК Ставрополя. 2018. № 1 (29). С. 57-59.
12. Кочиш И. И. и др. Коррекция иммуно-физиологического развития бычков биоактивными веществами в йодоселенодефицитном регионе. Адаптация и реактивность домашних животных: материалы Междунар. науч.-практ. конф. М.: Издательство ООО НПО «Сельскохозяйственные технологии», 2020. С. 106-109.
13. Тагиров Х., Андриянова Э. Содержание микроэлементов в молоке и их коэффициенты миграции в молочные продукты. Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2023. № 5.
14. Щербakov Г. Д., Бессонов В. В. Алгоритм обработки и анализа результатов исследований микро- и макронутриентного состава молока. Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 8. С. 64-72.
15. Сенченко М. А., Степанова М. В. Тяжелые металлы и микроэлементы в системе «почва-растение-продукт переработки растения». Вестник АПК Верхневолжья. 2021. № 1 (53). С. 13-18.
16. Тагиров Х. Х., Гизатова Н. В. Химический состав и качество молока. Достижения науки и инновации – аграрному производству: материалы национальной научной конференции. Уфа: Башкирский ГАУ, 2017. С. 288-294.

References

1. Gerber P. J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J. Falcucci A., Tempio G. Tackling climate change through livestock – a global assessment of emissions and mitigation. Italy, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2013. 139 p.
2. Windisch W., Fahn C., Brugger D., Deml M., Buffler M. Strategies for sustainable animal nutrition. Züchtungskunde. 2013. V. 85 (1). Pp. 40-53.
3. Kozina E. A., Poleva T. A. Rationed feeding of animals: a textbook. Krasnoyarsk, 2020. 139 p.
4. Ivanishcheva A. P., Sizova E. A., et al. Macro- and Microelements in Animal Nutrition: Diversity of Substances and Forms (Review). Animal husbandry and fodder production. 2023. V. 106. № 2. Pp. 85-111.
5. Ryadchikov V. G. Fundamentals of nutrition and feeding of agricultural animals. St. Petersburg, Lan Publ., 2015. 652 p.
6. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., et al. Effect of a new feed additive for high-yielding cows KD-Bish on the quality of dairy products. Animal husbandry and fodder production. 2024. V. 107. № 1. Pp. 73-82.
7. Kosolapov V. M., Chuikov V. A., Khudyakova Kh. K., Kosolapova V. G. Mineral elements in feeds and methods of their analysis: monograph. Moscow: Ugreshskaya Tipografiya Publ., 2019. 272 p.
8. Frolova N. A. Obtaining extracts from wild raw materials for enrichment of feeding rations of farm animals. Innovations in Nature Planning and Protection in Emergency Situations: Materials of the X International Scientific and Practical Conference. Saratov, 2023. Pp. 616-620.
9. Gorbatova K. K. Biochemistry of milk and dairy products. St. Petersburg, GIORD Publ., 2004. 320 p.
10. Suganya T., Varman M., Masjuki H. N., Renganathan S. Macroalgae and microalgae as a potential source for commercial applications along with biofuels production: A biorefinery approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. N. 55. Pp. 909-941.
11. Aliev M. M., Guliyeva K. A. Nutrient digestibility of a complex diet with bioactive substances. Vestnik APK Stavropol'ya. 2018. № 1 (29). Pp. 57-59.
12. Kochish I. I., et al. Correction of immune physiological development of bulls with bioactive substances in the iodine-selenoid-defecite region. Adaptation and Reactivity of Domestic Animals: Materials of the International. nauch.-prakt. conf. Moscow: Publishing House of ООО NPO "Agricultural Technologies", 2020. Pp. 106-109.
13. Tagirov Kh., Andriyanova E. Content of trace elements in milk and their migration coefficients into dairy products. Veterinary Medicine of Farm Animals. 2023. № 5.
14. Shcherbakov G. D., Bessonov V. V. Algorithm for processing and analyzing the results of studies of the micro- and macronutrient composition of milk. Public health and habitat. 2022. V. 30. № 8. Pp. 64-72.
15. Senchenko M. A., Stepanova M. V. Heavy metals and trace elements in the "soil-plant-plant processing product" system. Bulletin of the Agro-Industrial Complex of the Upper Volga. 2021. № 1 (53). Pp. 13-18.
16. Tagirov Kh. Kh., Gizatova N. V. Chemical Composition and Quality of Milk. Achievements of Science and Innovation – Agrarian Production: Materials of the National Scientific Conference. Ufa: Bashkir State Agrarian University, 2017. Pp. 288-294.

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), ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Мосолова Наталья Ивановна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0001-6559-6595, e-mail: niimmp@mail.ru

Антипова Татьяна Алексеевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0002-0365-4806, e-mail: niimmp@mail.ru

Кудряшова Ольга Владимировна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), niimmp@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6634-3685, e-mail: niimmp@mail.ru

Анисимова Елена Юрьевна, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0002-7508-3897, e-mail: elanis1009@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Сложенкина Александра Алексеевна, аспирант ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0001-5913-5303, e-mail: slozhenkina@list.ru

Author's Information

Gorlov Ivan Fiodorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Scientific Director of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Mosolova Natalia Ivanovna, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0001-6559-6595, e-mail: niimmp@mail.ru

Antipova Tatyana Alekseevna, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Officer of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0002-0365-4806, e-mail: niimmp@mail.ru

Kudryashova Olga Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0002-6634-3685, e-mail: niimmp@mail.ru

Anisimova Elena Yurievna, Leading researcher of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0002-7508-3897, e-mail: elanis1009@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Slozhenkina Aleksandra Alekseevna, postgraduate student of the Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, M. Rokossovsky str., 6), ORCID: 0000-0001-5913-5303, e-mail: slozhenkina@list.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-23

**PRODUCTIVE QUALITIES OF IMMUNOCASTRATED YOUNG PIGS UNDER
THE CONDITIONS OF A BREEDING REPRODUCER****Koshchaev A. G., Kryuchin D. V., Kostenko S. V.***«Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin»
Krasnodar, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: kostenko_s_v@mail.ru, mailto:ilon-valer-74@mail.ru

Received 04.07.2024

Submitted 05.08.2024

The research was carried out within the framework of the thematic R&D plan, approved by the Academic Council of Kuban SAU for 2021-2025 (Minutes of 20.12.2020 № 10) «Development of innovative nature-like breeding-technological methods and ways to increase the production of high-quality livestock products on the basis of modern resource-saving adapted systems and technologies» (state registration number AAAA-A16-121032300057-2)

Summary

The article presents the results of fattening culled repair boars with various strategies for their cultivation: during surgical castration, vaccination against gonadotropin-releasing factor and breeding of intact boars. The immunocastration of boars contributed to an increase in the efficiency of their cultivation due to the possibility of vaccination at a later date and due to the fact that the young remained intact for a long period of time.

Abstract

Introduction. High selection pressure allows the use of high quality gilts for the repair of own herds, however, the majority of boars (up to 90-93%) are culled at different ages as breeding faults. Surgical castration, which is traditionally used in the breeding of boars for slaughter, with subsequent sale of pork in retail trade, public catering and processing for food purposes, in the case of fattening of culled boars is not always an effective technological method and does not allow obtaining products of proper quality. **An object.** The object of research is purebred Yorkshire boars. **Materials and methods.** The research was conducted during 2019-2023 in the conditions of the production site «Breeding farm for 1150 sows» of Kuban Bacon JSC in the Pavlovsky district of Krasnodar Territory using modern methods. **Results and conclusion.** Immunocastration of boars, due to the possibility of vaccination at a later date and the fact that the young remained intact for a long period of time, contributed to an increase in the efficiency of their cultivation. The average daily increase in immunocastrates exceeded that of boars and intact boars by 5.6 and 1.4%, respectively, and amounted to 873 g, as a result of which they reached a live weight of 100 kg at the age of 145 days, which is 2 and 4 days earlier than boars and surgically castrated young. In the control cultivation, the highest average daily feed intake was observed in young animals during physical castration – 2.7 kg versus 2.5 kg in vaccinated and intact boars. Higher feed intake and lower growth rate of the castrates of the control group led to a decrease in feed efficiency: feed costs per 1 kg of growth in this group were 11.8% and 9.9% higher than in the piglets of the I and II experimental groups, respectively.

Keywords: young pigs, intact boars, culling of boars, surgical castration of pigs, immunocastration of pigs.

Citation. Koshchaev A. G., Kryuchin D. V., Kostenko S. V. Productive qualities of immunocastrated young pigs under the conditions of a breeding reproducer. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 225-235 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-23.

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

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

УДК 636.4.082.34.03

ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА ИММУНОКАСТРИРОВАННОГО МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ В УСЛОВИЯХ ПЛЕМЕННОГО РЕПРОДУКТОРА

Кощаев А. Г., доктор биологических наук, профессор, академик РАН

Крючин Д. В., аспирант

Костенко С. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»
г. Краснодар, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках выполнения тематического плана НИОКР, утвержденного Ученым советом Кубанского ГАУ на 2021-2025 гг. (протокол от 20.12.2020 № 10) «Разработка инновационных природоподобных селекционно-технологических методов и способов повышения производства высококачественной продукции животноводства на основе современных ресурсосберегающих систем и технологий» (№ государственной регистрации АААА-А16-121032300057-2)

Актуальность. Высокое селекционное давление позволяет использовать для ремонта собственного стада молодняк высокого качества, вместе с тем большая часть хрячков (до 90-93 %) выбраковывается в различные возрастные периоды как племенной брак. Традиционно применяемая при выращивании хрячков для убоя, с последующей реализацией свинины в розничной торговле, сети общественного питания и переработкой на пищевые цели, хирургическая кастрация, в случае откорма выбракованных хрячков, не всегда является эффективным технологическим приемом и не позволяет получить продукцию надлежащего качества. **Объект.** Объектом исследований являются чистопородные хрячки породы йоркшир. **Материалы и методы.** Исследования проводились в течение 2019-2023 гг. в условиях производственной площадки «Племенная ферма на 1150 свиноматок» АО «Кубанский бекон» Павловского района Краснодарского края с применением современных методов. **Результаты и выводы.** Иммунокастрация хрячков, в связи с возможностью проведения вакцинации в более поздние сроки и тем, что молодняк на протяжении длительного периода времени оставался интактным, способствовала повышению эффективности их выращивания. Среднесуточный прирост иммунокастратов в период выращивания превышал аналогичный показатель боровов и интактных хрячков на 5,6 и на 1,4% соответственно и составил 873 г, в результате чего они достигли живой массы 100 кг в возрасте 145 дней, что на 2 и на 4 дня раньше, чем хрячки и хирургически кастрированный молодняк. На контрольном выращивании наибольшее среднесуточное потребление корма отмечено у молодняка при физической кастрации – 2,7 кг против 2,5 кг у вакцинированных и

интактных хряков. Более высокое потребление корма и более низкая интенсивность роста кастратов контрольной группы привели к снижению эффективности использования кормов: затраты кормов на 1 кг прироста в этой группе были на 11,8% и на 9,9% выше, чем у подсвинков I и II опытных групп соответственно.

Ключевые слова: *молодняк свиней, интактные хряки, выбраковка хряков, хирургическая кастрация свиней, иммунокастрация свиней.*

Цитирование. Кошаев А. Г., Крючин Д. В., Костенко С. В. Продуктивные качества иммунокастрированного молодняка свиней в условиях племенного репродуктора. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 225-235. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последние годы свиноводство в Российской Федерации активно развивается и является одним из самых высокотехнологичных направлений животноводства, что позволило на рубеже 2018-2019 гг. довести уровень самообеспеченности населения свининой до 100%.

Дальнейшее наращивание объемов производства продукции и повышение экономической эффективности отрасли свиноводства возможно при использовании современных инновационных технологий, которые кардинально меняют организацию производственного процесса выращивания молодняка свиней и способствуют наиболее полной реализации их генетического потенциала. При этом основное внимание необходимо уделять селекционно-племенной работе, эффективность которой подразумевает высокий уровень выбраковки ремонтного молодняка, и в первую очередь хряков [1, 2, 3].

Высокое селекционное давление позволяет использовать для ремонта собственного стада молодняк высокого качества, вместе с тем большая часть хрячков (до 90-93%) выбраковывается как откармливаемый племенной брак в различные возрастные периоды, а окончательная оценка ремонтного молодняка осуществляется при достижении живой массы 90-110 кг. Тем не менее, выращивание интактных хряков, несмотря на свои преимущества, в период полового созревания сопровождается повышенным образованием в их организме мужских гормонов, в результате чего они становятся более агрессивными. Кроме того, их мясо имеет неприятный запах и посторонний вкус, которые ощущаются при кулинарной обработке и во время еды, что снижают потребительские свойства свинины [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Применяемая при выращивании молодняка свиней для реализации на убой хирургическая кастрация хрячков в этом возрасте не всегда является эффективным технологическим приемом и не позволяет получить продукцию надлежащего качества. Орхизэктомия – это патология организма, которая противоречит принципам ответственного животноводства и приводит к снижению окислительных процессов в организме боровов. Они становятся флегматичными, в результате чего увеличивается отложение жира в ущерб развитию мышечной ткани. После операции снижается уровень андростенона и концентрация анаболических гормонов, что отрицательно влияет на интенсивность роста свиней и эффективность оплаты корма продукцией, повышаются трудозатраты в связи с выполнением данной процедуры [10, 11, 12, 13, 14].

В связи с этим возникает необходимость изучения целесообразности использования при выращивании выбракованных ремонтных хрячков альтернативных решений, которые смогут обеспечить животным благополучие, будут экономически эффективными и позволят производить продукцию свиноводства более высокого качества.

Ряд ученых считает, что повысить конкурентоспособность производства свинины при выращивании выбракованных ремонтных хрячков позволит проведение иммунологической кастрации [11, 15].

Целью наших исследований является изучение эффективности использования при выбраковке ремонтных хрячков альтернативных решений, основанных на иммунокастрации и адаптированной к технологическому процессу схеме вакцинации.

Материалы и методы. Экспериментальная часть научно-исследовательской работы выполнена в течение 2019-2023 гг. в условиях производственной площадки «Племенная ферма на 1150 свиноматок» АО «Кубанский бекон» Павловского района Краснодарского края с применением современных биологических, зоотехнических, биометрических и экономическо-статистических методов, принятых в животноводстве. Лабораторные исследования выполнялись на кафедре биотехнологии, биохимии и биофизики факультета пищевых производств и биотехнологий ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ и ФГБУ «Краснодарская межобластная ветеринарная лаборатория».

За пять дней до предполагаемого опороса супоросных свиноматок перевели в зону опороса. В день опороса всех хрячков идентифицировали с помощью ушной метки и индивидуально взвесили. В соответствии с технологией, принятой в хозяйстве, на третий день пороссятам купировали хвосты и ввели железосодержащий препарат.

Вакцинацию против гонадотропин-рилизинг-фактора проводили препаратом Improvac® с помощью вакцинатора двукратно: при достижении молодняком возраста 77 и 150 дней (рисунок 1). Вакцину вводили за ухом в области шеи, перпендикулярно поверхности кожи в объеме 2 мл.



Рисунок 1 – Схема вакцинации против гонадотропин-рилизинг-фактора

Figure 1 – Gonadotropin-releasing factor vaccination schedule

Формирование подопытных групп нами осуществлялось в два этапа, в соответствии со схемами отбора и вакцинации, из чистопородных хрячков породы йоркшир (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта

Table 1 – Experimental design

Группа / Group		Количество, гол. / Number of cattle	Показатель / Index
первый этап / first stage			
Контрольная / Control		40	хирургически кастрированный молодняк / surgically castrated young animals
Опытная / Experienced		80	интактные хрячки / intact boars
второй этап / second stage			
Контрольная / Control		36	хирургически кастрированный молодняк / surgically castrated young animals
Опытная / Experienced	I	39	иммунокастрированный молодняк / immunocastrated young animals
	II	39	интактные хрячки / intact boars

На первом этапе: в 14-дневном возрасте хрячков, не прошедших отбор для ремонта собственного стада по результатам визуальной оценки с учетом племенной ценности матери и отца, по принципу рандомизации распределили на две подопытные группы: хрячки контрольной группы были хирургически кастрированы, а опытной – остались интактными. После отъема от свиноматок в возрасте 30 дней подопытный молодняк был переведен в зону дорастивания, где содержался до достижения возраста 77 дней.

На втором этапе: в возрасте 77 дней после оценки и отбора молодняк в ремонтную группу, хрячков опытной группы при переводе на участок контрольного выращивания также по методу рандомизации распределили на две: I опытная – иммуновакцинированные, II опытная – интактные подсывинки.

В течение всего периода эксперимента условия кормления и содержания подопытных животных были идентичны и соответствовали традиционным технологиям, используемым на племенной ферме. Состав комбикормов для подопытного молодняка представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Состав полнокомпонентных комбикормов
Table 2 – Composition of full-component compound feeds

Ингредиент, % / Ingredient, %	Содержание / Content				
	СК-3	СК-4	СК-5	СК-6	СК-7
Пшеница / Wheat	20,0	19,7	25,94	30,0	33,98
Ячмень / Barley	–	10,0	21,0	29,6	36,0
Ячмень без пленок / Barley without captivity	29,2	23,0	12,0	–	–
Кукуруза / Maize	10,0	14,0	12,0	13,7	12,0
Жмых соевый / Soybean cake	1,8	4,3	6,0	8,4	3,0
Соевая мука ферментированная / Fermented soybean flour	5,0	2,0	–	–	–
Шрот соевый, СП 46 % / Soybean meal, SP 46 %	2,3	8,0	10,0	6,0	6,0
Жмых подсолнечный, СП 34 %, СК 18 % / Sunflower cake, SP 34 %, SC 18 %	–	2,0	4,5	6,7	–
Шрот подсолнечный / Sunflower meal	–	–	–	–	5,0
Кукуруза глютен / Corn gluten	1,62	1,0	–	–	–
Сахар / Sugar	1,0	–	–	–	–
Сыворотка сухая деминерализованная / Demineralized whey powder	–	3,5	–	–	–
Сыворотка сухая / Dry serum	11,54	–	–	–	–
Изоляты соевый, пшеничный, гороховый, картофельный протеин / Soy, wheat, pea, potato protein isolates	–	5,0	–	–	–
Протеиновые конц. изоляты (соевый, пшеничный, гороховый, картофельный белок, омега-3-жирные кислоты, глутамин) / Protein ends. isolates (soy, wheat, pea, potato protein, omega-3 fatty acids, glutamine)	10,0	–	–	–	–
Мука мясо-растительная, СП 35 % / Meat and vegetable flour, SP 35 %	–	–	1,2	1,0	–
Мука мясокостная, СП 70 % / Meat and bone meal, SP 70 %	–	–	1,0	–	0,5
Масло подсолнечное / Sunflower oil	2,85	2,5	1,95	1,05	0,58
Набор препаратов аминокислот, витамины, минералы, ферменты, подкислители, ароматизаторы и др. / A set of amino acid preparations, vitamins, minerals, enzymes, acidifiers, flavorings, etc.	4,69	5,0	4,41	3,55	2,94
<i>Примечание:</i> СК-3 (престартер) – для поросят в подсосный период; СК-4 – для поросят после отъема до 60 дней; СК-5 – для молодняка 61-75 дней; СК-6 – для молодняка 1 фазы откорма (76-150 дней); СК-7 – для молодняка 2 фазы откорма (151 день и старше). Note: SK-3 (prestarter) – for piglets in the lactation period; SK-4 – for piglets after weaning up to 60 days; SK-5 – for young animals 61-75 days; SK-6 – for young animals of the 1st fattening phase (76-150 days); SK-7 – for young animals of the 2nd phase of fattening (151 days and older)					

Фактор эффективности производства (EPEF) рассчитывали по формуле:

$$\text{EPEF} = \frac{\text{среднесуточный прирост (кг)} \times \text{сохранность (\%)}}{\text{затраты корма на единицу прироста (кг)}} \times 10;$$

Результаты и обсуждение. Согласно планам селекционно-племенной работы со свиньями в АО «Кубанский бекон» Павловского района Краснодарского края постоянно проводится оценка продуктивных качеств ремонтного молодняка. В 2023 г. из 400 отобранных при отъеме и оцененных по собственной продуктивности хрячков породы йоркшир было переведено в группу проверяемых 24 гол. или 6,0%, породы ландрас – 300 хрячков, 25 гол. или 8,0%, породы дюрок – 500 хрячков, 25 гол. или 5,0% соответственно. Поэтому постоянно возникает вопрос эффективного выращивания выбракованного племенного молодняка.

В связи с этим, нами предложена альтернативная стратегия выращивания данного молодняка с использованием иммунокастрации в следующие сроки:

- первая вакцинация – в 77 дней, после выбраковки ремонтного молодняка по результатам оценки при снятии с дорастивания;
- вторая – при достижении живой массы 100 кг.

Интенсивность роста подопытных поросят в подсосный период представлена в таблице 3. Живая масса подопытных хрячков при опоросе и на 14 день постнатального онтогенеза, до проведения операции по удалению семенников, была практически одинаковой. При отъеме хрячки по данному показателю превосходили боровов на 3,3% за счет более высокой интенсивности роста в период от 14 до 30 дней: среднесуточный прирост у поросят опытной группы был на 8,2% выше, чем у сверстников в контроле.

Таблица 3 – Интенсивность роста подопытных поросят в подсосный период
Table 3 – Growth intensity of experimental piglets in the suckling period

Показатель / Index		Группа / Group	
		Контрольная / Control	Опытная / Experienced
Живая масса, кг / Live weight, kg	при рождении / at birth	1,4 ± 0,04	1,3 ± 0,03
	в 14 дней / in 14 days	4,2 ± 0,1	4,1 ± 0,1
	при отъеме в 30 дней / at weaning in 30 days	9,1 ± 0,3	9,4 ± 0,3
Абсолютный прирост, кг / Absolute increase, kg	1-14 дней / days	2,8 ± 0,08	2,8 ± 0,06
	15-30 дней / days	4,9 ± 0,1	5,3 ± 0,2*
	1-30 дней / days	7,7 ± 0,2	8,1 ± 0,2
Среднесуточный прирост, г / Average daily increase, g	1-14 дней / days	200	200
	15-30 дней / days	306	331
	1-30 дней / days	257	270

Примечание: * – P < 0,05

Note: * – P < 0.05

Проведение операции по удалению семенников повысило отход поросят в контрольной группе до 7,5%, причинами которого стали кастрация хрячка с невыявленной грыжей и инфицирование раны. Никаких различий по отходу поросят по причинам, не связанных с хирургической кастрацией, между контрольной и опытной группами выявлено не было – выбыло 2,5% молодняка от общего поголовья в группе.

За период дорастивания кастрированные хрячки не только компенсировали отставание по интенсивности роста, но и незначительно нарастили его. Абсолютный и среднесуточный приросты у подсвинков контрольной группы были соответственно на 0,5 кг (на 1,6%) и на 11 г (на 1,7%) выше по сравнению с опытной группой (таблица 4).

При переводе на контрольное выращивание живая масса боровов превышала аналогичный показатель у хрячков на 0,2 кг (0,5%). Сохранность подсвинков опытной группы за период дорастивания составила 100%, что на 2,7% больше, чем в контроле.

При достижении возраста 77 дней подопытный молодняк был переведен в зону контрольного выращивания, при этом хрячков опытной группы по методу рандоминации распределили на две опытные группы: в I группе поголовье провакцинировали против гонадотропин-рилизинг-фактора, во II – оставили интактным.

В течение всего периода исследования подопытные животные были клинически здоровы, у них не было отмечено проблем со здоровьем, только у одного хряка после ревакцинации в возрасте 150 дней была отмечена небольшая припухлость в месте инъекции.

Таблица 4 – Интенсивность роста подопытных подсвинков в период дорастивания
Table 4 – Growth intensity of experimental gilts in the period of growing up

Показатель / Index		Группа / Group	
		Контрольная / Control	Опытная / Experienced
Количество подсвинков, гол. / Number of gilts	в начале периода / at the beginning of the period	37	78
	в конце периода / at the end of the period	36	78
Сохранность, % / Preservation, %		97,3	100,0
Живая масса, кг / Live weight, kg	в начале периода / at the beginning of the period	9,1 ± 0,3	9,4 ± 0,3
	в конце периода / at the end of the period	40,2 ± 1,3	40,0 ± 1,2
Абсолютный прирост за период дорастивания, кг / Absolute growth during the growing period, kg		31,1 ± 0,9	30,6 ± 0,7
Среднесуточный прирост за период дорастивания, г / Average daily gain during the growing period, g		662	651

Заключительным этапом производства свинины является откорм, основная цель которого заключается в получении наибольшего количества высококачественной продукции при минимальных затратах. Успех откорма зависит от многих паратипических факторов, в том числе и от использования инновационных технологий выращивания хряков, альтернативных хирургической кастрации. Поэтому нами были изучены откормочные качества хирургических кастратов, иммунологических и интактных хряков при контрольном выращивании (таблица 5).

Таблица 5 – Откормочные качества подопытных свиней
Table 5 – Fattening qualities of experimental pigs

Показатель / Index		Группа / Group		
		Контрольная / Control	I опытная / Experienced	II опытная / Experienced
Живая масса, кг / Live weight, kg	при постановке на откорм / when putting on fattening	40,2 ± 1,3	40,4 ± 1,0	39,7 ± 1,2
	в 150 дней / in 150 days	100,7 ± 2,9	104,1 ± 2,9	101,0 ± 3,0
	При снятии с откорма / when removed from fattening	123,7 ± 4,0	128,6 ± 4,2*	126,7 ± 4,5
Абсолютный прирост за период откорма, кг / Absolute gain for the fattening period, kg	78-150 дней / 78-150 days	60,5 ± 2,4	63,7 ± 1,9	61,3 ± 2,0
	151-178 дней / 151-178 days	23,0 ± 0,6	24,5 ± 0,9	25,7 ± 1,0
	за период откорма / during the fattening period	83,5 ± 3,0	88,2 ± 3,6	87,0 ± 3,6
Среднесуточный прирост за период откорма, г / Average daily gain for the fattening period, g	78-150 дней / days	829	873	840
	151-178 дней / days	821	875	918
	за период откорма / during the fattening period	827	873	861
Возраст достижения живой массы 100 кг, дней / Age of reaching a live weight of 100 kg, days		149	145	147
Примечание: * – P < 0,05 Note: * – P < 0.05				

В процессе контрольного выращивания интенсивность роста подопытного молодняка в различные возрастные периоды была неравномерной: в 78-150 дней наибольший среднесуточный прирост был в I опытной группе – 873 г, что на 5,3 и 3,9% превышает соответственно аналогичный показатель в контроле и II опытной группе. По нашему мнению,

более высокий уровень продуктивности обусловлен действием стероидных гормонов семенников, и в первую очередь тестостерона, так как до ревакцинации физиологические процессы в их организме аналогичны процессам в организме интактных хряков.

На втором этапе контрольного выращивания (151-178 дней) интенсивность роста иммунокастратов составила 875 г в сутки, что на 6,6% выше по сравнению с боровыми и на 4,7% меньше, чем у хряков.

Однако за весь период контрольного выращивания среднесуточный прирост иммунологически кастрированных хряков составил 873 г, что соответственно на 5,6 и 1,4% выше по сравнению с контролем и II опытной группой. Это позволило иммунокастраатам достичь живой массы 100 кг в возрасте 145 дней, что на два дня раньше, чем хряки, и на четыре дня раньше, чем боровы.

На контрольном выращивании наибольшее среднесуточное потребление корма отмечено у хирургически кастрированного молодняка – 2,66 кг против 2,52 кг у иммунокастратов и интактных хряков. На протяжении всего периода выращивания более высокое потребление корма и более низкая интенсивность роста кастратов контрольной группы привели к снижению эффективности использования кормов: затраты кормов на 1 кг прироста живой массы в этой группе были на 0,34 кг (на 11,8%) и 0,29 кг (на 9,9%) выше, чем у подсвинков I и II опытных групп соответственно (рисунок 2).

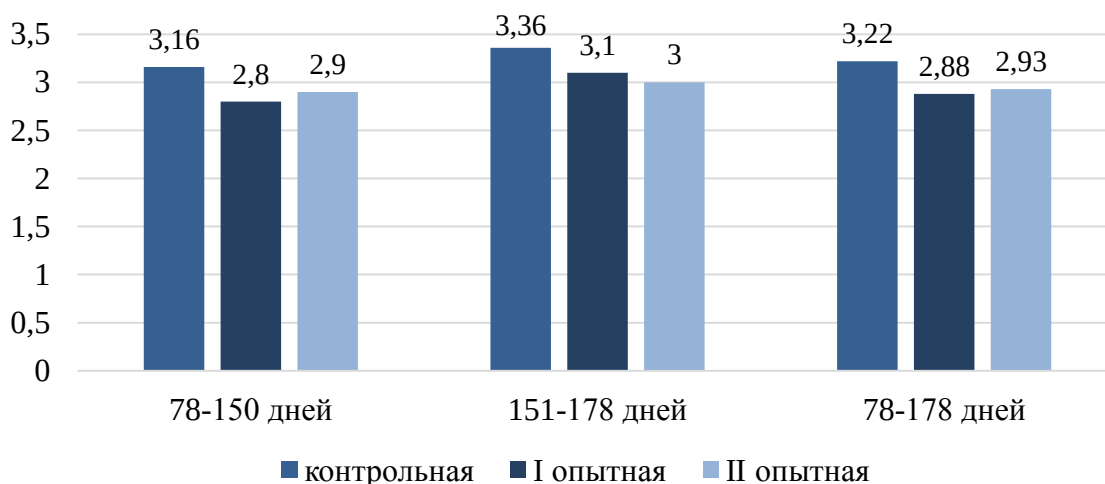


Рисунок 2 – Затраты кормов на 1 кг прироста живой массы, кг
Figure 2 – Feed costs per 1 kg of live weight gain, kg

Для комплексной оценки эффективности выращивания подопытных подсвинков нами был рассчитан фактор эффективности производства, который учитывает усиление конверсии корма, сохранность молодняка и среднесуточный прирост (таблица 6).

Таблица 6 – Фактор эффективности производства
Table 6 – Production efficiency factor

Группа / Group	Среднесуточный прирост за период откорма, кг / Average daily gain for the fattening period, kg	Затраты кормов на 1 кг прироста живой массы, кг / Feed costs per 1 kg of live weight gain, kg	Сохранность, % / Preservation, %	Фактор эффективности производства / Production efficiency factor
Контрольная / Control	0,827	3,22	100	256,8
I опытная / Experienced	0,873	2,88	97,4	295,2
II опытная / Experienced	0,861	2,93	100	293,9

Несмотря на более низкую сохранность иммуновакцинированных хряков в период контрольного выращивания фактор эффективности производства различных систем производства продукции свиноводства в I опытной группе, за счет усиления высокой интенсивностью роста и низкими затратами корма на единицу продукции, был выше на 15,0% и 0,4% по сравнению с контролем и II опытной группой и составил 295,2.

Заключение. На основании полученных данных можно сделать следующие основные выводы.

При отъеме хрячки по живой массе превосходили боровов на 3,3% за счет более высокой интенсивности роста в период от 14 до 30 дней: среднесуточный прирост у поросят опытной группы был на 8,2% выше, чем у сверстников в контроле.

Проведение на 14-й день постнатального онтогенеза операции по удалению семенников повысило отход поросят в контрольной группе до 7,5%, причинами которого стали кастрация хрячка с невыявленной грыжей и инфицирование раны. Никаких различий по отходу поросят по причинам, не связанных с хирургической кастрацией, между контрольной и опытной группами выявлено не было – выбыло 2,5% молодняка от общего поголовья в группе.

При переводе на контрольное выращивание живая масса боровов превышала аналогичный показатель у хрячков на 0,2 кг (0,5%). Сохранность подсвинков опытной группы за период доращивания составила 100%, что на 2,7% больше, чем в контроле.

Среднесуточный прирост иммунологически кастрированных хряков составил 873 г, что соответственно на 5,6 и на 1,4% выше по сравнению с контролем и II опытной группой, что позволило иммунокастратам достичь живой массы 100 кг в возрасте 145 дней, что на 2 и на 4 дня раньше, чем хряки и боровы.

На контрольном выращивании наибольшее среднесуточное потребление корма отмечено у хирургически кастрированного молодняка – 2,7 кг против 2,5 кг у иммунокастратов и intactных хряков. Более высокое потребление корма и более низкая интенсивность роста кастратов контрольной группы привели к снижению эффективности использования кормов: затраты кормов на 1 кг прироста в этой группе были на 11,8% и на 9,9% выше, чем у подсвинков I и II опытных групп соответственно.

Conclusions. Based on the data obtained, the following main conclusions can be drawn.

At weaning boars exceeded hogs in live weight by 3.3% due to higher growth intensity in the period from 14 to 30 days: average daily gain in piglets of the experimental group was 8.2 % higher than in the control group.

On the 14th day of postnatal ontogenesis, the operation on removal of testes increased the piglet waste in the control group up to 7.5%, which was caused by castration of a boar with undetected hernia and wound infection. There were no differences between the control and experimental groups in terms of piglet abandonment due to reasons not related to surgical castration – 2.5% of the total number of young animals in the group were abandoned.

When transferred to control rearing, the live weight of hogs exceeded the same indicator in boars by 0.2 kg (0.5%). Safety of gilts of the experimental group for the period of growing up amounted to 100%, which is 2.7 % more than in the control.

The average daily gain of immunologically castrated boars amounted to 873 g, which is 5.6 and 1.4% higher, respectively, compared to the control and II experimental group, which allowed immunocastrates to reach a live weight of 100 kg at the age of 145 days, which is 2 and 4 days earlier than boars and hogs.

In control rearing, the highest average daily feed intake was observed in surgically castrated youngsters – 2.7 kg versus 2.5 kg in immunocastrates and intact boars. Higher feed intake and lower growth intensity of castrates in the control group resulted in lower feed utilization efficiency: feed costs per 1 kg of gain in this group were 11.8% and 9.9% higher than in gilts of I and II experimental groups, respectively.

Библиографический список

1. Походня Г. С., Бреславец П. И., Бреславец Ю. П., Бреславец А. П., Кирьян К. И., Крючин Д. В., Кощаев А. Г. Рост, развитие и мясные качества некастрированных и кастрированных хрячков. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 109. С. 226-231.
2. Чусь Р. В., Гапоненко В. Н., Крючин Д. В., Кощаев А. Г. Реализация генетического потенциала свиней при использовании инновационных технологических приемов. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 102. С. 320-324.
3. Чусь Р. В., Гапоненко В. Н., Крючин Д. В., Кощаев А. Г. Система автоматизированной выпойки заменителя цельного молока без отсадки поросят: как она влияет на интенсивность их роста и сохранность. Свиноводство. 2021. № 6. С. 15-17.

4. Крючин Д. В. Качественные характеристики варено-копченых мясных изделий, при производстве которых было использовано мясо кастрированных и интактных свиней. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. Выпуск 6 (108). С. 246-249.
5. Belal S. A., Jung J.-H. The results of meat quality traits and sensory characteristics according to the concentration of androstenone in uncastrated pigs. *Anim Sci Technol*. 2024. V. 66 (2). Pp. 387-397.
6. Pokorná K., Čítek J., Doležal P., Małopolska M., Tyra M., Okrouhlá M., Zadinová K., Šprysl M., Lebedová N., Stupka R. Changes of Androstenone Concentrations in Saliva of Boars with Age. *Animals (Basel)*. 2022. V. 10. N 12 (2).
7. Quiniou N., Bee G., Maribo H. [et al.] Quelles stratégies alimentaires pour couvrir les besoins nutritionnels des porcs mâles entiers et/ou immuno-castrés et pour réduire les risques d'odeurs de verrat dans la viande? *INRAE Productions Animals*. 2022. № 35 (2). P. 109-120.
8. Škrlep M., Tomašević I., Mörlein D., Novaković S., Egea M., Garrido M. D., Linares M.B., Peñaranda I., Aluwé M., Font-I-Furnols M. The use of pork from entire male and immunocastrated pigs for meat products-an overview with recommendations. *Animals (Basel)*. 2020. V. 26. N 10 (10). 1754.
9. Aluwé M., Heyrman E., Kostyra E., Żakowska-Biemans S., Almeida J., Citek J., et al. Consumer evaluation of meat quality from barrows, immunocastrates and boars in six countries. *Animal*. 2022. V. 16. 100455.
10. Mörlein D., Mörlein J., Gerlach Ch., et al. An overlooked compound contributing to boar taint and consumer rejection of meat products: 2-Aminoacetophenone. *Meat Science*. 2024. V. 213. 109497.
11. Bonneau M., Weiler U. Pros and cons of alternatives to piglet castration: welfare, boar taint, and other meat quality traits. *Animals*. 2019. N 9. P. 884-895.
12. Tomasevic I., Bahelka I., Čandek-Potokar M., Čítek J., Djekić I., Kušec I. D., et al. Attitudes and beliefs of Eastern European consumers towards piglet castration and meat from castrated pigs. *Meat Sci*. 2020. V. 160. 107965.
13. Botelho-Fontela S., Paixão G., Pereira-Pinto R., Vaz-Velho M., Pires M. A., Payan-Carreira R., Patarata L., Lorenzo J. M., Silva A., Esteves A. The effects of different immunocastration protocols on meat quality traits and boar taint compounds in male Bísaro pigs. *Theriogenology*. 2024. V. 15. N. 214. Pp. 89-97.
14. Lin-Schilstra L., Fischer A. R. H. Paradoxical consumers in four European countries: meat-eating justification and willingness to pay for meat from animals treated by alternatives to surgical castration. *Meat Sci*. 2022. V. 188. 108777.
15. Kress K., Millet S., Labussière E., Weiler U., Stefanski V. Sustainability of pork production with immunocastration in Europe. *Sustainability*. 2019. V. 11 (12). P. 3335.

References

1. Pokhodnya G. S., Breslavets P. I., Breslavets Yu. P., Breslavets A. P., Kiryan K. I., Kryuchin D. V., Koshchaev A. G. Growth, development and meat qualities of uncastrated and castrated boars. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2023. No 109. Pp. 226-231.
2. Chus R. V., Gaponenko V. N., Kryuchin D. V., Koshchaev A. G. Realization of the genetic potential of pigs using innovative technological techniques. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2022. No 102. Pp. 320-324.
3. Chus R. V., Gaponenko V. N., Kryuchin D. V., Koshchaev A. G. Automated drinking system of whole milk substitute without piglets: how it affects the intensity of their growth and preservation. *Pig breeding*. 2021. No 6. Pp. 15-17.
4. Kryuchin D. V. Qualitative characteristics of boiled and smoked meat products, in the production of which meat of castrated and intact pigs was used. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2023. Issue 6 (108). Pp. 246-249.
5. Belal S. A., Jung J.-H. The results of meat quality traits and sensory characteristics according to the concentration of androstenone in uncastrated pigs. *Anim Sci Technol*. 2024. V. 66 (2). Pp. 387-397.
6. Pokorná K., Čítek J., Doležal P., Małopolska M., Tyra M., Okrouhlá M., Zadinová K., Šprysl M., Lebedová N., Stupka R. Changes of Androstenone Concentrations in Saliva of Boars with Age. *Animals (Basel)*. 2022. V. 10. N 12 (2).
7. Quiniou N., Bee G., Maribo H. [et al.] Quelles stratégies alimentaires pour couvrir les besoins nutritionnels des porcs mâles entiers et/ou immuno-castrés et pour réduire les risques d'odeurs de verrat dans la viande? *INRAE Productions Animals*. 2022. № 35 (2). P. 109-120.
8. Škrlep M., Tomašević I., Mörlein D., Novaković S., Egea M., Garrido M. D., Linares M.B., Peñaranda I., Aluwé M., Font-I-Furnols M. The use of pork from entire male and immunocastrated pigs for meat products-an overview with recommendations. *Animals (Basel)*. 2020. V. 26. N. 10 (10). 1754.
9. Aluwé M., Heyrman E., Kostyra E., Żakowska-Biemans S., Almeida J., Citek J., et al. Consumer evaluation of meat quality from barrows, immunocastrates and boars in six countries. *Animal*. 2022. V. 16. 100455.
10. Mörlein D., Mörlein J., Gerlach Ch., et al. An overlooked compound contributing to boar taint and consumer rejection of meat products: 2-Aminoacetophenone. *Meat Science*. 2024. V. 213. 109497.
11. Bonneau M., Weiler U. Pros and cons of alternatives to piglet castration: welfare, boar taint, and other meat quality traits. *Animals*. 2019. N 9. P. 884-895.
12. Tomasevic I., Bahelka I., Čandek-Potokar M., Čítek J., Djekić I., Kušec I. D., et al. Attitudes and beliefs of Eastern European consumers towards piglet castration and meat from castrated pigs. *Meat Sci*. 2020. V. 160. 107965.
13. Botelho-Fontela S., Paixão G., Pereira-Pinto R., Vaz-Velho M., Pires M. A., Payan-Carreira R., Patarata L., Lorenzo J. M., Silva A., Esteves A. The effects of different immunocastration protocols on meat quality traits and boar taint compounds in male Bísaro pigs. *Theriogenology*. 2024. V. 15. N. 214. Pp. 89-97.
14. Lin-Schilstra L., Fischer A. R. H. Paradoxical consumers in four European countries: meat-eating justification and willingness to pay for meat from animals treated by alternatives to surgical castration. *Meat Sci*. 2022. V. 188. 108777.
15. Kress K., Millet S., Labussière E., Weiler U., Stefanski V. Sustainability of pork production with immunocastration in Europe. *Sustainability*. 2019. V. 11 (12). P. 3335.

Информация об авторах

Кощаев Андрей Георгиевич, доктор биологических наук, академик Российской академии наук, профессор кафедры биотехнологии, биохимии и биофизики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), e-mail: koshhaev.a@kubsau.ru

Крючин Денис Васильевич, аспирант ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), e-mail: azerdjan69@gmail.com

Костенко Светлана Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая сектором экспертизы новых технологий управления науки и инноваций ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), e-mail: kostenko_s_v@mail.ru

Author's Information

Koshchaev Andrey Georgievich, Doctor of Biological Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Department of Biotechnology, Biochemistry and Biophysics, «Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin» (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin Street, 13), e-mail: koshhaev.a@kubsau.ru

Kryuchin Denis Vasilievich, postgraduate student of «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin» (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin Street, 13), e-mail: azerdjan69@gmail.com

Kostenko Svetlana Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the sector of expertise of new technologies of

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-24

**THE USE OF INNOVATIVE BIOTECHNOLOGY IN THE DEVELOPMENT OF COMMERCIAL
AQUACULTURE****Novikov A. E., Tikhonova M. K., Moskovets M. V., Toropov A. Y.**

*All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal Scientific Center
of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vnioz-algo@ya.ru

Received 15.05.2024

Submitted 19.07.2024

Summary

The relevance and importance of aquaculture as a promising branch of agricultural production has been studied. Results of experimental studies on testing innovative biotechnology based on the introduction of microalgae *Chlorella vulgaris* IFR No. S-111 into reservoirs of fish farms in the Southern region of the Russian Federation.

Abstract

Introduction. Currently, the application of science and the introduction of new technologies for the development of aquaculture is relevant. In analyzing the current state and future of freshwater aquaculture in Russia, pond fish farming occupies a leading position at the present stage. Special attention is paid to the quality of pond water, on which many factors in the development of fish farming depend. Despite the measures being taken to improve the ecological condition of reservoirs, the problem of water quality in pond fish farming remains relevant. **Object.** The object of research is the use of innovative biotechnology for the development of commercial aquaculture (pond fish farming) in the Russian Federation in order to increase fish productivity. **Materials and methods.** Scientific and economic experiments were conducted according to generally accepted methods in fish farms. Water sampling for hydrochemical composition is carried out with a bathometer in the surface horizon up to 0.5 m at a depth of no more than 5 m (in accordance with RD 52.24.309–2016). Hydrochemical analyses of water were performed in accredited laboratories. The cultivation of the *Chlorella vulgaris* strain was carried out according to the method of Bogdanov N.I. on an elective nutrient medium and pond water. **Results and conclusions.** The developed innovative biotechnology in the development of aquaculture based on the introduction of *Chlorella vulgaris* microalgae IGF No. C-111 into reservoirs, allowed to improve the water quality in ponds, at the lowest cost increase the dissolved oxygen content in water, productivity of reservoirs, survival of fry, increase growth rates, and increase fish productivity.

Keywords: aquaculture, innovative biotechnologies of fish farming, *Chlorella vulgaris*, fish productivity, development of fish farming, fish farming technologies.

Citation. Novikov A. E., Tikhonova M. K., Moskovets M. V., Toropov A. Y. The use of innovative biotechnology in the development of commercial aquaculture. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 235-243 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-24.

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

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

УДК 639.3.05

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИ ТОВАРНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ

Новиков А. Е., член-корреспондент РАН, доктор технических наук, директор
Тихонова М. К., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Московец М. В., научный сотрудник
Торопов А. Ю., научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия –
филиал Федерального научного центра гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. В настоящее время применение науки и внедрение новых технологий для развития аквакультуры актуально. При анализе современного состояния и будущего пресноводной аквакультуры России, прудовое рыбоводство на современном этапе занимает ведущее положение. Особое внимание уделяется качеству прудовой воды, от которой зависят многие факторы в развитии рыбоводства. Несмотря на принимающиеся меры по улучшению экологического состояния водоемов, проблема качества воды в прудовом рыбоводстве остается актуальной. **Объектом** исследований являются вопросы использования инновационной биотехнологии для развития товарной аквакультуры (прудового рыбоводства) Российской Федерации в целях увеличения рыбопродуктивности. **Материалы и методы.** Научно-хозяйственные опыты проводились по общепринятым методикам в рыбопродуктивных хозяйствах. Отбор проб воды на гидрохимический состав проводится батометром в поверхностном горизонте до 0,5 м при глубине не более 5 м (в соответствии с РД 52.24.309–2016). Гидрохимические анализы воды выполнялись в аккредитованных лабораториях. Культивирование штамма *Chlorella vulgaris* проводили по методике Богданова Н.И. на элективной питательной среде и воде из прудов. **Результаты и выводы.** Разработанная инновационная биотехнология в развитии аквакультуры на основе вселения микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 в водоемы позволила улучшить качество воды в прудах, при наименьших затратах увеличить содержание растворенного кислорода в воде, продуктивность водоемов, выживаемость мальков, повысить темпы роста, и увеличить рыбопродуктивность.

Ключевые слова: аквакультура, инновационные биотехнологии рыбоводства, *Chlorella vulgaris*, рыбопродуктивность, развитие рыбоводства, технологии рыбоводства.

Цитирование. Новиков А. Е., Тихонова М. К., Московец М. В., Торопов А. Ю. Использование инновационной биотехнологии в развитии товарной аквакультуры. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 235-243. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-24.

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. Аквакультура (рыбоводство) относится к сельскохозяйственному производству, является товарной аквакультурой (товарным рыбоводством) и осуществляется в соответствии с Федеральным законом, указами Президента Российской Федерации, постановлениями Правительства Российской Федерации, нормативными правовыми актами федеральных органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления [1].

В современных условиях уделяется большое внимание вопросам развития аквакультуры научных организаций. В Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года прогнозируется сокращение импорта технологий и поддержка развития отечественных информационных ресурсов прикладного характера в сфере биотехнологий [2].

При внедрении новых передовых инновационных решений учитываются применение безопасных технологий при производстве продукции, повышаются качество и конкурентные преимущества [3]. В товарной аквакультуре рассматривается прудовое рыбоводство, которое является одной из отраслей сельского хозяйства и обеспечивает население высокоценными продуктами питания – свежей и живой рыбой в широком ассортименте [4].

Рыба является ценным пищевым продуктом для человека и содержит множество полезных веществ, которых нет или мало в остальных продуктах питания. Проблемы рыбопромышленного комплекса обсуждаются на высшем уровне, поднятие рыбоводства может стать очередным национальным проектом [5].

В экспериментальных рыбоводных хозяйствах испытываются новые комбикорма и добавки, которые состоят в основном из компонентов отечественного производства, что является важным для стабильности развития рыбоводства в условиях ужесточения иностранных санкций. В последнее время применение науки и внедрение новых технологий для развития аквакультуры способствовали быстрому росту секторов сельского хозяйства, новые технологии внесли значительный вклад в производство аквакультуры [6].

При анализе современного состояния и будущего пресноводной аквакультуры России установили, что прудовое рыбоводство на современном этапе занимает ведущее положение. Выращивание рыбы в прудах наиболее распространенный способ в Европе, Китае, России [7].

По биологическим особенностям выращивания рыбы прудовые хозяйства подразделяются на тепловодные (выращивание карпа, толстолобиков, амурского и др.) и холодноводные (выращивание форели, пеляди и др.) [8].

В России для развития товарной аквакультуры ежегодно широко внедряются прудовые технологии, что позволяет увеличить производство товарной рыбы на 10-15% и является одним из лучших показателей в мировой аквакультуре. Из литературных источников известно, что основное влияние на рыбопродуктивность прудов оказывают такие факторы, как технология выращивания, генетический потенциал, ветеринарно-санитарное благополучие водоемов (рисунок 1) [9].

- технология выращивания/growing technology
- генетический потенциал/genetic potential
- ветеринарно-санитарное благополучие/veterinary and sanitary welfare

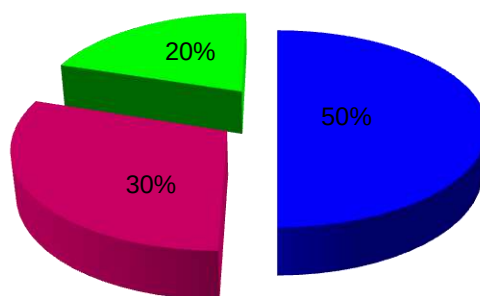


Рисунок 1 – Факторы, влияющие на рыбопродуктивность
Figure 1 – Factors influencing fish productivity

При высокой температуре и интенсивном накоплении в воде прудовых основных биогенных веществ, с превышением ПДК происходит вспышка развития фитопланктона (цветение сине-зелеными водорослями), а при их отмирании вторичное загрязнение воды органикой, при разложении выделяются токсины, которые снижают содержание кислорода в прудовой воде, оказывают угнетающее действие на зоопланктон и рыб [10]. В целях предотвращения интенсивного «цветения» прудовой воды сине-зелеными водорослями, негативного влияния их на гидрохимический и гидробиологический состав разрабатываются биотехнологии, основанные на вселении зеленых водорослей. Предлагалось некоторыми учеными использовать различные способы предотвращения «цветения» водоемов сине-зелеными водорослями: физические (механические), химические, биологические, бактериальные, но такие методы требуют

высоких затрат и они неэффективны [11]. При разработке инновационной биотехнологии сотрудниками ВНИИОЗ были использованы материалы предыдущих исследований на заливах Волгоградского, Цимлянского водохранилищ и ВДСК, результаты которых показали высокую эффективность в сдерживании развития сине-зеленых водорослей [12]. Внедренный штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, в отличие от аборигенных видов, постоянно присутствующих в каждом водоеме, обладает хорошо выраженными планктонными свойствами и снижает развитие сине-зеленых водорослей [13].

Материалы и методы. Учеными ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГим им. А. Н. Костякова» разработана инновационная биотехнология, позволяющая решать вопросы экологии и развития аквакультуры. Выполнение исследований проводились по общепринятым методикам в хозяйствах Волгоградской, Ростовской областей, Краснодарского края. Отбор проб воды из опытных и контрольных прудов брали для анализа на гидрохимический состав и для адаптации штамма *Chlorella vulgaris*, которую проводили в лабораторных условиях к прудовой воде. Гидрохимические анализы воды проводились в аккредитованных лабораториях. По разработанной технологии культивировали штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 на селективной питательной среде, непосредственно на берегу исследуемых водоемов при естественном освещении и температуре воздуха от +22°C до +35°C. Вселяемая высокопродуктивная протококковая водоросль использовалась в качестве ингредиента в кормлении рыб, она не токсична и безопасна как для рыб, так и для людей, имеет высокую питательную ценность [14]. По биохимическому составу хлорелла превосходит некоторые высшие растения, в ее состав входят витамины, протеин, углеводы, жиры, минеральные соли (таблицы 1, 2) [15].

Таблица 1 – Содержание аминокислот в хлорелле и некоторых других кормах
Table 1 – Amino acid content in chlorella and some other feeds

Корма / feed	Лизин / Lysine	Метионин / Methionine	Триптофан / Tryptophan	Аргенин / Argenin	Гистидин / Histidine	Лейцин / Leucine	Фенилаланин / Fenilalanin	Треонин / Treonin	Валин / Valine
Хлорелла / Chlorella	51,5	9,7	12,4	61,0	14,6	70,8	29,4	26,9	39,1
Мука травяная / Grass flour	10,1	2,0	3,1	8,3	4,7	18,8	6,2	8,2	8,2
Зерно гороха / Pea grain	13,4	2,6	1,1	14,2	7,1	20,5	9,5	8,4	8,6
Жмых подсолнечника / Sunflower cake	24,3	7,6	-	18,3	-	42,4	9,2	19,4	12,0

Таблица 2 – Витаминный состав хлореллы и некоторых кормов
Table 2 – Vitamin composition of chlorella and some feeds

Корма / feed	В 1 кг содержится / 1 kg contains				
	каротин (мг) / carotene (mg)	Витамины / Vitamins			
		D (МЕ)	B ₁ (мг)	B ₂ (мг)	B ₁₂ (мг)
Хлорелла / Chlorella	до 1600,0	1000,0	10,0	300,0	до 240,0
Трава пастбищная / Pasture grass	50,0	-	1,0	2,0	-
Сено клевера / Clover hay	20,0	до 100,0	2,5	6,0	-
Травяная мука / Herbal flour	180,0	-	3,0	10,0	-
Силос разнотравный / Herbal silage	15,0	до 100,0	0,6	1,0	до 1,0
Зерно овса / Oat grain	-	-	4,3	0,6	-
Жмых подсолнечника / Sunflower cake	-	46,0	7,5	0,5	-

Кроме того, положительным фактором хлореллы является ее активность в снижении развития сине-зеленых водорослей, за счет структурных изменений фитопланктоценозов, увеличения содержания в воде растворенного кислорода. В результате чего происходит снижение вероятности появления локальных заморных зон в водоемах [15].

Результаты и обсуждения. В целях увеличения естественной кормовой базы, улучшения гидрохимического режима водной среды проводили альголизацию прудов представителем протококковых водорослей, неоднократно вносилась культура зеленой водоросли – хлореллы, что способствовало увеличению рыбопродуктивности в поликультуре. Совместная работа с рыборазводными хозяйствами Волгоградской, Ростовской, Краснодарского края позволила разработать инновационную биотехнологию с использованием микроводоросли хлореллы при наименьших затратах снизить развитие сине-зеленых водорослей в прудовой воде, в результате чего увеличить содержание растворенного кислорода, повысить выживаемость мальков, темпы роста рыбы. Технология предусматривает производить необходимое количество хлореллы непосредственно на местах её вселения при естественном освещении без дополнительных затрат на электроэнергию и транспортировку (рисунок 2).



Рисунок 2 – Культивирование хлореллы на прудах.
Figure 2 – Chlorella cultivation in ponds.

Разработанная инновационная биотехнология в развитии товарной аквакультуры на основе вселения микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 в водоемы, позволила улучшить качество воды в прудах и увеличить рыбопродуктивность.

Таблица 3 – Гидрохимические показатели качества воды в прудах (мг/дм³).
Table 3 – Hydrochemical indicators of pond water quality (mg/dm³)

Ингредиенты / Ingredients	ИП глава КФХ Лозина Я. В. / Individual entrepreneur, head of the peasant farm Lozina Y. V.		ЗАО «Миусский лиман» / CJSC "Miusky Liman"		ПДК для водоемов мг/дм ³ / MPC for water bodies mg/dm ³
	Опыт / Experience	Контроль / Control	Опыт / Experience	Контроль / Control	
рН	8,02	8,57	8,42	9,01	6,5-8,5
Растворенный O ₂ / Dissolved O ₂	9,5	5,8	8,88	5,9	Не менее 6,0 / Not less than 6.0
БПК ₅ / BOD ₅	3,0	4,30	3,0	4,76	3,0
ХПК / COD	14,9	28,8	15,0	38,2	15,0
Нитриты / Nitrites	0,045	0,054	0,049	0,078	0,08
Нитраты / Nitrates	4,31	5,69	3,52	7,92	40,1
Фосфаты (P) / Phosphates (P)	0,12	0,14	0,15	0,15	0,15
Железо раствор / Iron Solution	0,076	0,077	0,08	0,08	0,3

В результате проведенных экспериментальных работ по вселению хлореллы в опытные пруды и полученным гидрохимическим анализам (таблица 3), прослеживается улучшение качества воды в опытных прудах. Повысилось содержание растворенного кислорода в воде, ХПК (химическое потребление кислорода) и БПК₅ (биологическое потребление кислорода). Химическое потребление кислорода – показатель содержания органических веществ в воде, который является одним из основных показателей степени загрязнения поверхностных вод органическими соединениями [16]. В контрольных прудах ХПК за весь исследуемый период превышало ПДК (предельно допустимых концентраций для открытых водоемов), что отрицательно повлияло на качество воды. В опытных прудах по мере вселения хлореллы этот показатель снизился до пределов допустимой нормы. БПК₅ поверхностных вод, измерялся для оценки насыщенности органическими веществами, способными к окислению биохимическим путем, среды обитания гидробионтов, который также один из интегральных показателей загрязненности водоёма. Уровень БПК₅ необходим для контроля эффективности процессов очистки воды [16], в результате исследований показатели БПК₅ в опытных прудах после вселения хлореллы снизился до 3,0 мг/дм³. Кроме того, вселение микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 в водоемы прудовых хозяйств Волгоградской области СПК «Колхоз Красная Звезда» и ИП глава КФХ Лозина Я. В. оказало положительное влияние на рыбопродуктивность: выживаемость мальков в сравнении с контрольными прудами увеличилось на 8-10%, темпы роста рыбы на 2-15%. В хозяйствах Ростовской области ЗАО «Миусский лиман», ООО «Семикаракорская рыба» соответственно выживаемость мальков увеличилось на 7-15%. темпы роста рыбы на 15-30%. В хозяйствах Краснодарского края ИП Трояновский, ООО «Рыбколхоз Синюхинский», СПК «Шапариевский» увеличение соответственно составило: выживаемость мальков от 19 до 21%, темпы роста рыбы от 15 до 25%. Результаты производственных испытаний применения хлореллы в рыборазводных прудовых хозяйствах Южного региона Российской Федерации приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты рыбопродуктивности в прудовых хозяйствах
Table 4 – Results of fish productivity in pond farms

Table 4 – Results of fish productivity in pond farms					
№ п/п	Наименование прудовых хозяйств / Name of pond farms	Площадь прудов (га) / Pond area (ha)	Увеличение в сравнении с контролем (%) / Increase compared to control (%)		
			выживаемость мальков / Survival of fry	Поголовье рыбной молоди / Juvenile fish population	Повышение темпа роста / Increase the growth rate
Волгоградская область / Volgograd Region					
1.	СПК «Колхоз Красная Звезда» / SPK "Kolkhoz Krasnaya Zvezda"	30	10	13	2
2.	ИП глава КФХ Лозина Я. В. / Individual entrepreneur, head of the peasant farm Lozina Y.V.	338	8	10	15
Ростовская область / Rostov Region					
3.	ЗАО «Миусский лиман» / CJSC "Miussky Liman"	180	15	30	15
4.	ООО «Семикаракорская рыба» / LLC "Semikarakorskaya ryba"	244	7-10	5	30
Краснодарский край / Krasnodar territory					
5.	ИП Трояновский / Individual entrepreneur Troyanovsky	30	20	10	15
6.	ООО «Рыбколхоз Синюхинский» / LLC "Rybkolkhoz Sinyukhinsky"	97	21	18	25
7.	СПК «Шапариевский» / SPK "Shaparievsky"	540	19	10	22

Результаты проведенных исследований и внедрения в производство докладывались на конференциях, семинарах, выставках. За исследования в области применения биотехнологии в производстве для оздоровления водоемов получены патенты, свидетельства, дипломы и медали (рисунок 3).



Рисунок 3 – Патенты, Свидетельства и медали, полученные учеными ФГБНУ «ВНИИОЗ» в 2005-2023 годах за исследования в области применения штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 для оздоровления водоемов

Figure 3 – Patents, Certificates and medals received by scientists of the Federal State Budgetary Institution "VNIIOZ" in 2005-2023 for research in the field of application of the *Chlorella vulgaris* strain IGF No. C-111 for the improvement of reservoirs

Закключение. При проведении исследований и внедрения инновационной биотехнологии в развитие товарной аквакультуры, основанной на вселении микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 в пруды, было установлено:

- снизилось интенсивное «цветение» водоёмов в вегетационный период при одинаковых метеорологических условиях, содержание биогенных веществ, способствующих эвтрофикации прудов;
- увеличилось содержание растворенного кислорода, идущего на окисление органических веществ;
- стабилизировалась реакция водной среды, значение которой влияет на образование токсичных веществ;
- повысилась рыбопродуктивность водоемов.

Conclusions. During the research and implementation of innovative biotechnology in the development of commercial aquaculture based on the introduction of microalgae *Chlorella vulgaris* IGF No. C-111 into ponds, it was established:

- the intensive "flowering" of reservoirs during the growing season has decreased under the same meteorological conditions, the content of nutrients contributing to the eutrophication of ponds;
- the content of dissolved oxygen used for the oxidation of organic substances has increased;
- the reaction of the aquatic environment has stabilized, the value of which affects the formation of toxic substances;
- the fish productivity of reservoirs has increased.

Библиографический список

1. Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: ФЗ от 02.07.2013 N 148-ФЗ.
2. Об утверждении стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года: ФЗ № 2567-р. <https://www.law.ru/npd/doc/docid/351735594/modid/99?ysclid=ltcni1nr8c262967969>
3. Мелихов В. В., Болотин А. Г., Фролова М. В. и др. Проблема развития аквакультуры в Волго-Каспийском районе. Формирование и развитие сельскохозяйственной науки в XXI веке. Сборник научных статей ФГБНУ «ПНИИАЗ». Солёное Займище, 2016. С. 230-235.
4. Аварский Н. Д., Колончин К. В., Серегин С. Н., Бетин О. И. Развитие товарной аквакультуры в России: состояние и ключевые направления. Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. № 8 (65). С. 74-90.
5. Наумова А. М., Наумова А. Ю., Логинов Л. С. Эпизоотологический мониторинг рыбоводных хозяйств и рыбопромысловых водоемов России. Труды ВНИРО. 2016. Т. 162. С. 97-102.
6. Бурлаченко И. В., Яхонтова И. В. Рыбоводные технологии в искусственном воспроизводстве: современное состояние, проблемы, решения. Труды ВНИРО. 2015. Т. 153. С. 137-153.
7. Yang Z., et al. The reduction of nutrients enhances the influence of extreme weather conditions on the formation of cyanobacterial blooms in the large shallow lake Taihu (China). Water Research. 2016. Vol. 103. Pp. 302-310.
8. Лукьянов В. А., Мысик А. Т., Наумов М. М. Биологический способ увеличения растворенного кислорода в водоемах с помощью микроводорослей. Зоотехния. 2019. № 1. С. 19-22.
9. Колончин К. В., Труба М. А., Кузичева Н. Ю. Тенденции развития аквакультуры в России: перспективы качественного улучшения продовольственной безопасности и устойчивого роста экономического потенциала отрасли. Продовольственная политика и безопасность. 2023. Том 10. № 3. С. 533-546.
10. Новиков А. Е., Московец М. В. Экотоны водозаборных зон Цимлянского водохранилища: использование и водоснабжение населения. Орошаемое земледелие. 2023. № 1 (40). С. 45-49.
11. Новиков А. Е., Родин К. А., Московец М. В., Торопов А. Ю. Современная биотехнология мелиорации оросительной воды для прецизионного земледелия, способствующая, повышению продуктивности сельскохозяйственных культур. Орошаемое земледелие. 2021. № 1. С. 11-14.
12. Новиков А. Е., Филимонов М. И., Торопов А. Ю., Фролова М. В. Культивирование *Chlorella vulgaris* при воздействии полного спектра и естественного излучений. Орошаемое земледелие. 2020. № 2. С. 51-54.
13. Торопов А. Ю., Московец М. В., Филимонов М. И., Семененко С. Я. Влияние *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 на формирование эпизоотического благополучия в прудовом хозяйстве. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 427-434.
14. Мелихов В. В., Медведева Л. Н., Фролова М. В. Мониторинг и применение природосберегающих технологий на рыбоводных прудах. Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 8 (28).
15. Тихонова М. К., Фролова М. В., Московец М. В., Торопов А. Ю. Влияние микроводоросли хлореллы на продуктивные качества толстолобика. Орошаемое земледелие. 2022. № 2. С. 54-58.
16. Методические указания к лабораторной работе. Сравнение методов определения химического потребления кислорода в воде. Белорусский государственный университет. Минск, 2018. С. 2-3.

References

1. On aquaculture (fish farming) and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation: Federal Law of 02.07.2013 N 148-FZ.
2. On Approval of the Strategy for the Development of the Agro-Industrial and Fishery Complexes of the Russian Federation for the Period up to 2030: FZ No 2567-r. <https://www.law.ru/npd/doc/docid/351735594/modid/99?ysclid=ltcni1nr8c262967969>
3. Melikhov V. V., Bolotin A. G., Frolova M. V., et al. The Problem of Aquaculture Development in the Volga-Caspian Region. Formation and development of agricultural science in the XXI century. Collection of Scientific Articles of the Federal State Budgetary Scientific Institution "PNIIAZ". Salty Zaymische, 2016. Pp. 230-235.
4. Avarsky N. D., Kolonchin K. V., Seregin S. N., Betin O. I. Development of commodity aquaculture in Russia: state and key directions. Economics, labor, management in agriculture. 2020. № 8 (65). Pp. 74-90.
5. Naumova A. M., Naumova A. Yu., Loginov L. S. Epizootological Monitoring of Fish Farms and Fishery Reservoirs of Russia. Proceedings of VNIRO. 2016. V. 162. Pp. 97-102.
6. Burlachenko I. V., Yakhontova I. V. Fish Breeding Technologies in Artificial Reproduction: Current State, Problems, Solutions. Proceedings of VNIRO. 2015. V. 153. Pp. 137-153.
7. Yang Z., et al. The reduction of nutrients enhances the influence of extreme weather conditions on the formation of cyanobacterial blooms in the large shallow lake Taihu (China). Water Research. 2016. Vol. 103. Pp. 302-310.
8. Lukyanov V. A., Mysik A. T., Naumov M. M. Biological Method for Increasing Dissolved Oxygen in Water Bodies Using Microalgae. Animal Science. 2019. № 1. Pp. 19-22.
9. Kolonchin K. V., Truba M. A., Kuzicheva N. Yu. Trends in the development of aquaculture in Russia: prospects for qualitative improvement of food security and sustainable growth of the economic potential of the industry. Food policy and security. 2023. V. 10. № 3. Pp. 533-546.
10. Novikov A. E., Moskovets M. V. Ecotones of water intake zones of the Tsimlyansk reservoir: use and water supply of the population. Irrigated agriculture. 2023. № 1 (40). Pp. 45-49.
11. Novikov A. E., Rodin K. A., Moskovets M. V., Toropov A. Y. Modern Biotechnology of Irrigation Water Recclamation for Precision Agriculture, Contributing to Increasing the Productivity of Agricultural Crops. Irrigated agriculture. 2021. № 1. Pp. 11-14.
12. Novikov A. E., Filimonov M. I., Toropov A. Yu., Frolova M. V. Cultivation of *Chlorella vulgaris* under the influence of full spectrum and natural radiation. Irrigated agriculture. 2020. № 2. Pp. 51-54.

13. Toropov A. Yu., Moskovets M. V., Filimonov M. I., Semenenko S. Ya. Influence of *Chlorella vulgaris* IGF No S-111 on the formation of epizootic well-being in pond farming. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 1 (69). Pp. 427-434.

14. Melikhov V. V., Medvedeva L. N., Frolova M. V. Monitoring and application of environmentally friendly technologies in fish ponds. Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 8 (28).

15. Tikhonova M. K., Frolova M. V., Moskovets M. V., Toropov A. Yu. The effect of *chlorella* microalgae on the productive qualities of silver carp. Irrigated agriculture. 2022. № 2. Pp. 54-58.

16. Methodical instructions for laboratory work. Comparison of methods for determining the chemical demand for oxygen in water. Belarusian State University. Minsk, 2018. Pp. 2-3.

Информация об авторах

Новиков Андрей Евгеньевич, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, профессор, директор ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), e-mail: vnioz2009@rambler.ru

Тихонова Маргарита Константиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID 0000-0002-8798-0296, e-mail: margarita.tikhonova.73@mail.ru

Московец Мария Васильевна, научный сотрудник, ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID 0000-0003-1997-63-13, e-mail: vnioz-algo@yandex.ru

Торопов Алексей Юрьевич, научный сотрудник, ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID 0000-0002-8798-0296, e-mail: vnioz-algo@yandex.ru

Author's Information

Novikov Andrey Evgenievich, Doctor of Engineering Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Director of VNIIOZ – branch of the Federal State Budgetary Scientific Research Center VNIIGiM named after A. N. Kostyakov (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), e-mail: vnioz2009@rambler.ru

Tikhonova Margarita Konstantinovna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, VNIIOZ – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "FNC VNIIGiM named after A. N. Kostyakov" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID 0000-0002-8798-0296, e-mail: margarita.tikhonova.73@mail.ru

Moskovets Maria Vasilyevna, Researcher, VNIIOZ – branch of the Federal State Budgetary Budgetary Institution "FNC VNIIGiM named after A. N. Kostyakov" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID 0000-0003-1997-63-13, e-mail: vnioz-algo@yandex.ru

Alexey Yuryevich Toropov, Researcher, VNIIOZ – branch of the Federal State Budgetary Budgetary Institution "FNC VNIIGiM named after A. N. Kostyakov" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID 0000-0002-8798-0296, e-mail: vnioz-algo@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-25

BIODIVERSITY OF THE FAUNA OF TREMATODES AND CESTODES AND EPIZOOTOLOGICAL FEATURES OF GOATS OF THE DAGESTAN DOWNY BREED IN THE CONDITIONS OF THE CASPIAN REGION OF RUSSIA

Kabardiev S. Sh., **Bittirov A. M.**, Karpushchenko K. A., Shapiev B. I.

*Caspian Zonal Veterinary Research Institute – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution
Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan
Makhachkala, Dagestan, Russian Federation*

Corresponding author E-mail pznivi05@mail.ru

Received 26.04.2024

Submitted 02.07.2024

The research was carried out within the framework of the State subject "To develop a comprehensive system for prevention and control of the most common invasive diseases of farm animals and birds using modern chemotherapeutic and insectacaricidal preparations of a wide range of action in the conditions of the Caspian region of Russia" Reg. NIOCTR 122022400197-4

Summary

The article presents the results of studying the biodiversity of helminthofauna in goats of the Dagestan rock, in the Caspian region of Russia. The results of the conducted studies have shown that the species composition of trematodes and cestodes in goats of the Dagestan downy breed is determined by 12 species. The trematode class is represented by 5 species, and the cestode class is represented by 7 species with different indicators of occurrence and abundance.

Abstract

Introduction. According to the studies conducted in the Caspian region of Russia (Republic of Dagestan), the species composition of trematodes and cestodes in goats of Dagestan downy breed is represented by 12 species, including 5 trematodes and 7 cestodes, with different indices of occurrence and abundance. In populations of goats of different ages, the occurrence indices of trematode fauna (species – *Fasciola hep-*

ica, *Dicrocoelium lanceatum*, *Ramphistomum ichikawai*, *Ramphistomum cervi*, *Liorchis scotiae*) were 21.0 ± 1.9 ; 39.5 ± 2.3 ; 33.0 ± 2.1 ; 17.0 ± 1.6 ; 13.0 ± 1.3 %, and cestodes (species *Moniezia expansa*, *Moniezia benedeni*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Echinococcus granulosus*, *Cysticercus tenuicollis*, *Coenurus cerebralis*) were 11.0 ± 1.2 ; 8.0 ± 0.7 ; 10.0 ± 1.1 ; 6.0 ± 0.5 ; 19.0 ± 1.7 ; 8.5 ± 0.9 ; 7.0 ± 0.6 %, which confirms the presence of foci of these invasions in the places of their reproduction. **Object.** The object of the study is goats of Dagestan down breed. **Materials and methods.** Helminthofauna of goats of Dagestan down breed was studied on animals of different age groups (up to 1 year, 1-2 years and older than 2 years) according to generally accepted methods, on the basis of the laboratory for the study of invasive diseases of farm animals and birds of the Institute. The method of complete helminthological autopsy according to K. I. Skryabin (1928) was used. 200 goats were subjected to the study. **Results and conclusions.** Indices of abundance of goat trematodofauna (*Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium lanceatum*, *Ramphistomum ichikawai*, *Ramphistomum cervi*, *Liorchis scotiae*) were respectively 30.2 ± 2.6 ; 95.6 ± 8.9 ; 117.3 ± 10.5 ; 64.2 ± 5.0 ; 30.6 ± 2.9 eq./ind. and cestodes (*Moniezia expansa*, *Moniezia benedeni*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Echinococcus granulosus* I, *Cysticercus tenuicollis*, *Coenurus cerebralis*) – 2.8 ± 0.4 ; 1.5 ± 0.2 ; 2.0 ± 0.4 ; 1.7 ± 0.3 ; 14.7 ± 2.0 ; 2.1 ± 0.3 ; 1.5 ± 0.4 ex. /specimen, which indicates intensive colonization of organs by these parasites. The species composition of trematodes and cestodes in goats of Dagestan downy breed is determined by 12 species. The class of trematodes is represented by 5 species, and the class of cestodes – by 7 species with different indicators of occurrence and abundance. In populations of goats of different ages, the occurrence indices of trematode fauna (*Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium lanceatum*, *Ramphistomum ichikawai*, *Ramphistomum cervi*, *Liorchis scotiae*) were 21.0 ± 1.9 species; 39.5 ± 2.3 ; 33.0 ± 2.1 ; 17.0 ± 1.6 ; 13.0 ± 1.3 %, respectively and cestodes (species *Moniezia expansa*, *Moniezia benedeni*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Echinococcus granulosus*, *Cysticercus tenuicollis*, *Coenurus cerebralis*) – 11.0 ± 1.2 ; 8.0 ± 0.7 ; 10.0 ± 1.1 ; 6.0 ± 0.5 ; 19.0 ± 1.7 ; 8.5 ± 0.9 ; 7.0 ± 0.6 %, which confirms the presence of foci of these infestations in their breeding areas. In goats of Dagestan downy breed the indicators of trematodes occurrence ranged from 13.0 ± 1.3 to 39.5 ± 2.3 %, cestodes – from 6.0 ± 0.5 to 19.0 ± 1.7 %, indicators of trematodes abundance – from 30.2 ± 2.6 to 117.3 ± 10.5 eq./ind. and cestodes – from 1.5 ± 0.2 to 14.7 ± 2.0 eq./ind.

Keywords: Caspian region, goats, Dagestan downy goat breed, trematodes, cestodes, invasive diseases of goats.

Citation. Kabardiev S. Sh., [Bittirov A. M.], Karpuschenko K. A., Shapiev B. I. Biodiversity of the fauna of trematodes and cestodes and epizootological features of goats of the Dagestan downy breed in the conditions of the Caspian region of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 243-249 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-25.

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

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

УДК 619:616.995.121.3

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ФАУНЫ ТРЕМАТОД И ЦЕСТОД И ЭПИЗООТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ У КОЗ ДАГЕСТАНСКОЙ ПУХОВОЙ ПОРОДЫ В УСЛОВИЯХ ПРИКАСПИЙСКОГО РЕГИОНА РОССИИ

Кабардиев С. Ш., доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник

[Биттиров А. М.], доктор биологических наук, профессор

Карпущенко К. А., кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник

Шапиев Б. И., кандидат химических наук, докторант

Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»
г. Махачкала, Дагестан, Российская Федерация

Исследования выполнены в рамках Государственной тематики «Разработать комплексную систему по профилактике и борьбе с наиболее распространенными инвазионными болезнями сельскохозяйственных животных и птиц с использованием современных химиотерапевтических и инсектоакарицидных препаратов широкого спектра действия в условиях Прикаспийского региона России» Рег. НИОКТР 122022400197-4

Актуальность. Исследованиями, проведенными в Прикаспийском регионе России (Республика Дагестан), видовой состав трематод и цестод у коз дагестанской пуховой породы представлен 12 видами, в том числе 5 – трематод и 7 – цестод, с различными показателями встречаемости и численности.

В популяциях коз разного возраста индексы встречаемости фауны трематод (виды – *Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium lanceatum*, *Ramphistomum ichikawai*, *Ramphistomum cervi*, *Liorchis scotiae*) составили соответственно $21,0 \pm 1,9$; $39,5 \pm 2,3$; $33,0 \pm 2,1$; $17,0 \pm 1,6$; $13,0 \pm 1,3\%$, а цестоды (виды *Moniezia expansa*, *Moniezia benedeni*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Echinococcus granulosus*, *Cysticercus tenuicollis*, *Coenurus cerebralis*) – $11,0 \pm 1,2$; $8,0 \pm 0,7$; $10,0 \pm 1,1$; $6,0 \pm 0,5$; $19,0 \pm 1,7$; $8,5 \pm 0,9$; $7,0 \pm 0,6\%$, что подтверждает наличие очагов этих инвазий в местах их размножения. **Объект.** Объектом исследования являются козы дагестанской пуховой породы. **Материалы и методы.** Гельминтофауну коз дагестанской пуховой породы изучали на животных разных возрастных групп (до 1 года, 1-2 года и старше 2 лет) по общепринятым методикам, на базе лаборатории по изучению инвазионных болезней сельскохозяйственных животных и птиц института. Использовали метод полного гельминтологического вскрытия по К.И. Скрябину (1928). Исследованию подвергнуто 200 голов коз. **Результаты и выводы.** Индексы обилия трематодофауны коз (*Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium lanceatum*, *Ramphistomum ichikawai*, *Ramphistomum cervi*, *Liorchis scotiae*) составили соответственно $30,2 \pm 2,6$; $95,6 \pm 8,9$; $117,3 \pm 10,5$; $64,2 \pm 5,0$; $30,6 \pm 2,9$ экз./инд. и цестоды (*Moniezia expansa*, *Moniezia benedeni*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Echinococcus granulosus* I, *Cysticercus tenuicollis*, *Coenurus cerebralis*) – $2,8 \pm 0,4$; $1,5 \pm 0,2$; $2,0 \pm 0,4$; $1,7 \pm 0,3$; $14,7 \pm 2,0$; $2,1 \pm 0,3$; $1,5 \pm 0,4$ экз./особь, что свидетельствует об интенсивной колонизации органов этими паразитами.

Установлено, что видовой состав трематод и цестод у коз дагестанской пуховой породы определяется 12 видами. Класс трематод представлен 5 видами, а класс цестод – 7 видами с различными показателями встречаемости и численности. В популяциях коз разного возраста индексы встречаемости фауны трематод (*Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium lanceatum*, *Ramphistomum ichikawai*, *Ramphistomum cervi*, *Liorchis scotiae*) составили соответственно $21,0 \pm 1,9$ вида; $39,5 \pm 2,3$; $33,0 \pm 2,1$; $17,0 \pm 1,6$; $13,0 \pm 1,3\%$. и цестоды (виды *Moniezia expansa*, *Moniezia benedeni*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Echinococcus granulosus*, *Cysticercus tenuicollis*, *Coenurus cerebralis*) – $11,0 \pm 1,2$; $8,0 \pm 0,7$; $10,0 \pm 1,1$; $6,0 \pm 0,5$; $19,0 \pm 1,7$; $8,5 \pm 0,9$; $7,0 \pm 0,6\%$, что подтверждает наличие очагов этих инвазий в местах их размножения. У коз дагестанской пуховой породы показатели встречаемости трематод колебались от $13,0 \pm 1,3$ до $39,5 \pm 2,3\%$, цестод – от $6,0 \pm 0,5$ до $19,0 \pm 1,7\%$, показатели обилия трематод – от $30,2 \pm 2,6$ до $117,3 \pm 10,5$ экз./инд. и цестод – от $1,5 \pm 0,2$ до $14,7 \pm 2,0$ экз./инд.

Ключевые слова: Прикаспийский регион, козы, дагестанская пуховая порода коз, трематоды, цестоды, инвазионные болезни коз.

Цитирование. Кабардиев С. Ш., Биттиров А. М., Карпущенко К. А., Шапиев Б. И. Биоразнообразие фауны трематод и цестод и эпизоотологические особенности у коз дагестанской пуховой породы в условиях Прикаспийского региона России. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 243-249. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-25.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Дагестанская пуховая порода коз отличается высоким качеством пуха. Она была выведена в 1993 году государственным научным учреждением «Дагестанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» в хозяйстве "Узни" путем скрещивания местных коз с козами местной породы шерстной продуктивности, с последующим разведением кроссов желательного типа 2-го поколения "в себе". Как отмечается в источниках: продуктивность – нисходящее направление. Пуховые стриженные – 400-1200 г. н. э. Дагестанские пуховые козы возникли в горных районах Северного Кавказа, но получили широкое распространение только в Республике Дагестан. Масть белая или светло-серая. Представители этой породы крепкого телосложения. Средняя масса тела козлов составляет 57 кг, козлят – 35 кг, новорожденных малышей – 2 кг, в возрасте 12 месяцев – 22 кг, в 18 месяцев – 26 кг. Плодовитость на 100 самок составляет 120-130 малышей. Показатели мясной продуктивности удовлетворительные. Убойный выход составляет 43-45% [1, 2, 3].

В Дагестане насчитывается более 350 тыс. коз пуховой породы, но их гельминтофаунистический комплекс в регионе мало изучен [4, 5]. Известно, что в Российской Федерации насчитывается более 140 видов нематод у мелкого рогатого скота, 15 цестод и 10 трематод представляют фауну био- и геогельминтов [6, 7]. В Дагестане до 80,0% поголовья овец и коз инфицированы стронгилятозом и анаплацефалатозом, до 28,0-36,0% – фасциолой [8, 9]. В аридной зоне Республики Калмыкия до 70,0% поголовья овец и коз инфицировано дикроцелиями и до 37,0% – кистозным эхинококкозом [8].

У овец и коз в Чеченской Республике паразиты представлены 74 видами (6 видов – трематоды, 6 видов – цестоды, 62 вида – нематоды) [9, 10]. В Северной Осетии – Алании от 40 до 70% поголовья овец и коз заражено гельминтами. Их видовой состав состоит из 68 трансареальных видов [11]. Таким образом, в Прикаспийском регионе России изучение фауны гельминтов коз дагестанской пуховой породы целенаправленно не проводилось, что важно учитывать при прогнозировании гельминтозов и организации мероприятий по борьбе с ними и предотвращению инвазий [12, 13, 14].

Цель работы – изучить биоразнообразие гельминтофауны и эпизоотологию гельминтозов у коз дагестанской пуховой породы в Прикаспийском регионе России.

Материалы и методы. В Прикаспийском районе (Республика Дагестан) в 2019-2022 гг. в 56 личных подсобных и фермерских хозяйствах, практикующих траншумное и пастбищное содержание домашних животных, проведены исследования по изучению биоразнообразия гельминтофауны у коз дагестанской пуховой породы.

Гельминтофауну коз дагестанской пуховой породы изучали на животных разных возрастных групп (до 1 года, 1-2 года и старше 2 лет). Все исследования проведены в соответствии с ГОСТ Р 54627-2011. Животные сельскохозяйственные жвачные. Методы лабораторной диагностики гельминтозов, на базе лаборатории по изучению инвазионных болезней сельскохозяйственных животных и птиц института. Использовали метод полного гельминтологического вскрытия по К. И. Скрябину (1928). Исследованию подвергнуто 200 голов коз.

Экстенсивность и интенсивность инвазии био- и геогельминтозами определяли у коз дагестанской пуховой породы, с подтверждением видового состава гельминтов в ФГБОУ ВПО "МГАВМиБ им. К. И. Скрябина". Результаты исследований подвергали вариационной статистике с использованием компьютерной программы "Биометрия".

Результаты и обсуждение. В результате исследований, проведенных в горной зоне Прикаспийского региона России (Дагестан), у коз дагестанской пуховой породы выявили следующий видовой состав трематод и цестод, представленный в таблице 1.

Установлено, что животные инвазированы трематодами (*Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium lanceatum*, *Paramphistomum ichikawai*, *Paramphistomum cervi*, *Liorchis scotiae*), индекс встречаемости у которых составил соответственно: 21,0±1,9; 39,5±2,3; 33,0±2,1; 17,0±1,6; 13,0±1,3%, а цестоды: (*Moniezia expansa*, *Moniezia benedeni*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Echinococcus granulosus*, *Cysticercus tenuicollis*, *Coenurus cerebralis*) с индексами встречаемости и численности, соответственно 11,0±1,2; 8,0±0,7; 10,0±1,1; 6,0±0,5; 19,0±1,7; 8,5±0,9; 7,0±0,6%, что подтверждает наличие очагов этих инвазий в местах их размножения (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Показатели встречаемости фауны трематод и цестод у коз дагестанской пуховой породы в Прикаспийском регионе России (Республика Дагестан) (n=200)

Table 1 – Occurrence of trematode and cestode fauna in Dagestan downy goats in the Caspian region of Russia (Republic of Dagestan) (n=200)

№, п/п	Виды трематод и цестод / Types of trematodes and cestodes	Зараженность трематодами и цестодами коз, голов / Infection with trematodes and cestodes of goats	Индексы встречаемости, % / Occurrence indices, %
1	<i>Fasciola hepatica</i>	42	21,0±1,9
2	<i>Dicrocoelium lanceatum</i>	79	39,5±2,3
3	<i>Paramphistomum ichikawai</i>	66	33,0±2,1
4	<i>Paramphistomum cervi</i>	34	17,0±1,6
5	<i>Liorchis scotiae</i>	26	13,0±1,3
6	<i>Moniezia expansa</i>	22	11,0±1,2
7	<i>Moniezia benedeni</i>	16	8,0±0,7
8	<i>Avitellina centripunctata</i>	20	10,0±1,1
9	<i>Thysaniezia giardi</i>	12	6,0±0,5
10	<i>Echinococcus granulosus</i> I	38	19,0±1,7
11	<i>Cysticercus tenuicollis</i> I	17	8,5±0,9
12	<i>Coenurus cerebralis</i> I	14	7,0±0,6

В популяциях коз разного возраста дагестанской пуховой породы в горной зоне Прикаспийского региона (Республика Дагестан) показатели обилия трематодофауны (*Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium lanceatum*, *Ramphistomum ichikawai*, *Ramphistomum cervi*, *Liorchis scotiae*) составили $30,2 \pm 2,6$ соответственно; $95,6 \pm 8,9$; $117,3 \pm 10,5$; $64,2 \pm 5,0$; $30,6 \pm 2,9$ экз. и цестоды (*Moniezia expansa*, *M. benedeni*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Echinococcus granulosus*, *Cysticercus tenuicollis*, *Coenurus cerebralis*) – $2,8 \pm 0,4$; $1,5 \pm 0,2$; $2,0 \pm 0,4$; $1,7 \pm 0,3$; $14,7 \pm 2,0$; $2,1 \pm 0,3$; $1,5 \pm 0,4$ экз./инд, что свидетельствует об интенсивной колонизации органов этими паразитами (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели численности трематод и цестод у коз дагестанской пуховой породы в Прикаспийском регионе России (Республика Дагестан) (n=200)
Table 2 – Abundance of trematodes and cestodes in goats of the Dagestan downy breed in the Caspian region of Russia (Republic of Dagestan) (n=200)

No., n/n	Виды трематод и цестод / Types of trematodes and cestodes	Зараженность трематодами и цестодами коз, голов / Infection with trematodes and cestodes of goats	Индекс обилия / Abundance Index
1	<i>Fasciola hepatica</i>	42	$30,2 \pm 2,6$
2	<i>Dicrocoelium lanceatum</i>	79	$95,6 \pm 8,9$
3	<i>Paramphistomum ichikawai</i>	66	$117,3 \pm 10,5$
4	<i>Paramphistomum cervi</i>	34	$64,2 \pm 5,0$
5	<i>Liorchis scotiae</i>	26	$30,6 \pm 2,9$
6	<i>Moniezia expansa</i>	22	$2,8 \pm 0,4$
7	<i>Moniezia benedeni</i>	16	$1,5 \pm 0,2$
8	<i>Avitellina centripunctata</i>	20	$2,0 \pm 0,4$
9	<i>Thysaniezia giardi</i>	12	$1,7 \pm 0,3$
10	<i>Echinococcus granulosus</i> I	38	$14,7 \pm 2,0$
11	<i>Cysticercus tenuicollis</i>	17	$2,1 \pm 0,3$
12	<i>Coenurus cerebralis</i> I	14	$1,5 \pm 0,4$

В Прикаспийском регионе России у коз дагестанской пуховой породы показатели встречаемости трематод варьировали от $13,0 \pm 1,3$ до $39,5 \pm 2,3$ %, цестод – от $6,0 \pm 0,5$ до $19,0 \pm 1,7$ % (таблица 1) и показатели обилия трематод от $30,2 \pm 2,6$ до $117,3 \pm 10,5$ экз. на особь и цестод от $1,5 \pm 0,2$ до $14,7 \pm 2,0$ экз. на особь (таблица 2). Данные факты подтверждают наличие активных пастбищных биотопов инвазий в районах разведения коз дагестанской пуховой породы и свидетельствуют об актуальности проведения лечебно-профилактической дегельминтизации поголовья коз.

Заключение. В результате проведенных исследований в Прикаспийском регионе России (Дагестан) установлено, что видовой состав трематод и цестод у коз дагестанской пуховой породы определяется 12 видами. Класс трематод представлен 5 видами, а класс цестод – 7 видами с различными показателями встречаемости и численности. В популяциях коз разного возраста индексы встречаемости фауны трематод (*Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium lanceatum*, *Ramphistomum ichikawai*, *Ramphistomum cervi*, *Liorchis scotiae*) составили соответственно $21,0 \pm 1,9$ вида; $39,5 \pm 2,3$; $33,0 \pm 2,1$; $17,0 \pm 1,6$; $13,0 \pm 1,3$ %. и цестоды (виды *Moniezia expansa*, *Moniezia benedeni*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Echinococcus granulosus*, *Cysticercus tenuicollis*, *Coenurus cerebralis*) – $11,0 \pm 1,2$; $8,0 \pm 0,7$; $10,0 \pm 1,1$; $6,0 \pm 0,5$; $19,0 \pm 1,7$; $8,5 \pm 0,9$; $7,0 \pm 0,6$ %, что подтверждает наличие очагов этих инвазий в местах их размножения.

Показатели обилия трематодофауны у коз (*Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium lanceatum*, *Ramphistomum ichikawai*, *Ramphistomum cervi*, *Liorchis scotiae*) составили соответственно $30,2 \pm 2,6$; $95,6 \pm 8,9$; $117,3 \pm 10,5$; $64,2 \pm 5,0$; $30,6 \pm 2,9$ экз. / особь и цестоды (*Moniezia expansa*, *Moniezia benedeni*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Echinococcus granulosus*, *Cysticercus tenuicollis*, *Coenurus cerebralis*) – $2,8 \pm 0,4$; $1,5 \pm 0,2$; $2,0 \pm 0,4$; $1,7 \pm 0,3$; $14,7 \pm 2,0$; $2,1 \pm 0,3$; $1,5 \pm 0,4$ экз./особь, что свидетельствует об интенсивной колонизации органов этими паразитами.

В популяциях коз дагестанской пуховой породы показатели встречаемости трематод колебались от $13,0 \pm 1,3$ до $39,5 \pm 2,3\%$, цестод – от $6,0 \pm 0,5$ до $19,0 \pm 1,7\%$, показатели обилия трематод – от $30,2 \pm 2,6$ до $117,3 \pm 10,5$ экз./инд. и цестод – от $1,5 \pm 0,2$ до $14,7 \pm 2,0$ экз./инд.

Данные факты подтверждают наличие активных пастбищных биотопов инвазий в районах разведения коз дагестанской пуховой породы и свидетельствуют об актуальности проведения лечебно-профилактической дегельминтизации поголовья коз.

Conclusions. As a result of the studies carried out in the Caspian region of Russia (Dagestan), it was established that the species composition of trematodes and cestodes in goats of the Dagestan downy breed is determined by 12 species. The class of trematodes is represented by 5 species, and the class of cestodes is represented by 7 species with different indicators of occurrence and abundance. In goat populations of different ages, the indices of occurrence of trematode fauna (*Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium lanceatum*, *Ramphistomum ichikawai*, *Ramphistomum cervi*, *Liorchis scotiae*) were $21,0 \pm 1,9$ species, respectively; $39,5 \pm 2,3$; $33,0 \pm 2,1$; $17,0 \pm 1,6$; $13,0 \pm 1,3\%$. and cestodes (species *Moniezia expansa*, *Moniezia benedeni*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Echinococcus granulosus*, *Cysticercus tenuicollis*, *Coenurus cerebralis*) – $11,0 \pm 1,2$; $8,0 \pm 0,7$; $10,0 \pm 1,1$; $6,0 \pm 0,5$; $19,0 \pm 1,7$; $8,5 \pm 0,9$; $7,0 \pm 0,6\%$, which confirms the presence of foci of these invasions in the places of their reproduction. Indicators of trematodofauna abundance in goats (*Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium lanceatum*, *Ramphistomum ichikawai*, *Ramphistomum cervi*, *Liorchis scotiae*) amounted to $30,2 \pm 2,6$, respectively; $95,6 \pm 8,9$; $117,3 \pm 10,5$; $64,2 \pm 5,0$; $30,6 \pm 2,9$ ind. / individual and cestodes (*Moniezia expansa*, *Moniezia benedeni*, *Avitellina centripunctata*, *Thysaniezia giardi*, *Echinococcus granulosus*, *Cysticercus tenuicollis*, *Coenurus cerebralis*) – $2,8 \pm 0,4$; $1,5 \pm 0,2$; $2,0 \pm 0,4$; $1,7 \pm 0,3$; $14,7 \pm 2,0$; $2,1 \pm 0,3$; $1,5 \pm 0,4$ ind./individual, which indicates intensive colonization of organs by these parasites. In the populations of goats of the Dagestan downy breed, the occurrence of trematodes ranged from $13,0 \pm 1,3$ to $39,5 \pm 2,3\%$, cestodes – from $6,0 \pm 0,5$ to $19,0 \pm 1,7\%$, trematode abundance – from $30,2 \pm 2,6$ to $117,3 \pm 10,5$ ind./ind. and cestodes – from $1,5 \pm 0,2$ to $14,7 \pm 2,0$ ind./ind. These facts confirm the presence of active pasture biotopes of invasions in the areas of breeding goats of the Dagestan downy breed and indicate the relevance of therapeutic and preventive deworming of the goat population.

Библиографический список

1. Волков А. Д. Овцеводство и козоводство. СПб: Лань, 2020. 280 с.
2. Колосов Ю. А., Абонеев В. В. Технология производства шерсти и баранины: учебник для ВУЗов. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 184 с.
3. Мусалаев Х. Х. Состояние и перспективы развития грубошерстного овцеводства и козоводства Республики Дагестан. Сб. научных трудов Ставропольского НИИ животноводства и кормопроизводства. 2014. Т. 3. № 7. С. 87-91.
4. Атаев А. М., Зубаирова М. М., Карсаков Н. Т. Биоразнообразие гельминтов дагестанского тура, серны, косули на юго-востоке Северного Кавказа. Теория и практика с паразитарными болезнями животных. 2023. № 24. С. 58.
5. Мусаев З. Г., Кабардиев С. Ш., Гюльяхмедова Н. Х. Ретроспективный анализ зараженности молодняка овец и коз кишечными цестодами в равнинной и горной зонах Республики Дагестан. Российский паразитологический журнал. 2021. Т. 15. С. 50-54.
6. Биттиров А. М. Паразитарные зоонозы как проблема санитарии и гигиены в мире и в РФ. Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 3. С. 208-212.
7. Атаев А. М., Зубаирова М. М., Карсаков Н. Т., Мутуев С. Ш. Биоразнообразие стронгилят пищеварительного тракта у овец на пастбищах разных экологических типов равнинного Дагестана. Российский паразитологический журнал. 2022. № 16 (1). С. 11-16.
8. Василевич Ф. И., Цепилова И. И., Горчакова В. И. Распространение эндопаразитов у мелкого рогатого скота в условиях частных ферм. Российский паразитологический журнал. 2020. № 14 (2). С. 29-31.
9. Магомедов О. А. и др. Система мер борьбы с желудочно-кишечными стронгилятозами (хабертиоз, нематодироз, трихоцефалез) овец и коз. Методические рекомендации. Махачкала. 2010. 16 с.
10. Биттиров А. М. и др. Оценка эпизоотологической и вероятной эпидемиологической опасности эхинококковой инвазии в южных регионах России. Ветеринария Кубани. 2022. № 1. С. 34-36.
11. Шахбиев Х. Х., Косяев Н. И., Шахбиев И. Х. Эпизоотологическое течение мониезиоза мелкого рогатого скота в равнинных районах Чеченской республики. Международный вестник ветеринарии. 2020. № 1. С. 33-36.
12. Шахбиев И. Х. и др. Проверка санитарного состояния почвы и воды в горных районах Кабардино-Балкарии по зараженности яйцами и личинками нематод рода *Trichocephalus* (Shrank, 1788). Исследовательский журнал фармацевтических, биологических и химических наук (ИЖФБХН). 2019. Т. 10. С. 1077-1083.
13. Болатчиев К. Х. и др. Эпизоотологическая циркуляция эхинококкоза у собак и коз с оценкой плодовитости ларвоцист *Echinococcus granulosus* в Карачаево-Черкесии. Ветеринарная патология. 2022. № 1 (79). С. 22-29.
14. Гогошев З. Т. и др. Эхинококкоз грызунов - синантропная эпизоотия и эпидемический риск на особо охраняемых территориях Северного Кавказа. Ветеринарная патология. 2021. № 4 (78). С. 5-10.

Referenses

1. Volkov A. D. Sheep and goat breeding. St. Petersburg: Lan, 2020. 280 p.
2. Kolosov Y. A., Aboneev V. V. Technology of wool and mutton production: a textbook for universities. St. Petersburg: Lan, 2021. 184 p.
3. Musalaev H. H. The state and prospects of development of coarse-wool sheep and goat breeding in the Republic of Dagestan. Collection of scientific papers of the Stavropol Research Institute of Animal Husbandry and feed production. 2014. V. 3. No 7. Pp. 87-91.
4. Ataev A. M., Zubairova M. M., Karsakov N. T. Biodiversity of helminths of the Dagestan tour, chamois, roe deer in the south-east of the North Caucasus. Theory and practice with parasitic diseases of animals. 2023. V. 24. P. 58.
5. Musaev Z. G., Kabardiev S. Sh., Gulakhmedova N. H. A retrospective analysis of the infection of young sheep and goats with intestinal cestodes in the lowland and mountainous zones of the Republic of Dagestan. Russian Parasitological Journal. 2021. V. 15. Pp. 50-54.
6. Bittirov A. M. Parasitic zoonoses as a problem of sanitation and hygiene in the world and in the Russian Federation. Hygiene and sanitation. 2018. Vol. 97. No 3. Pp. 208-212.
7. Ataev A. M., Zubairova M. M., Karsakov N. T., Mutuev S. S. Biodiversity of strong digestive tract in sheep on pastures of different ecological types of lowland Dagestan. Russian Journal of Parasitology. 2022. V. 16 (1). Pp. 11-16.
8. Vasilevich F. I., Tsepilova I. I., Gorchakova V. I. The spread of endoparasites in small cattle in private farms. The Russian Journal of Parasitology. 2020. V. 14 (2). Pp. 29-31.
9. Magomedov O. A., et al. System of measures to combat gastrointestinal strongylatoses (chabertiosis, nematodiosis, trichocephalosis) of sheep and goats. Methodical recommendations. Makhachkala. 2010. 16 p.
10. Bittirov A. M. et al. Assessment of the epizootological and probable epidemiological danger of echinococcosis invasion in the southern regions of Russia. Veterinary medicine of the Kuban. 2022. № 1. Pp. 34-36.
11. Shakhbiev H. H., Kosyaev N. I., Shakhbiev I. H. Epizootological course of moniesiosis of small cattle in the lowland regions of the Chechen Republic. International Bulletin of Veterinary Medicine. 2020. V. 1. Pp. 33-36.
12. Inspection of the sanitary condition of soil and water in the mountainous regions of Kabardino-Balkaria for infection with eggs and larvae of nematodes of the genus Trichocephalus (Shrank, 1788). Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences (IJHFBHN). 2019. V. 10. Pp. 1077-1083.
13. Bolatchiev K. Kh., et al. Epizootological circulation of echinococcosis in dogs and goats with an assessment of the fertility of larvocysts Echinococcus granulosus in Karachay-Cherkessia. Veterinary pathology. 2022. № 1 (79). Pp. 22-29.
14. Gogushev Z. T., et al. Rodent echinococcosis – synanthropic epizootic and epidemic risk in specially protected areas of the North Caucasus. Veterinary pathology. 2021. № 4 (78). Pp. 5-10.

Информация об авторах

Кабардиев Садрутдин Шамшитович, доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, зав. лаборатории по изучению инвазионных болезней сельскохозяйственных животных и птиц, Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт-филиал ФГБНУ «Федеральный Аграрный Научный Центр Республики Дагестан» (Российская Федерация, 367000, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Дахадаева, д. 88), e-mail: pznivi05@mail.ru

Биттиров Анатолий Мурашевич, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории по изучению инвазионных болезней сельскохозяйственных животных и птиц, Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт-филиал ФГБНУ «Федеральный Аграрный Научный Центр Республики Дагестан» (Российская Федерация, 367000, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Дахадаева, д. 88).

Карпусченко Карине Альбертовна, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории по изучению болезней с/х животных незаразной этиологии, Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт-филиал ФГБНУ «Федеральный Аграрный Научный Центр Республики Дагестан» (Российская Федерация, 367000, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Дахадаева, д. 88).

Шапиев Бамматгерей Исламгереевич, кандидат химических наук, докторант Прикаспийский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт-филиал ФГБНУ «Федеральный Аграрный Научный Центр Республики Дагестан» (Российская Федерация, 367000, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Дахадаева, д. 88), e-mail: pznivi05@mail.ru

Author's Information

Kabardiev Sadrutdin Shamshitovich, Doctor of Veterinary Sciences, Chief Researcher, Head of the Laboratory for the Study of Invasive Diseases of Farm Animals and Poultry, Caspian Zonal Research Veterinary Institute-Branch of the Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan (Russian Federation, 367000, Republic of Dagestan, Makhachkala, Dakhadaeva Street, 88), e-mail: pznivi05@mail.ru

Bittirov Anatoly Murashevich, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the Laboratory for the Study of Invasive Diseases of Farm Animals and Birds, Caspian Zonal Research Veterinary Institute-Branch of the Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan (Russian Federation, 367000, Republic of Dagestan, Makhachkala, Dakhadaeva Street, 88).

Karpuschenko Karine Albertovna, Candidate of Veterinary Sciences, leading researcher at the laboratory for the study of agricultural animal diseases of non-contagious etiology; Caspian Zonal Research Veterinary Institute-Branch of the Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan (Russian Federation, 367000, Republic of Dagestan, Makhachkala, Dakhadaeva Street, 88), e-mail: pznivi05@mail.ru

Shapiev Bammatgerey Islamgerееvich, Candidate of Chemical Sciences, doctoral student, Caspian Zonal Research Veterinary Institute-Branch of the Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan (Russian Federation, 367000, Republic of Dagestan, Makhachkala, Dakhadaeva Street, 88), e-mail: pznivi05@mail.ru

**COMPARATIVE ASSESSMENT OF SIMMENTAL AND RED-MOTTLED BREEDS
IN THE CONDITIONS OF THE DRY STEPPE ZONE**¹Kolosov Yu. A., ¹Panfilova G. I., ¹Epivanov K. S., ²Chamurliiev N. G.¹Don State Agrarian University
Persianovsky, Oktyabrsky district, Rostov region, Russian Federation²Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: shperov2011@mail.ru

Received 27.06.2024

Submitted 19.07.2024

Summary

In a comparative aspect, an assessment of the growth and development of young Simmental and red-mottled breeds in the conditions of the dry-steppe zone was carried out; the reproductive ability and milk productivity for the first lactation were evaluated.

The evaluation of milk productivity showed that the animals of the red-mottled breed differ in high milk yields over 305 days of lactation, milk fat yield with lower milk fat content compared to animals of the Simmental breed. In order to increase dairy productivity on a commodity farm, it is necessary to select the first heifers according to their own productivity, as well as to form breeding groups of cows for reproduction.

Abstract

Introduction. Dairy cattle breeding are considered one of the leading and most complex branches of animal husbandry. Domestic animal science is actively using the global gene pool to increase the productivity of dairy cattle breeds. Currently, one of the main tasks in the dairy industry is to create conditions under which the industry will not depend on the import of breeding products. **Object.** The object of the study was purebred animals of the Simmental and red-pied breeds located in JSC Nadezhda of the Tarasovsky district of the Rostov region. **Materials and methods.** To conduct the study, 25 animals were randomly selected, from which two groups of animals were formed. In a comparative aspect, an assessment of the growth and development of young animals was carried out; the reproductive ability and milk productivity for the first lactation were evaluated. **Results and conclusions.** Live weight is an indicator of the overall development of animals, at the age of 12, 15 and 18 months, the difference between the groups was 10.6 kg (3.5%), 7.0 kg (1.9%), 6.8 kg (1.6%). The insemination index is 1.9-1.3, which is quite a satisfactory indicator from a zootechnical point of view. In the group of the first heifers of the Simmental breed, the duration of the service period was 81.4 days, which is 4.4 days (4.5%) less than in the group of red-mottled holsteins. The milk yield for the first lactation in the group of red-mottled holsteins was 6405± 108.3 kg, which is 854 kg higher than in the group of first heifers of the Simmental breed. The mass fraction of fat in the milk of the Simmental heifers is 0.31% higher. After the sale of milk, a net profit was received from 1 head, for lactation of the red-mottled Holstein breed 32466.8 rubles, and from 1 head of the Simmental breed 17448.8 rubles, respectively. The profitability of cows of the red-mottled Holstein breed turned out to be 8.0% higher and amounted to 18.5%.

Keywords: breeds of cows, Simmental breed of cattle, red-and-white breed of cattle, live weight of cows, insemination index of cows.

Citation. Kolosov Yu. A., Panfilova G. I., Epivanov K. S., Chamurliiev N. G. Comparative assessment of simmental and red-mottled breeds in the conditions of the dry steppe zone. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 250-257 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-26.

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 636.22/.28.082.4

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СИММЕНТАЛЬСКОЙ
И КРАСНО-ПЕСТРОЙ ПОРОД В УСЛОВИЯХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ**¹Колосов Ю. А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор¹Панфилова Г. И., кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент¹Епифанов К. С., магистрант²Чамурлиев Н. Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор¹Донской государственный аграрный университет

п. Персиановский, Октябрьский район, Ростовская область, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Молочное скотоводство считается одной из ведущих и наиболее сложных отраслей животноводства. Отечественная зоотехническая наука активно использует мировой генофонд для повышения производительности пород молочного скота. В настоящее время одной из главных

задач в молочной отрасли является формирование условий, при которых отрасль не будет зависеть от импорта племенной продукции. **Объект.** Объектом исследования являлись чистопородные животные симментальской и красно-пестрой пород, находящиеся в АО «Надежда» Тарасовского района Ростовской области. **Материалы и методы.** Для проведения исследования методом случайной выборки отобрали по 25 животных, из которых сформировали две группы животных. В сравнительном аспекте проведена оценка роста и развития молодняка, оценены воспроизводительная способность и молочная продуктивность за первую лактацию. **Результаты и выводы.** Живая масса показатель общего развития животных, в возрасте 12, 15 и 18 месяцев разница между группами составила 10,6 кг (3,5%), 7,0 кг (1,9%), 6,8 кг (1,6%). Индекс осеменений равен 1,9-1,3, что является с зоотехнической точки зрения вполне удовлетворительным показателем. В группе первотелок симментальской породы продолжительность сервис-периода составила 81,4 дня, что на 4,4 дня (4,5%) меньше, чем в группе красно-пестрых голштинов. Удой за первую лактацию в группе красно-пестрых голштинов составил $6405 \pm 108,3$ кг, это выше на 854 кг, чем в группе первотелок симментальской породы. Массовая доля жира в молоке симментальских первотелок выше на 0,31%. После реализации молока была получена чистая прибыль от 1 головы, за лактацию красно-пестрой голштинской породы 32466,8 руб., а от 1 головы симментальской породы 17448,8 руб., соответственно. Рентабельность у коров красно-пестрой голштинской породы оказалась выше на 8,0% и составила 18,5%.

Ключевые слова: породы коров, симментальская порода КРС, красно-пестрая порода КРС, живая масса коров, индекс осеменения коров.

Цитирование. Колосов Ю. А., Панфилова Г. И., Епифанов К. С., Чамурлиев Н. Г. Сравнительная оценка симментальской и красно-пестрой пород в условиях сухостепной зоны. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 250-257. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-26.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Темпы развития молочного скотоводства в Российской Федерации демонстрируют устойчивую тенденцию наращивания объемов производства молока и обеспечения продовольственной безопасности государства. Рост народонаселения планеты диктует необходимость наращивания продовольственного сырья и обеспечения его экономической доступности максимально возможному количеству людей [1]. В настоящее время одной из главных задач в молочной отрасли является формирование условий, при которых отрасль освобождается от необходимости импорта племенной продукции [2, 3]. Усилия хозяйствующих субъектов должны быть направлены на то, чтобы совместно с государственными структурами создать отечественную инфраструктуру, обеспечивающую хозяйства всех форм собственности необходимыми генетическими ресурсами.

В рамках выполнения Указа Президента РФ об обеспечении продовольственной безопасности и программы развития животноводства России, регионам была оказана существенная экономическая поддержка, позволившая существенно улучшить ресурсную базу отрасли. В ходе реализации предоставленных возможностей в Ростовскую область было завезено большое количество племенного молодняка различных импортных пород крупного рогатого скота. В их числе такие широко распространённые в мире породы, как симментальская и красно-пестрая голштинская. Животные этих пород были приобретены хозяйством АО «Надежда» Тарасовского района. В стаде крупного рогатого скота, являющимся товарным по производству молока, используются различные методы разведения животных, в том числе и чистопородное разведение. В Ростовской области имеются и другие хозяйствующие субъекты, которые имеют аналогичные сочетания пород. Поэтому нами была поставлена цель провести сравнительные анализ разведения этих пород в условиях товарного хозяйства с небольшим поголовьем коров в условиях центральных районов Ростовской области.

Район относится к зоне неустойчивого увлажнения. Годовое количество осадков 450-620 мм. Снежный покров зимой редко устойчив, но таяние снега задерживается под влиянием холодных ветров. Летом долгая засуха часто сменяется проливными дождями с ветрами и грозами. Относительная влажность воздуха колеблется в пределах 60-90%. Район имеет благоприятный умеренно-континентальный климат. Средняя температура воздуха в январе -10°C, в июле + 23°C. Абсолютный температурный минимум в районе составляет - 35°C и абсолютный максимум + 40°C.

Площадь с.-х. угодий составляет 9 160 га; под пашню выделено 7 523 га; под сенокосы 462 га; под пастбища 1175 га; прочие угодья 700 га. Вегетационный период растений начинается при температуре воздуха +5°, продолжается 175-180 дней, что позволяет выращивать большое количество зерновых, зерновых бобовых, кормовых культур. Начинается этот период с 16-18 апреля и заканчивается 10-13 октября.

Для достижения указанной цели нами были решены следующие задачи:

- изучена возрастная динамика живой массы у сравниваемых пород скота;
- оценена скорость роста животных;
- дана оценка воспроизводительных качеств;
- проведено сравнение молочной продуктивности коров-первотелок.

Материалы и методы. Исследования проводились на молочно-товарной ферме АО «Надежда» Тарасовского района Ростовской области и на кафедре разведения с.-х. животных, частной зоотехнии и зоогигиены им. академика П. Е. Ладана Донского ГАУ.

На молочно-товарной ферме животные в зимнее время содержатся привязно, а в летний период животные находятся в лагерях с возможностью выпаса на пастбищах.

Летние загоны оборудованы кормушками, в которые раздают сено, зеленую массу и концентраты, коровам концентраты дают во время доения. Поение животных в летний период осуществляют из корыт. Для получения воды используют артезианские скважины. По водопроводу вода поступает в животноводческое помещение. В зимний период животных поят из автопоилок ПА-1.

Доение трехразовое, осуществляется в станках аппаратами. Доильный вакуум и настройку аппарата подгоняются к индивидуальным особенностям животных, обеспечивая этим комфортное доение. Аппараты регулярно проверяют. После каждой дойки доильные аппараты моют и дезинфицируют. Каждый доильный аппарат оснащен счетчиками, с которых ежедневно снимаются показания зоотехником-учетчиком. Молоко после доения очищается от механических примесей, поступает в холодильную установку, где охлаждается до температуры 4±2°С, что способствует получению молока высшего товарного качества. Установки оснащены термодатчиками, которые автоматически запускают процесс охлаждения при естественном нагреве молока. По результатам контрольных удоев, которые проводятся ежемесячно, определяется продуктивность животных. Помимо количества молока определяют и его жирность.

Продуктивность животных, сохранность здоровья и функционирование всех важнейших систем организма на 60-70% зависит от использования кормовых факторов. На одну дойную корову хозяйство заготавливает не менее 3,5 тонн сухого сена, силоса кукурузного – 2,25, зеленой массы – 8,68, комбикорма – 2,3.

Для проведения исследования методом случайной выборки отобрали по 25 животных, из которых сформировали две группы животных. В первую группу вошли животные симментальской породы, во вторую телки красно-пестрой породы.

Весовой рост отобранных для опыта животных изучали по результатам взвешиваний в возрасте: 3; 6; 9; 12; 15 и 18 месяцев.

По данным взвешиваний вычислили абсолютный и среднесуточный приросты живой массы по следующим формулам:

абсолютный прирост = $B_1 - B_2$;

среднесуточный прирост $A = \frac{W_1 - W_0}{t} \times 1000$

Уровень удоя, массовую долю жира и белка в молоке устанавливали по результатам ежемесячных контрольных доений в соответствии с «Правилами оценки молочной продуктивности коров молочно-мясных пород СНПплем Р-23-97».

Молочный жир рассчитывали по формуле:

(удой за 305 дней лактации × МДЖ) / 100

Молочный белок рассчитывали по формуле:

(удой за 305 дней лактации × МДБ) / 100

Коэффициент молочности (КМ) определяли по формуле:

$КМ = (\text{Удой за 305 дней} \times 100) / \text{живая масса}$

Оценку воспроизводительной функции животных проводили по индексу осеменений.

Экономическую эффективность производства молока по каждой породе вычисляли на основе сложившихся затрат на производство молока от его реализации и денежной выручки.

Полученный цифровой материал подвергли биометрической обработке по методике Е. К. Меркурьевой с использованием стандартного пакета программы «Анализ данных» в системе Microsoft Excel для WINDOWS.

Результаты и обсуждение. Результаты сравнительной оценки возрастной динамики, полученной в процессе исследования представлены на рисунке 1.

Живая масса оцениваемых телок при рождении зафиксирована на уровне от $29,6 \pm 0,9$ до $33,4 \pm 1,2$ кг. На протяжении всего периода роста особи красно-пестрых превосходили сверстниц симментальской породы. В возрасте 3 месяцев животные красно-пестрой породы на 11,0% превосходили симментальских сверстниц. В 6-9 месяцев преимущество красно-пестрых животных над особями первой группы составило 5,9-3,3 % или от 8,8 до 7,4 кг. В периоды 12, 15 и 18 месяцев разница между группами составила 10,6 кг (3,5%), 7,0 кг (1,9%), 6,8 кг (1,6%).

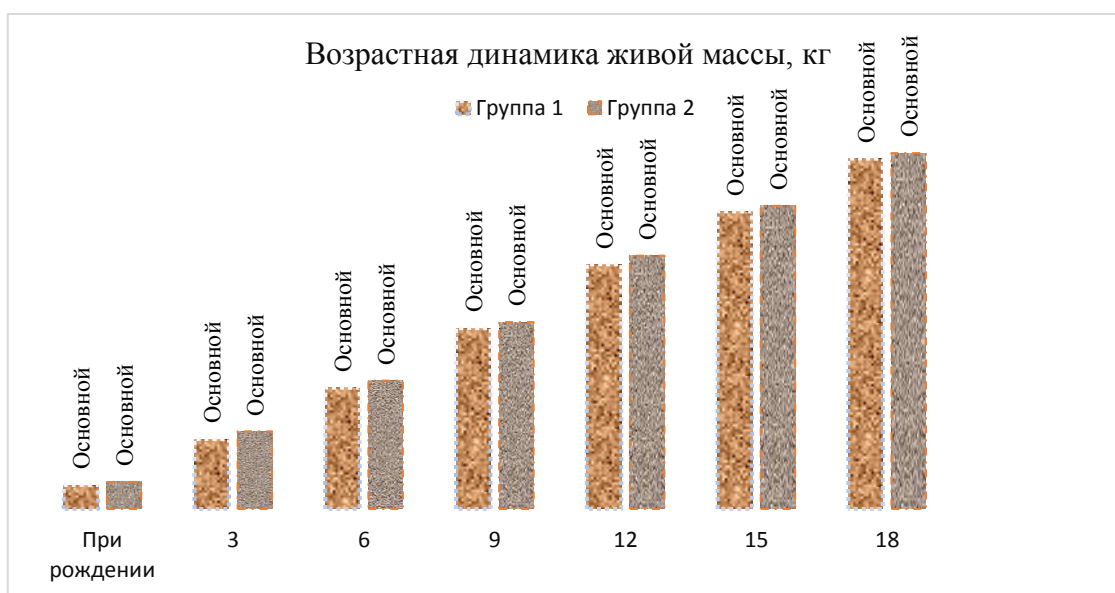


Рисунок 1 – Возрастная динамика живой массы, кг
Figure 1 – Age dynamics of body weight, kg

Динамика среднесуточных приростов живой массы у оцениваемых телок показала имела волнообразный характер рисунок 2.



Рисунок 2 – Среднесуточный прирост за период выращивания, г
Figure 2 – Average daily increase over the growing period, g

Животные красно-пестрой породы в период до 6 месяцев имели среднесуточные приросты живой массы 685,0 г и превосходили сверстниц симментальской породы на 27,8 г. Наибольший уровень среднесуточных приростов у всех животных оказался в возрасте 6-12 месяцев. За весь период контроля от рождения до 18 месяцев среднесуточные приросты составили в группе симменталов – 746,4 г, в группе красно-пестрых голштинов – 752,0 г.

Эффективность производства продуктов животноводства в значительной степени определяется интенсивностью воспроизводства стада, оказывающей прямое влияние на производство молока и темпы реализации генетического потенциала продуктивности. Плодовитость коров и их молочная продуктивность тесно связаны. Нарушение воспроизводительной функции коров ведёт не только к уменьшению количества приплода, сокращению срока их хозяйственного использования, но и снижению молочной продуктивности и, следовательно, рентабельности производства отрасли в целом [4-12].

В исследованиях телки были плодотворно осеменены в возрасте 18 месяцев при достижении ими 432,7-439,5 кг таблица 1. Индекс осеменения характеризует число осеменений для плодотворного осеменения. В нашем исследовании этот показатель в группе симментальских особей составил 1,9, а в группе красно-пестрых голштинов 1,3.

Таблица 1 – Воспроизводительная способность подопытных животных
Table 1 – Reproductive ability of experimental animals

Показатель / Index	Порода / Breed	
	Симментальская / Simmental	Красно-пестрая голштинская / Red-and-white Holstein
Количество, голов / Number of cattle	25	25
Индекс осеменения, раз / Insemination index, times	1,9±0,12	1,3±0,31
Продолжительность стельности, дней / Duration of pregnancy, days	283,4±0,63	282,5±0,74
Продолжительность сервис периода, дней / Duration of the service period, days	81,4±1,54	85,8±2,9
Выход телят на 100 коров, % / Calf yield per 100 cows, %	80	83

Продолжительность стельности в группе красно-пестрой голштинской составила от 283,5 дня, а в группе симментальской 285,4 дня, это в пределах нормы для пород молочного направления продуктивности. В группе животных симментальской породы продолжительность сервис-периода составила 81,4 дня, что на 4,4 дня (4,5%) меньше, чем в группе красно-пестрых голштинов.

Молочная продуктивность коров имеет высокую степень изменчивости в пределах породы. Поэтому, необходимо систематически совершенствовать эти качества [6, 7, 8]. По результатам первого отела проведенная оценка молочной продуктивности выявила межгрупповые различия между группами таблица 2.

Таблица 2 – Молочная продуктивность за первую лактацию
Table 2 – Milk productivity during the first lactation

Порода / Breed	Живая масса, кг / Live weight, kg	Удой за лактацию, кг / Milk yield per lactation, kg	МДЖ, % / MJ, %	Молочный жир, % / Milk fat, %	Коэффициент молочности, кг / Milk production coefficient, kg
Симментальская / Simmental	576,7±22,4	5551±85,9	3,75±0,06	208,2±13,4	962
Красно-пестрая голштинская / Red-and-white Holstein	549,5±20,8	6405±108,3	3,44±0,05	220,3±15,3	1165
Разница +/-, абс. ед. / Difference +/-, abs. Units.	27,2	854	0,31	12,1	203

По первой лактации живая масса симментальских первотелок превзошла стандарт породы на 10,8%. Первотелки красно-пестрой породы по этому показателю уступают стандарту на 4,5%.

Наивысший удой за лактацию был получен в группе красно-пестрых голштинов – $6405 \pm 108,3$ кг. По сравнению со сверстницами симментальской породы их молочная продуктивность была выше на 854 кг. Количество молочного жира в молоке симменталов ниже, чем в группе сверстниц на 0,31%.

Для более полной характеристики молочной продуктивности и эффективности использования животных, мы рассчитали коэффициент молочности. По коэффициенту молочности можно установить выраженность молочного типа скота, для коров он должен составлять 800 и более кг [9, 10]. Коэффициент молочности в группе симментальских коров составил 962 кг, а в группе красно-пестрых голштинов – 1165. Таким образом, по коэффициенту молочности все коровы относятся к молочному типу.

Экономическая эффективность характеризуется получением высоких финансовых показателей. Для выявления экономической эффективности молочной продуктивности между породами в стаде нами проведен расчет на 1 голову (таблица 3).

Таблица 3 – Экономическая эффективность использования коров в зависимости от породной принадлежности

Table 3 – The economic efficiency of using cows depending on the breed

Показатели / Indicators	Симментальская / Simmental	Красно-пестрая голштинская / Red-and-white Holstein
Удой за лактацию, кг / Milk yield per lactation, kg	$5551 \pm 85,9$	$6405 \pm 108,3$
МДЖ, % / MJ, %	$3,75 \pm 0,06$	$3,44 \pm 0,05$
Количество молока базисной жирности, кг / Amount of milk with basic fat content, kg	6122,4	6480,4
Производственные затраты, руб. / Production costs, RUB	153600	153 600
Себестоимость ед. продукции, руб. / Cost of units, RUB	24,15	21,99
Реализовано молока, кг / Milk sold, kg	5551,0	6480
Цена за ед. продукции, руб. / Price per unit, RUB	27	27
Выручка от реализации, руб. / Sales revenue, RUB	149877,0	174970,8
Прибыль, руб. / Profit, RUB	17448,8	32466,8
Уровень рентабельности, % / Profitability level, %	11,6	18,5

От коров красно-пестрой голштинской породы в среднем за лактацию получили на 358,0 кг молока базисной жирности больше. Затраты на 1 голову одинаковы, себестоимость 1 кг молока составила у красно-пестрой голштинской породы 21,99 руб., а у симментальской породы 24,15 руб.

После реализации молока была получена чистая прибыль от 1 головы, за лактацию красно-пестрой голштинской породы 32466,8 руб., а от 1 головы симментальской породы 17448,8 руб., соответственно. Рентабельность у коров красно-пестрой голштинской породы, оказалась выше на 8,0% и составила 18,5%.

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что потенциал изучаемых пород находится на довольно высоком уровне. Анализ молочной продуктивности показал, что животные красно-пестрой породы отличаются большими удоями за 305 дней лактации, выходом молочного жира при более низкой жирности молока по сравнению с животными симментальской породы. Для увеличения молочной продуктивности на товарной ферме необходимо проводить отбор первотелок по собственной продуктивности, а также формировать селекционные группы коров для воспроизводства.

Проведенные исследования подтверждают выводы работ Гонтюрева В. А. (2017) и Гринчук М. А., Ю. А. Нестеровой (2021), которые показывают, что физиологические возможности коров, вместе с наследственностью, условиями содержания и кормления оказывают влияние на их молочную продуктивность как у симментальских, так и у красно-пестрых голштинских коров.

Conclusions. Based on the conducted research, it can be concluded that the potential of the studied rocks is at a fairly high level. The analysis of milk productivity showed that the animals of the red-mottled breed differ in high milk yields over 305 days of lactation, milk fat yield with lower milk fat content compared to animals of the Simmental breed. In order to increase dairy productivity on a commodity farm, it is necessary to select the first heifers according to their own productivity, as well as to form breeding groups of cows for reproduction.

The conducted studies confirm the conclusions of the works of Gontyurev V. A. (2017) and Grinchuk M. A., Yu. A. Nesterova (2021), which show that the physiological capabilities of cows, together with heredity, conditions of maintenance and feeding, affect their milk productivity in both Simmental and red-mottled Holstein cows.

Библиографический список

1. Гонтюрев В. А., Тюлебаев С. Д., Белоусов А. М., Тихонов П. Т. Продуктивные качества первотёлок симментальской породы и красно-пёстрых голштинсимментальская помесей. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (65). С. 129-132.
2. Игнатьева Л. П. Характеристика современной популяции крупного рогатого скота симментальской породы России Пермский аграрный вестник. 2021. № 4 (36). С. 100-108.
3. Колосов Ю. А., Гаглоев А. Ч., Панфилова Г. И. и др. Оценка продуктивности коров комбинированных генотипов, полученных на основе красного степного скота. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (72). С. 67-70.
4. Колосов Ю. А., Панфилова Г. И. Воспроизводительные качества чистопородных и помесных коров. Современное животноводство, инновации в производстве продуктов питания, гигиеническая и производственная безопасность: материалы международной научно-практической конференции. Персиановский: Донской государственный аграрный университет, 2023. С. 89-91.
5. Колосов Ю. А., Гаглоев А. Ч., Панфилова Г. И., Епифанов К. С., Антипов А. Е. Влияние интенсивной технологии выращивания телок на их воспроизводительные качества и молочную продуктивность. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2024. № 1 (76). С. 87-92.
6. Коробко А. В., Карпеня С. Л., Яцына О. А. и др. Сравнительный анализ молочной продуктивности коров-первотелок для создания высокопродуктивных стад. Ученые записки учреждения образования Витебская академия Знак почёта государственная академия ветеринарной медицины. 2021. Т. 57. № 1. С. 90-94.
7. Ксенофонтов М. Ю., Ползиков Д. А., Вербицкий Ю. С., Мельникова Я. С. Развитие молочного под-комплекса АПК в контексте политики продовольственной безопасности России. Проблемы прогнозирования. 2018. № 4 (169).
8. Мосолова Н. И., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Воронцова Е. С., Ткаченко Н. А., Завгороднева А. Г. Получение качественных молочных продуктов питания с использованием регионального сырья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. 2 (70). С. 353-364.
9. Мосолова Н. И., Федотова Г. В., Сложенкина М. И., Воронцова Е. С., Горлов И. Ф., Гаврилова О. Ю. Особенности молочной продуктивности коров на крупных предприятиях Волгоградской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 228-240.
10. Мосолова Н. И., Чеканова М. А., Горлов И. Ф., Ткаченко Н. А., Сложенкина А. А., Воронцова Е. С. Опыт производства молока при использовании роботизированной доильной карусели GEA DairyProQ. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. 2 (66). С. 208-220.
11. Нестерова Ю. А., Липунов Г. В., Гринчук М. А. Молочная продуктивность коров симментальской породы в условиях Калининградской области Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве: материалы Международной научно-практической конференции. Витебск, 2021. С. 178-182.
12. Чамурлиев Н. Г., Филатов А. С., Мельников А. Г., Мельникова Е. А., Воронцова Е. С. Молочная продуктивность коров, качество молока и продуктов его переработки при нормализации протеинового питания. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 202-212.

References

1. Gontyurev V. A., Tyulebaev S. D., Belousov A. M., Tikhonov P. T. Productive qualities of the first heifers of the Simmental breed and red-mottled holsteins×Simmental crossbreeds Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2017. № 3(65). Pp. 129-132.
2. Ignatieva L. P. Characteristics of the modern population of cattle of the Simmental breed of Russia Perm agrarian bulletin. 2021. No. 4 (36). Pp. 100-108.
3. Kolosov Yu. A., Gagloev A. Ch., Panfilova G. I., et al. Evaluation of the productivity of cows of combined genotypes obtained on the basis of red steppe cattle. Bulletin of the Michurinsky State Agrarian University. 2023. № 1 (72). Pp. 67-70.
4. Kolosov Yu. A., Panfilova G. I. Reproductive qualities of purebred and crossbred cows. Modern animal husbandry, innovations in food production, hygienic and industrial safety: Materials of the international scientific and practical conference. Persianovsky: Don State Agrarian University, 2023. Pp. 89-91.
5. Kolosov Yu. A., Gagloev A. Ch., Panfilova G. I., Epifanov K. S., Antipov A. E. The influence of intensive heifer growing technology on their reproductive qualities and milk productivity. Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University. 2024. No. 1 (76). Pp. 87-92.

6. Korobko A. V., Karpenya S. L., Yatsyna O. A., et al. Comparative analysis of the dairy productivity of first-calf cows for the creation of highly productive herds. Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine. 2021. V. 57. No 1. Pp. 90-94.
7. Ksenofontov M. Yu., Polzikov D. A., Verbitsky Yu. S., Melnikova Ya. S., Development of the dairy subcomplex of the agroindustrial complex in the context of food security policy of Russia. Problems of forecasting. 2018. № 4 (169).
8. Mosolova N. I., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Vorontsova E. S., Tkachenkova N. A., Zavgorodnaya A. G. Obtaining high-quality dairy products using regional raw materials. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2023. № 2 (70). Pp. 353-364.
9. Mosolova N. I., Fedotova G. V., Slozhenkina M. I., Vorontsova E. S., Gorlov I. F., Gavrilova O. Yu. Features of dairy productivity of cows at large enterprises of the Volgograd region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2022. № 1 (65). Pp. 228-240.
10. Mosolova N. I., Chekanova M. A., Gorlov I. F., Tkachenkova N. A., Slozhenkina A. A., Vorontsova E. S. Milk production experience using the GEA DairyProQ robotic milking carousel. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2022. № 2 (66). Pp. 208-220.
11. Nesterova Yu. A., Lipunov G. V., Grinchuk M. A. Dairy productivity of Simmental cows in the Kaliningrad region Progressive and innovative technologies in dairy and beef cattle breeding: Materials of the International Scientific and practical conference. Vitebsk, 2021. Pp. 178-182.
12. Chamurliov N. G., Filatov A. S., Melnikov A. G., Melnikova E. A., Vorontsova E. S. Dairy productivity of cows, quality of milk and its processed products during normalization of protein nutrition. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2020. No 1 (57). Pp. 202-212.

Информация об авторах

Колосов Юрий Анатольевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Разведение сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зооигиены им. П. Е. Ладана», Донской государственный аграрный университет (Российская Федерация, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, д. 24), e-mail: kolosov-dgau@mail.ru

Панфилова Галина Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры «Разведение сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зооигиены им. П. Е. Ладана», Донской государственный аграрный университет (Российская Федерация, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, д. 24), e-mail: GalinaP_28@mail.ru

Епифанов Кирилл Сергеевич, магистр биотехнологического факультета, Донской государственный аграрный университет (Российская Федерация, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, д. 24), e-mail: kirillepifanov6304@gmail.com

Чамурлиев Нодари Георгиевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2421-3065>, e-mail: zootexnia@mail.ru

Author's Information

Kolosov Yuri Anatolyevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of "Breeding of farm animals, Private Zootechnics and Zoo Hygiene named after P. E. Ladan", Don State Agrarian University (Russian Federation, 346493, Rostov region, Oktyabrsky district, Persianovsky settlement, Krivoshlykova str., 24), e-mail: kolosov-dgau@mail.ru

Panfilova Galina Ivanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Assistant of the Department of "Breeding of farm animals, Private Zootechnics and Zoo Hygiene named after P. E. Ladan", Don State Agrarian University (Russian Federation, 346493, Rostov region, Oktyabrsky district, village Persianovsky, Krivoshlykova str., 24), e-mail: GalinaP_28@mail.ru

Epifanov Kirill Sergeevich, Master of the Faculty of Biotechnology, Don State Agrarian University (Russian Federation, 346493, Rostov region, Oktyabrsky district, Persianovsky settlement, Krivoshlykova str., 24), e-mail: kirillepifanov6304@gmail.com

Chamurliov Nodari Georgievich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University, (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2421-3065>, e-mail: zootexnia@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-27

THE DEPENDENCE OF THE FERTILITY OF FIRST-CALF HEIFERS THE MEAT PRODUCTION LINE ON GENOTYPE AND LIVE WEIGHT

¹Karpenko E. V., ¹Grishin V. S., ¹Gorlov I. F., ¹Lazareva E. Yu.,
^{1,2}Badmaeva K. E., ^{1,2}Mosolova D. A.

¹Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production
Volgograd, Russian Federation

²B. B. Gorodovikov Kalmyk State University
Elista, Kalmykia, Russian Federation

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 27.05.2024

Submitted 19.07.2024

The work was performed in accordance with the state task of the GNU NIIMMP 2022-2024

Abstract

Introduction. One of the key factors of the efficiency of meat and dairy production is the level of reproductive ability of cows. In this regard, the assessment of the fertility of cows remains extremely important in commercial and breeding herds. One of the most common breeds of beef cattle in the Lower Volga region

is the Kalmyk. The process of improving Kalmyk cattle continues, including in terms of reproductive ability. For this reason, today it is necessary to systematically analyze and evaluate the distinctive features of the formation and functioning of the reproductive function of queens of different genotypes in specific natural and climatic zones of Russia, which determines the relevance and importance of the research topic. **Materials and methods.** To assess the fertility of heifers, 4 experimental groups were formed: control – purebred (Kalmyk), I experimental – $\frac{1}{2}$ crossbreed (Kalmyk x Simmen-Tal), II experimental – $\frac{1}{2}$ crossbreed (Kalmyk x Hereford) and III experimental – $\frac{1}{2}$ crossbreed (Kalmyk x Kazakh bald). **Results and conclusions.** It was found that the average daily increase in heifers of the I experimental group in the period of 14-16 months was 973.9 g, which is 225.2 g (30.08%) more than in control animals. The live weight of heifers in the groups at the first insemination ranged from 359.3 to 387.7 kg. Heifers from the II experimental group had the highest live weight at the first insemination. Their superiority over the heifers from the control group was 28.4 kg (7.90%, $P < 0.001$). It was found that animals from the I experimental group had a longer service period – 124.7 days, which is 10.26% more ($P < 0.01$) compared with the control group. The analysis of live weight at the first hotel showed significant differences between the groups. Animals from the II experimental group outperformed their peers from the control, I and III experimental groups by 101.3 kg (24.17%, $P < 0.001$), 66.4 kg (14.63%) and 64.9 kg (14.25%), respectively. The Doha index in the control, II and III experimental groups ranged from 44.7 to 47.7, which indicates an average lifetime fertility. However, in animals from the first experimental group, the Doha index was the lowest and amounted to only 37.7. Studies have shown that animals with a weight of 500 kg and above at the first hotel have the best reproductive qualities. The interbody period in such animals is within the normal range for meat breeds, and fertility rates for the entire period of use are significantly higher compared with purebred and crossbreeds from other groups. The data presented showed that the fertility of animals is significantly influenced by their genotype and body weight.

Keywords: cow fertility, cow reproductive capacity, live cow weight, cattle genotypes, Doha index.

Citation. Karpenko E. V., Grishin V. S., Gorlov I. F., Lazareva E. Yu., Badmaeva K. E., Mosolova D. A. The dependence of the fertility of first-calf heifers the meat production line on genotype and live weight. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 257-263 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-27.

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

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

УДК 636.2.082

ЗАВИСИМОСТЬ ПЛОДОВИТОСТИ ПЕРВОТЕЛОК МЯСНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ОТ ГЕНОТИПА И ЖИВОЙ МАССЫ

¹Карпенко Е. В., кандидат биологических наук

¹Гришин В. С., кандидат сельскохозяйственных наук

¹Горлов И. Ф., академик РАН, профессор, доктор сельскохозяйственных наук

¹Лазарева Е. Ю., младший научный сотрудник

^{1,2}Бадмаева К. Е., кандидат биологических наук

^{1,2}Мосолова Д. А., соискатель

¹ФГБУ Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции
г. Волгоград, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова»
г. Элиста, Калмыкия, Российская Федерация

Работа выполнена в соответствии с гос. заданием ГНУ НИИММП 2022-2024

Актуальность. Одним из ключевых факторов эффективности производства мясомолочной продукции является уровень репродуктивной способности коров. В связи с этим оценка плодовитости коров остается крайне важной в товарных и племенных стадах. Одной из самых распространённых пород мясного скота в Нижнем Поволжье является калмыцкая. Процесс совершенствования калмыцкого скота продолжается, в том числе и по воспроизводительной способности. По этой причине на сегодняшний день необходимо систематически анализировать и оценивать отличительные особенности формирования и функционирования репродуктивной функции маток различных генотипов в конкретных природно-климатических зонах России, что определяет актуальность и важность темы исследования. **Материалы и методы.** Для оценки плодовитости телок были сформированы 4 подопытные группы: контрольная – чистопородные (калмыцкая), I опытная – $\frac{1}{2}$ помеси (калмыцкая x симментальская), II опытная – $\frac{1}{2}$ помеси (калмыцкая x герефордская) и III опытная – $\frac{1}{2}$ помеси (калмыцкая x казахская белоголовая). **Результаты и выводы.** Было установлено, что среднесуточный прирост телок I опытной группы в периоде 14-16 месяцев составил 973,9 г, что на 225,2 г

(30,08%) больше, чем у контрольных животных. Живая масса тёлочек в группах при первом осеменении варьировалась от 359,3 до 387,7 кг. Тёлочки из II опытной группы отличались наибольшей живой массой при первом осеменении. Их превосходство над тёлочками из контрольной группы составило 28,4 кг (7,90%, $P < 0,001$). Установлено, что животные из I опытной группы имели более длительный сервис-период – 124,7 дня, что на 10,26 % больше ($P < 0,01$) по сравнению с контрольной группой. Анализ живой массы при первом отеле показал достоверные различия между группами. Животные из II опытной группы превосходили своих сверстников из контрольной, I и III опытных групп на 101,3 кг (24,17%, $P < 0,001$), 66,4 кг (14,63%) и 64,9 кг (14,25%) соответственно. Индекс Дохи в контрольной, II и III опытных группах колебался от 44,7 до 47,7, что указывает на среднюю пожизненную плодовитость. Однако у животных из I опытной группы индекс Дохи был самым низким и составлял всего 37,7. Исследования показали, что наилучшими репродуктивными качествами обладают животные с массой при первом отеле 500 кг и выше. Межотельный период у таких животных находится в пределах нормы для мясных пород, а показатели плодовитости за весь период использования значительно выше по сравнению с чистопородными и помесью из других групп. Приведенные данные показали, что на плодовитость животных значительно влияют их генотип и живая масса.

Ключевые слова: плодовитость коров, воспроизводительная способность коров, живая масса коров, генотипы скота, индекс Дохи.

Цитирование. Карпенко Е. В., Гришин В. С., Горлов И. Ф., Лазарева Е. Ю., Бадмаева К. Е., Мосолова Д. А. Зависимость плодовитости прерогатив мясного направления продуктивности от генотипа и живой массы. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 257-263. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-27.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последнее время проведено большое количество исследований междоународными и отечественными учеными в области оценки воспроизводительных качеств крупного рогатого скота молочного и мясного направления продуктивности. Каждый из них затрагивает несколько основных репродуктивных признаков животных: продолжительность межотельного и сервис-периода, индекс осеменения, возраст и живая масса при первом осеменении, коэффициент воспроизводительной способности (КВС). Стоит отметить, что в большинстве своих материалах ученые фиксируют низкую наследуемость и повторяемость воспроизводительных признаков у подопытных животных [1, 2].

В производстве продукции, как молочной, так и мясной, уровень плодовитости коров является одним из ключевых факторов, влияющих на эффективность производства. Общеизвестно, что основной целью содержания мясных коров является получение телят. В связи с этим оценка репродуктивных качеств коров остается крайне важной и в товарных и племенных стадах [3].

Одной из самых распространённых пород мясного скота в Нижнем Поволжье является калмыцкая порода. Животные названной породы неприхотливы и хорошо акклиматизированы к жарким условиям указанного региона России. Следует добавить, что калмыцкий скот хорошо скрещивается с другими мясными (герефордская, казахская белоголовая) и комбинированными породами (симментальская). В соответствии с современными представлениями генетики, вклад родителей в генотип потомства и последующее формирование на его основе биологических и производительных качеств не является абсолютно равным. Поэтому процесс совершенствования калмыцкого скота активно продолжается и направлен на совершенствование как мясных качеств, так и воспроизводительной способности коров [4, 5, 6].

Отметим, что данный процесс крайне зависим не только от индивидуальных особенностей коров, но и от условий кормления и содержания, работы техников-осеменаторов, генотипа животных и т.д. По этой причине на сегодняшний день необходимо систематически анализировать и оценивать отличительные особенности формирования и функционирования репродуктивной функции маток различных генотипов в конкретных природно-климатических зонах Нижнего Поволжья, что определяет актуальность и важность темы исследования [7].

Цель работы – выявить зависимость плодовитости первотелок мясного направления продуктивности от их генотипа и живой массы. С этой целью решались следующие задачи: определить среднесуточный прирост живой массы животных, живую массу первого осеменения и отела, рассчитать продолжительность межотельного и сервис-периода, а также коэффициент воспроизводительной способности и индекс Дохи.

Материалы и методы. Опыт проводился в условиях ведущего сельхозпредприятия Волгоградской области АО «Бердиевский элеватор». Для оценки плодовитости телок были сформированы 4 группы: контрольная – чистопородные (калмыцкая), I опытная – ½ помеси (калмыцкая х симментальская), II опытная – ½ помеси (калмыцкая х герефордская) и III опытная – ½ помеси (калмыцкая х казахская белоголовая).

Весь подопытный молодняк находился в одинаковых условиях содержания и кормления, был здоровым и проходил ежемесячное взвешивание до первого отёла и после него. Новорождённые тёлочки до шестимесячного возраста находились на подсосе вместе с матерями.

Исследование репродуктивной способности тёлок проводилось в три этапа: половое созревание, эстральный цикл с осеменением, беременность, роды и послеродовой период. Изучались такие показатели, как среднесуточный прирост, живая масса при первом осеменении и отёле, интервал между отёлами и сервис-период.

Осеменение тёлок и первотёлок всех групп проводилось искусственным осеменением высококачественной спермой быков соответствующих пород. Регистрировалась продолжительность беременности и сервис-период после отёла.

Коэффициент воспроизводительной способности коров (КВС) рассчитывали по формуле:

$$\text{КВС} = 365/\text{средний межотельный период (дни)}$$

Индекс Дохи (Т) определяли по формуле:

$$T = 100 - (K + 2i),$$

где К – возраст первого отёла коровы, мес., i – средний межотельный период, мес.

Статистический анализ проводился с использованием программного обеспечения Microsoft Office («Microsoft», США) и Statistica 10.0 («Stat Soft Inc.», США). Он включал вычисление средних значений и стандартных ошибок, а достоверность различий оценивалась с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение. На товарных фермах предпочитают осеменять телок как можно раньше, чтобы они быстрее начали приносить прибыль. Но это может привести к снижению их роста и молочной продуктивности в будущем. В последние десятилетия наблюдается тенденция к более раннему осеменению, что связано с конкурентоспособностью получаемой продукции. Однако если телки не достигают зрелости к моменту отёла, это может вызвать негативные последствия. Животные, отел которых происходит до их физической зрелости, не могут полностью реализовать свой потенциал. Зрелость телок не должна определяться их возрастом, именно живая масса при первом отёле очень важна для дальнейшей селекции. Она влияет на продуктивность и последующую продолжительность их жизни [8, 9, 10].

Как отмечают отечественные и зарубежные ученые, важно учитывать наступление половой зрелости телок, которая связана не с возрастом, а с их физиологическим состоянием и развитием организма. При этом определяющее значение имеет рацион питания телки, показатели роста и развития [11, 12].

В связи с этим нами был изучен среднесуточный прирост подопытных животных, результаты которого отражены на рисунке 1.

Как видно из графика, подопытные тёлочки всех четырех групп активно набирали вес до периода 10-12 месяцев. Среднесуточный прирост в данный период составлял от 904,1 до 943,6 г. В последующие периоды выращивания подопытные животные стали давать разные приросты, так, у особой I опытной группы в периоде 14-16 месяцев среднесуточный прирост составил 973,9 г, что на 225,2 г (30,08%) больше, чем у контрольных телок.

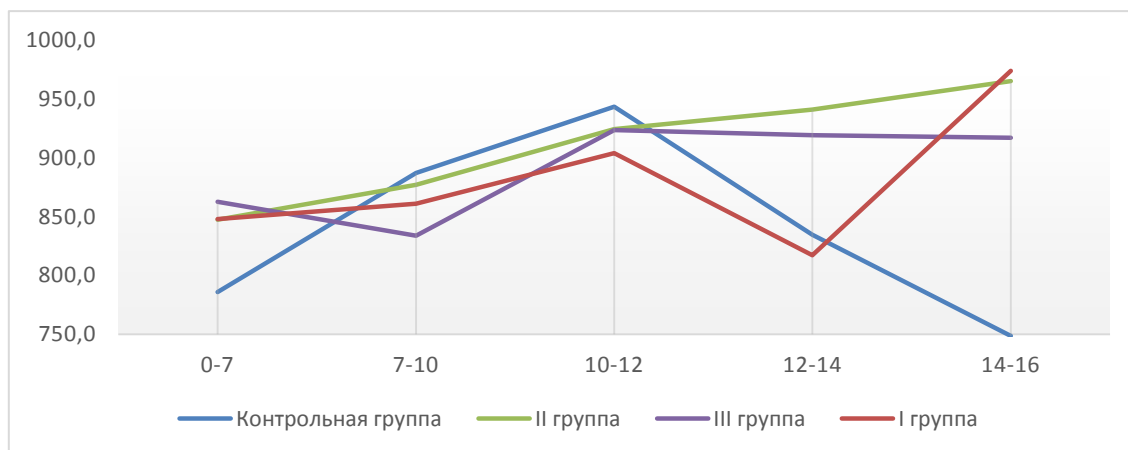


Рисунок 1 – Среднесуточный прирост подопытных животных
Figure 1 – Average daily growth of experimental animals

Как отмечалось выше, при первом осеменении телок важно знать их живую массу, с которой их подводят к осеменению (таблица 1).

Таблица 1 – Основные показатели продуктивности и плодовитости первотелок
Table 1 – The main indicators of productivity and fertility of the first heifers

Группа / Group	Живая масса кг, при первом осеменении / Live weight kg, at the first insemination	Межотельный период, дни / Interbody period, days	Сервис-период, дни / Service period, days
Контрольная / Control	359,3±1,98	387,7±4,17	113,1±3,06
I	367,0±1,85***	439,9±3,58***	124,7±4,07**
II	387,7±1,91***	382,0±4,98*	112,2±2,84
III	368,3±1,11***	394,7±2,93*	116,7±4,20

Примечание здесь и далее: *** = P<0,001; ** = P<0,01; * = P < 0,05
Note hereinafter: *** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P < 0.05

Живая масса телок в подопытных группах при первом осеменении варьировалась от 359,3 до 387,7 килограммов. Наибольшей живой массой при первом осеменении отличались телки из II опытной группы. Их преимущество перед животными из контрольной группы составило 28,4 килограмма или 7,90% (P<0,001). Было установлено, что животные из I опытной группы имели более продолжительный сервис-период – 124,7 дней, что на 10,26% (P<0,01) больше по сравнению с животными из контрольной группы. Эти данные косвенно указывают на то, что первотёлки из I опытной группы лучше подготовлены к лактационному процессу.

Средние показатели коэффициента воспроизводительной способности (КВС) и индекса Дохи, полученные в течение всего периода производственного использования групп животных, демонстрируют сохранение тенденции изменения воспроизводительной способности коров, выявленной в период между первым и вторым отёлами (таблица 2).

Таблица 2 – Зависимость основных показателей плодовитости от живой массы при первом отёле
Table 2 – Dependence of the main indicators of fertility on body weight at the first hotel

Группа / Group	Живая масса при первом отёле, кг / Live weight at the first hotel, kg	Признаки плодовитости / Signs of fertility		
		Длительность сервис-периода / Duration of the service period	Коэффициент воспроизводительной способности / Coefficient of productivity	Индекс Дохи / Doha Index
Контрольная / Control	419,1±4,94	113,1	0,94	44,7
I	454,0±5,33***	124,7	0,83	37,7
II	520,4±2,26***	112,2	0,96	47,7
III	455,5±2,26***	116,7	0,93	44,8

Значительные различия между группами по живой массе были обнаружены у животных II опытной группы. Они превосходили своих сверстников из контрольной, I и III опытных групп на 101,3 кг (24,17%; $P < 0,001$), 66,4 кг (14,63%) и 64,9 кг (14,25%) соответственно.

Важным параметром репродуктивной способности коров является коэффициент воспроизводительной способности. Этот показатель отражает плодовитость маточного стада крупного рогатого скота. Считается, что при высокой плодовитости КВС должен находиться в диапазоне от 1. В контрольной, II и III опытной группе он был приближен к единице и колебался от 0,93 до 0,96. В I опытной группе значение данного показателя было невысоким и равнялось 0,83.

Стоит отметить, что значение индекса Дохи в контрольной, II и III опытной группе колебалось от 44,7 до 47,7, что говорит о средних показателях пожизненной плодовитости подопытных коров, при этом у животных из I опытной группы он имел самые низкие значения и равнялся 37,7.

Выводы. Исследования показали, что животные с массой более 500 кг при первом отёле обладают лучшими репродуктивными качествами. У этих животных межотельный период соответствует норме для мясных пород, а показатели плодовитости за весь период использования выше, чем у чистокровных и помесных коров. Полученные данные свидетельствуют о том, что генотип и живая масса существенно влияют на плодовитость животных мясного направления продуктивности. Можно предположить, что крупные животные лучше подготовлены к первому лактационному процессу, а скрещивание калмыцкого скота с герефордским позволяет выращивать тёлочек с более высокими репродуктивными способностями.

Conclusions. Studies have shown that animals weighing more than 500 kg have the best reproductive qualities at the first calving. In these animals, the interbody period corresponds to the norm for meat breeds, and fertility rates for the entire period of use are higher than in purebred and crossbred cows. The data obtained indicate that the genotype and live weight significantly affect the fertility of meat-producing animals. It can be assumed that large animals are better prepared for the first lactation process, and crossing Kalmyk cattle with Hereford cattle allows you to grow those with higher reproductive abilities.

Библиографический список

1. Мирошников С. А., Харламов А. В., Фролов А. Н., Завьялов О. А., Рогачев Б. Г., Дускаев Г. К. Способ повышения воспроизводительной способности коров мясных пород. RU 52689678 C1, 28.05.2019.
2. Tahir M. S., et al. Meta-analysis of heifer traits identified reproductive pathways in *Bos indicus* cattle. *Genes*. 2021. V. 12. № 5. P. 768.
3. Закирова Р. Р., Куликова Е. И., Алыпина Е. Л., Березкина Г. Ю. Воспроизводительные качества коров-первотёлок и анализ причин их выбраковки. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022. № 7. С. 139-144.
4. Алексеева Н. М., Борисова П. П., Романова В. В., Заровняев С. Р. Воспроизводительные способности коров калмыцкой породы в условиях Якутии. *Главный зоотехник*. 2018. № 6. С. 61-68.
5. Натиров А. К., Суркова С. А. Продуктивные и племенные качества традиционных видов калмыцкого скота в условиях аридных территорий юга России. *Аграрно-пищевые инновации*. 2018. № 1 (1). С. 32-38.
6. Третьякова Р. Ф. Хозяйственно-биологические особенности молодняка калмыцкой породы разных заводских типов. *Главный зоотехник*. 2020. № 11 (208). С. 22-35.
7. Амерханов Х. А., Каюмов Ф. Г., Герасимов Н. П., Третьякова Р. Ф. Влияние генотипа и фактора кормления на продуктивность чистопородных и помесных бычков в условиях Калмыкии. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2018. № 2. С. 86-98.
8. Анисимова Е. И. Воспроизводительные особенности коров разного генотипа. *Вестник Омского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния*. 2023. № 2. С. 87-93.
9. Fodor I., Lang Z., Ózsvári L. Relationship of dairy heifer reproduction with survival to first calving, milk yield and culling risk in the first lactation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2020. V. 33. № 8. P. 1360.
10. Расулова П. Т., Карамаева А. С., Рузиев Т. Б. и др. Влияние возраста и живой массы при первом отёле на молочную продуктивность коров. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021. № 6 (92). С. 316-320.
11. Estill C. T. Initiation of puberty in heifers. *Bovine Reproduction*. 2021. Pp. 258-268.
12. Ревина Г. Б., Асташенкова Л. И. Зависимость плодовитости первотёлок от возраста отела и живой массы. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2019. № 8-1 (86). С. 93-95.

References

1. Miroshnikov S. A., Kharlamov A. V., Frolov A. N., Zavyalov O. A., Rogachev B. G., Duskaev G. K. A method for increasing the reproductive ability of meat cows. Patent for invention RU 52689678 C1, 05/28/2019/.
2. Tahir M. S., et al. Meta-analysis of heifer traits identified reproductive pathways in *Bos indicus* cattle. *Genes*. 2021. V. 12. No. 5. P. 768.

3. Zakirova R. R., Kulikova E. I., Alypova E. L., Berezkina G. Y. Reproductive qualities of first-calf cows and analysis of the causes of their culling. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2022. No. 7. Pp. 139-144.
4. Alekseeva N. M., Borisova P. P., Romanova V. V., Zarovnyaev S. R. Reproductive abilities of Kalmyk cows in Yakutia. *Chief zootechnik*. 2018. No. 6. Pp. 61-68.
5. Nadyrov A. K., Surkova S. A. Productive and breeding qualities of traditional Kalmyk cattle species in the conditions of arid territories of the south of Russia. *Agrarian and food innovations*. 2018. № 1 (1). Pp. 32-38.
6. Tretyakova R. F. Economic and biological features of young Kalmyk breed of different factory types. *Chief zootechnik*. 2020. № 11 (208). Pp. 22-35.
7. Amerkhanov H. A., Kayumov F. G., Gerasimov N. P., Tretyakova R. F. The influence of genotype and feeding factor on the productivity of purebred and crossbred bulls in Kalmykia. *Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2018. No. 2. Pp. 86-98.
8. Anisimova E. I. Reproductive features of cows of different genotypes. *Bulletin of Osh State University. Agriculture: agronomy, veterinary medicine and animal husbandry*. 2023. No. 2. Pp. 87-93.
9. Fodor I., Lang Z., Özsvári L. Relationship of dairy heifer reproduction with survival to first calving, milk yield and culling risk in the first lactation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2020. V. 33. No. 8. P. 1360.
10. Rasulova P. T., Karamaeva A. S., Ruziev T. B., et al. Influence of age and live mass at first calving on cow dairy products. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021. V. 92 (6). Pp. 316-320.
11. Estill C. T. Initiation of puberty in heifers. *Bovine Reproduction*. 2021. Pp. 258-268.
12. Revina G. B., Astashenkova L. I. Dependence of the fertility of the first heifers on the age of calving and live weight. *International Scientific Research Journal*. 2019. No. 8-1 (86). Pp. 93-95.

Информация об авторах

Карпенко Екатерина Владимировна, кандидат биологических наук, заведующая Комплексной аналитической лабораторией ГНУ НИИММП, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID 0000-0003-3643-6431, e-mail: lab.niimmp@yandex.ru

Гришин Владимир Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID 0009-0004-4057-5930, e-mail: gnuniimmp.lab@yandex.ru

Горлов Иван Федорович, академик РАН, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, 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

Лазарева Елена Юрьевна, младший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID 0000-0003-4931-3756, e-mail: gnuniimmp.lab@yandex.ru

Бадмаева Кермен Евгеньевна, соискатель, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), кандидат биологических наук, доцент ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова» (Российская Федерация, 358015, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11), ORCID 0000-0002-4065-6720, e-mail: uni@kalmsu.ru

Мосолова Дарья Александровна, соискатель, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), студент ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова», (Российская Федерация, 358015, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11), ORCID 0000-0002-5579-6726, e-mail: daria.mosolova8@gmail.ru

Author's Information

Karpenko Ekaterina Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Head of the Integrated Analytical Laboratory of the Volga Scientific Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo St., 6); ORCID 0000-0003-3643-6431, e-mail: lab.niimmp@yandex.ru

Grishin Vladimir Sergeevich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Volga State Scientific Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), ORCID 0009-0004-4057-5930, e-mail: gnuniimmp.lab@yandex.ru

Gorlov Ivan Fedorovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Scientific Director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo St., 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

Lazareva Elena Yurievna, Junior Researcher employee of the Volga Federal State Budgetary Scientific Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), ORCID 0000-0003-4931-3756, e-mail: gnuniimmp.lab@yandex.ru

Badmaeva Kermen Evgenievna, Applicant of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), Candidate of Biological Sciences, Associate Professor Kalmyk State University (Russian Federation, 358015, Republic of Kalmykia, Elista, Pushkin str. 11), ORCID 0000-0002-4065-6720, e-mail: uni@kalmsu.ru

Mosolova Daria Aleksandrovna, Applicant of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), student of Kalmyk State University (Russian Federation, 358015, Republic of Kalmykia, Elista, Pushkin str. 11), ORCID 0000-0002-5579-6726, e-mail: daria.mosolova8@gmail.ru

BIOCHEMICAL PROFILE OF LACTATING COWS WITH SUBCLINICAL AND SEROUS FORMS OF MASTITIS**Malkova N. N., Ostyakova M. E., Irkhina V. K.***Far East Zone Research Veterinary Institute
Blagoveshchensk, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: mnn.1@mail.ru

Received 20.05.2024

Submitted 02.07.2024

Summary

The article analyzes the biochemical profile of lactating cows with subclinical and serous forms of mastitis relative to generally accepted indicators and conditionally healthy lactating cows. The research results showed similarities in metabolism in animals with subclinical and serous mastitis, which was expressed by low concentrations of calcium, potassium and increased levels of phosphorus against the background of hyperbilirubinemia.

Abstract

Introduction. The purpose of the work is to study the biochemical profile of cows with subclinical and serous forms of mastitis. The results obtained were analyzed in a comparative aspect with respect to generally accepted values and indicators of conditionally healthy animals. **Object.** The object of the study were lactating Holstein cows with subclinical and serous forms of mastitis. **Material and methods.** Diagnosis was carried out based on an assessment of the clinical picture of the disease (examination and palpation) and milk samples (visual-organoleptic assessment and using a mastitis test) taken from the studied cattle. After the diagnosis was made, blood was taken from the animals to study its biochemical composition. **Results and conclusions.** The results of studies in lactating cows showed that subclinical and serous mastitis have different forms of clinical manifestation, but a similar level of metabolism, which was manifested by mineral imbalance, namely low concentrations of calcium by 20-22%, potassium by 19-21% and increased levels of phosphorus by 15-30% against the background of hyperbilirubinemia (by 25-57%). This type of metabolic disorder in the studied animals could be due to both the inflammatory process itself occurring in the mammary gland and the insufficiency of the processes of assimilation of vital macroelements of feed against the background of possible irrational feeding.

Keywords: *biochemical composition of cow blood, subclinical mastitis of cows, serous mastitis of cows, lactating cows.*

Citation. Malkova N. N., Ostyakova M. E., Irkhina V. K. Biochemical profile of lactating cows with subclinical and serous forms of mastitis. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 264-271 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-28.

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

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

УДК 619:636.2.034:618.19.002

БИОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ С СУБКЛИНИЧЕСКОЙ И СЕРОЗНОЙ ФОРМАМИ МАСТИТА**Малкова Н. Н., кандидат биологических наук
Остякова М. Е., доктор биологических наук, доцент
Ирхина В. К., научный сотрудник***ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт»
г. Благовещенск, Российская Федерация*

Актуальность. Цель работы – изучить биохимический профиль коров с субклинической и серозной формами мастита. Полученные результаты проанализированы в сравнительном аспекте относительно общепринятых значений и показателей условно здоровых животных. **Объект.** Объектом изучения были лактирующие коровы голштинской породы с субклинической и серозной формами мастита. **Материал и методы.** Диагностику проводили на основании оценки клинической картины заболевания (осмотр и пальпация) и образцов молока (визуально-органолептическая оценка и при помощи мастит-теста), отобранных от изучаемого скота. После постановки диагноза у животных производили забор крови для изучения ее биохимического состава. **Результаты и выводы.** Резуль-

таты проведенных исследований у лактирующих коров показали, что субклинический и серозный мастит имеют разные формы клинического проявления, но схожий уровень метаболизма, который проявлялся минеральным дисбалансом, а именно низкими концентрациями кальция на 20-22%, калия 19-21% и повышенным уровнем фосфора на 15-30% на фоне гипербилирубинемии (на 25-57%). Этот вид метаболического нарушения у исследуемых животных мог быть обусловлен как самим воспалительным процессом, протекающим в молочной железе, так и недостаточностью процессов усвоения жизненно важных макроэлементов корма на фоне возможного нерационального кормления.

Ключевые слова: биохимический состав крови коров, субклинический мастит коров, серозный мастит коров, лактирующие коровы.

Цитирование. Малкова Н. Н., Остякова М. Е., Ирхина В. К. Биохимический профиль лактирующих коров с субклинической и серозной формами мастита. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 264-271. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-28.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Животноводство в России за последние годы стало одним из приоритетных направлений сельского хозяйства [1]. На сегодняшний день амурское животноводство в большей степени представлено молочным скотоводством, которое претерпевает модернизацию, включающую в себя строительство современных животноводческих комплексов, а также обновление маточного поголовья, путем ввоза из других регионов Российской Федерации племенных коров, телок. Об этом факте свидетельствуют данные Министерства сельского хозяйства по Амурской области. Так, по состоянию на 01.01.2022 года, среди общего поголовья сельскохозяйственных животных (крупный рогатый скот, свиньи, овцы, козы) в области первое место по численности занимал крупный рогатый скот (68500 голов), из них более 48% приходилось на коров, от которых было получено более 140 тысяч тонн молока. При этом был зарегистрирован рост поголовья коров и производства молока на 3,8% и 2,4% соответственно [2].

Одним из отрицательных моментов в наращивании темпов развития промышленного скотоводства является рост процента заболеваний скота относительно роста объемов продукции данной отрасли [3, 4], среди которых особое место занимает мастит с распространенностью до 55-86% за год [5] от общего числа дойного поголовья. Значимый интерес вызывает субклиническая форма мастита, что обусловлено невозможностью выявления патологии «невооруженным глазом» ввиду отсутствия клинической картины заболевания, большой вероятностью длительного течения этой формы мастита и большей долей регистрируемых случаев [6]. Стоит отметить, что на дальнейшее течение патологического процесса влияет ряд факторов: активность бактерий при заражении; сила иммунного ответа организма; своевременные и квалифицированные мероприятия по диагностике и терапии [7]. Соответственно, исход субклинической формы мастита может быть как благоприятным (купирование воспалительного процесса в начальной стадии), так и неблагоприятным, проявляющимся в течение 7-10 дней, при условии сохранения действия этиологического фактора [8]. Под неблагоприятным исходом субклинического мастита следует понимать усугубление воспалительного процесса с характерной клинической картиной и атрофией пораженной части вымени в результате длительного течения латентного периода. Среди распространенных исходов субклинического воспалительного процесса в молочной железе является его серозное течение, которое при несвоевременном и/или неправильном подходе к терапевтическим методам ведет к весьма неблагоприятному результату, а именно к фибринозной и флегмонозной формам мастита.

Способствующим фактором снижения заболеваемости крупного рогатого скота, в том числе маститом, является адекватность разработки работниками зоотехнического и ветеринарного направлений лечебно-профилактических мероприятий, которые возможны только при полном понимании обменных процессов, протекающих в организме животных с разным физиологическим статусом. Безусловной помощью в данной работе служит диагностическое и динамичное изучение биохимического состава сыворотки крови, с последующей оценкой и анализом полученных результатов.

Ввиду актуальности развития животноводства молочного направления в стране, распространенности воспаления вымени среди молочных коров и необходимости снижения процента развития данного вида патологии, путем разработки эффективных методов профилактики и терапии с учетом метаболической картины животных нами была определена цель.

Цель исследования – изучить биохимический профиль коров с субклиническим и серозным формами мастита.

Материал и методы. Исследования были проведены в условиях Амурской области на лактирующих коровах голштинской породы (объект исследований) с субклинической (10 голов) и серозной (10 голов) формами мастита. Контролем служили условно здоровые лактирующие животные (10 голов). Содержание и кормление исследуемых коров были идентичными. Животных отбирали на основании результатов исследования вымени (осмотр, пальпация), а также молока путем: 1) визуально-органолептической оценки молока, по результатам которой пригодными образцами молока считали образцы белого цвета, жидкие, однородные, не тянучие, без каких-либо примесей (хлопья, комки, тяжи, слизь, кровь, гной) с характерным приятным молочным запахом [9]; 2) смешивания калифорнийского мастит-теста («Делаваль», Швеция) с образцами в лунках молочно-контрольной пластины в соответствии с прилагаемой инструкцией. Отрицательным результатом считали, если полученная смесь оставалась без изменений (негативная реакция – содержание соматических клеток <150 тыс. кл./мл). В экспериментальные группы не вошли коровы со следовой реакцией (полученная смесь жидкая с образованием небольших, малочисленных нитевидных сгустков – содержание соматических клеток <150-500 тыс. кл./мл) [10].

Отбор проб молока и крови осуществляли в утренние часы по завершению дойки. Образцы молока от коров получали отдельно из каждой четверти, путем ручного сдаивания. Забор крови производили из яремной вены с последующим получением сыворотки крови, затем в полученных образцах, на фотометре StatFax 1904+R (США) с биохимическими реактивами «Витал» (Россия), изучали уровни общего белка, альбуминов, мочевины, креатинина, глюкозы, кальция, фосфора, калия, магния, холестерина, триглицеридов, билирубина, трансфераз (аланинаминотрансфераза (АЛТ), аспартатаминотрансфераза (АСТ)) и щелочной фосфатазы (ЩФ).

Для статистической обработки количественных данных применяли пакет дополнительных программ Microsoft Excel, рассчитывали среднюю арифметическую (М), ошибку средней арифметической (m), коэффициент корреляции (r), критерий Стьюдента (t), при этом различия считали значимыми при * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Результаты и обсуждение. На момент проведения исследований у лактирующих коров с субклинической и серозной формами мастита не были зарегистрированы клинические проявления какого-либо другого заболевания. Из данных таблицы видно, что в независимости от наличия или отсутствия клинической картины воспаления молочной железы изученные образцы молока не соответствовали сырью высшего качества, о чем свидетельствуют повышенные концентрации соматических клеток (свыше допустимого уровня – до 500 тыс. кл./мл), что является основанием для постановки диагноза мастит [9, 11]. Аналогичные исследования у коров из группы контроля показали удовлетворительное общее состояние, отсутствие признаков мастита и негативную реакцию маститного теста.

В основе изучения обменных процессов у коров с субклиническим и серозным маститом лежало определение биохимического состава сыворотки крови относительно контрольных животных и общепринятых значений. Так, у коров с отрицательным результатом мастит-теста изучаемые биохимические показатели были в пределах нормы за исключением уровней калия, магния и АСТ, которые выходили за нижнюю (калий – АСТ на 32-33%) и верхнюю (магний на 40%) границы нормы. Такого рода изменения биохимической картины крови могут указывать на несоответствие поступления кормовой витаминно-минеральной составляющей со степенью ее расхода в период интенсивного молокообразования. Этот факт имеет особое значение для коров голштинской породы ввиду их породной чувствительности к нерациональности минерального кормления [12].

Таблица – Результаты исследования вымени и молока у лактирующих коров с субклинической и серозной формами мастита

Table – Results of a study of the udder and milk in lactating cows with subclinical and serous forms of mastitis

Метод исследования / Research method	Субклинический мастит / Subclinical mastitis	Серозный мастит / Serous mastitis
Осмотр вымени / Udder inspection	Без видимых изменений / No visible changes	Кожа вымени без видимых повреждений, гиперемирована, отечна, сосок пораженной четверти увеличен / The skin of the udder is without visible damage, hyperemic, swollen, the nipple of the affected quarter is enlarged
Пальпация вымени / Udder palpation /	Кожа эластичная, мягкая, несколько отечная / The skin is elastic, soft, somewhat swollen	Тестовая консистенция, местная температура повышена, слабая болезненность / Test consistency, local temperature is elevated, mild pain
Визуально-органолептическая оценка молока (пробное сдаивание) / Visual-organoleptic evaluation of milk (test milking)	Цвет образцов: светло-белый / Sample Color: Light White Однородность образцов: наличие мелких хлопьев / Uniformity of samples: presence of small flakes	Цвет образцов: белый / Sample color: white Однородность образцов: наличие единичных мелких хлопьев / Uniformity of samples: presence of single small flakes
Оценка количества соматических клеток в молоке (Калифорнийский мастит-тест) / Estimation of the number of somatic cells in milk (California Mastitis Test)	Консистенция полученной смеси напоминает желе, видны тяжи = концентрация соматических клеток 500 тыс. – 1 млн кл./мл / The consistency of the resulting mixture resembles jelly, strands are visible = concentration of somatic cells 500 thousand – 1 million cells/ml	Консистенция полученной смеси напоминает желе, видны тяжи = концентрация соматических клеток: 500 тыс. – 1 млн кл./мл / The consistency of the resulting mixture resembles jelly, strands are visible = concentration of somatic cells: 500 thousand – 1 million cells/ml

У животных с субклинической и серозной формами мастита биохимические параметры сыворотки крови (общий белок, альбумины, мочевины, креатинин, триглицериды, трансферазы, щелочная фосфатаза) не выходили за пределы допустимых значений. Наряду с этим регистрировали повышенные показатели фосфора на 15% и 30%, билирубина на 57% и 25% и пониженные уровни калия (на 19% и 21%) и кальция (на 20% и 22%) соответственно. При этом корреляционный анализ внутри группы показал связь между минеральным обменом и показателями печени у животных с субклиническим маститом, которая выражалась значительной связью между гипокальциемией и гипокалиемией ($r=0,63$), гипербилирубинемией и гиперфосфатемией ($r = 0,50$) и умеренной связью между гипербилирубинемией и гипокальциемией ($r = -0,41$), гипербилирубинемией и гипокалиемией ($r = -0,32$). Кроме того, была установлена значительная корреляционная связь между гипербилирубинемией и гипокалиемией ($r = -0,68$), а также между показателями альбумина и билирубина ($r = -0,44$) в группе коров с серозным маститом. Учитывая тот факт, что минеральный дисбаланс у животных с воспалением молочной железы коррелирует с гипербилирубинемией, то можно предположить снижение процессов усвоения минеральных веществ корма [13, 14], требующие дополнительного изучения процессов функционирования пищеварительной системы коров.

Межгрупповой анализ биохимического профиля у лактирующих коров с изучаемыми формами мастита относительно лактирующих коров с отрицательным результатом маститного теста показал различия в белковом обмене. Так, для коров с заболеванием молочной железы воспалительного характера, были характерны более низкие значения альбуминовой фракции (на 8-15%) и мочевины (на 33-37%) на фоне более высокого показателя креатинина (на 97% и в 2 раза) (рисунок 1), что может быть результатом снижения функций вымени [15], печени и/или почек. Дополнительно на возможные погрешности в работе печени и почек могут указывать более высокие значения АСТ (субклинический мастит – 2,1 раза, серозный мастит – на

53%) и щелочной фосфатазы (субклинический мастит – в 2,2 раза, серозный мастит – на 8%) на фоне гипербилирубинемии (рисунок 2), а также достоверно высокие показатели фосфора относительно контроля на 21-37% (рисунок 3).

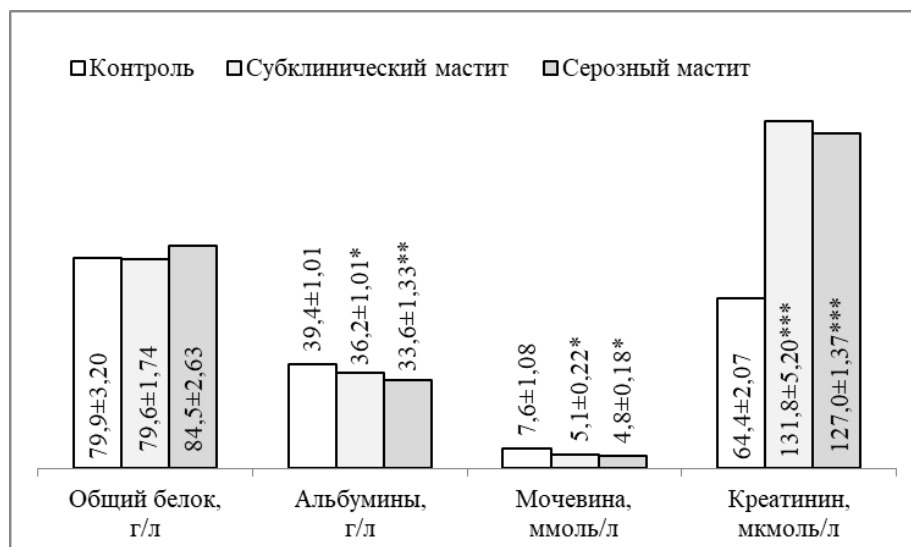


Рисунок 1 – Анализ показателей белкового обмена лактирующих коров с субклинической и серозной формами мастита относительно контроля

Figure 1 – Analysis of protein metabolism indicators of lactating cows with subclinical and serous forms of mastitis relative to control

Со стороны минерального обмена у маститных коров, вне зависимости от изучаемой формы заболевания, были установлены более низкие уровни кальция (на 21-24%), калия (49-50%) и более высокие концентрации магния (в 2,1-2,7 раза) и фосфора (рисунок 3) относительно животных с отрицательным результатом мастит-теста. При этом уровень магния у коров с заболеванием вымени соответствовал общепринятым значениям, тогда как у интактных животных данный показатель был ниже нормы. Зачастую у коров недостаточность минерального обмена обусловлена высокой лактацией на фоне нерационального поступления и/или усвоения минеральных веществ, а в случае с маститом может быть результатом воспалительного процесса [16].

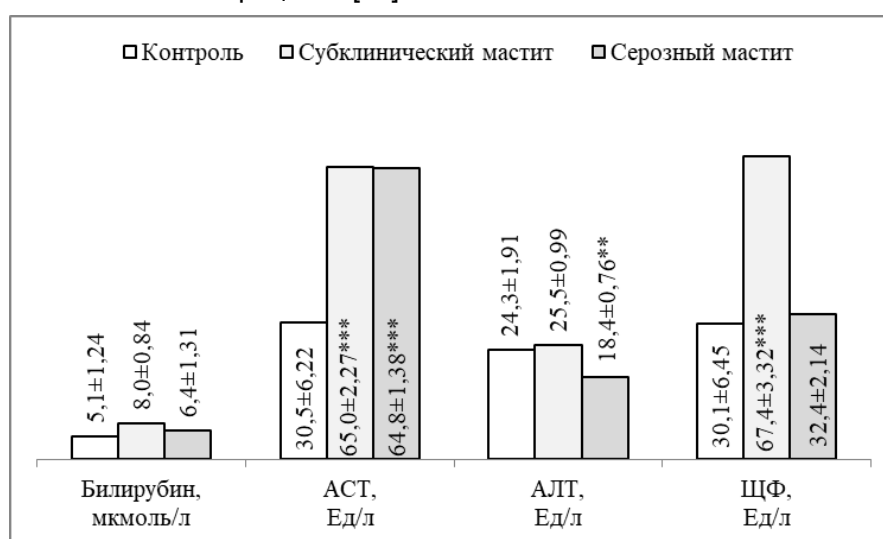


Рисунок 2 – Анализ печеночных показателей лактирующих коров с субклинической и серозной формами мастита относительно контроля

Figure 2 – Analysis of liver parameters of lactating cows with subclinical and serous forms of mastitis relative to control

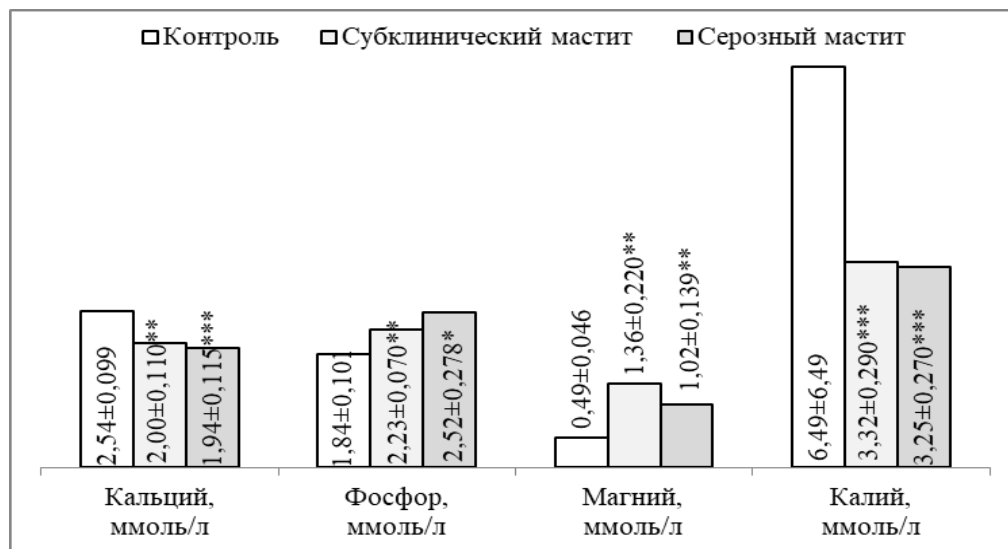


Рисунок 3 – Анализ показателей минерального обмена лактирующих коров с субклинической и серозной формами мастита относительно контроля

Figure 3 – Analysis of mineral metabolism indicators of lactating cows with subclinical and serous forms of mastitis relative to control

Изучение показателей углеводно-жирового обмена и их анализ не выявил отклонений от общепринятых значений и значимых различий между изучаемыми группами животных. Стоит отметить, что в ходе проведенных исследований также не были установлены достоверные различия между биохимическими показателями крови коров с субклинической и серозной формами мастита, что говорит о схожести протекания биохимических процессов.

Заключение. Субклинический и серозный мастит лактирующих коров – это заболевание молочной железы воспалительного характера, имеющее разные формы клинического проявления и схожий уровень метаболизма, проявляющийся минеральным дисбалансом, а именно низкими концентрациями кальция на 20-22%, калия 19-21% и повышенным уровнем фосфора на 15-30% на фоне гипербилирубинемии (на 25-57%). Основными факторами, predisposing к развитию данного вида нарушения обмена веществ у животных с субклинической и серозной формами мастита, могут служить воспалительный процесс, недостаточность процессов усвоения жизненно важных макроэлементов корма, а также возможной нерациональностью кормления. Поэтому разработка лечебно-профилактических мероприятий, направленных на борьбу с субклиническим и серозным маститом у лактирующих коров, должна включать в себя исследования уровней кормления, метаболизма и функционирования пищеварительной системы в динамике.

Conclusions. Subclinical and serous mastitis of lactating cows is an inflammatory disease of the mammary gland, which has different forms of clinical manifestation and a similar level of metabolism, manifested by a mineral imbalance, namely low concentrations of calcium by 20-22%, potassium by 19-21% and an increased level of phosphorus by 15-30% against the background of hyperbilirubinemia (by 25-57%). The main factors predisposing to the development of this type of metabolic disorder in animals with subclinical and serous forms of mastitis can be the inflammatory process, insufficiency of the processes of assimilation of vital macroelements of feed, as well as possible irrationality of feeding. Therefore, the development of therapeutic and preventive measures aimed at combating subclinical and serous mastitis in lactating cows should include studies of feeding levels, metabolism and the functioning of the digestive system over time.

Библиографический список

1. Абрамова Н. И., Зенкова Н. В., Селимян М. О. Перспективы развития молочного скотоводства в Вологодской области. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2023. № 2. С. 133-141.
2. Итоги работы отрасли животноводства за 2021 год. Министерство сельского хозяйства по Амурской области. https://agro.amurobl.ru/pages/agro_komp/zhivotnovodstvo/itogi-raboty-otrasli-zhivotnovodstva-za-2021-god/
3. Семенов Б. С., Назарова А. В., Уваров Р. А. Влияние технологий содержания молочного скота на частоту возникновения хирургических болезней. Аграрная наука. 2020. № 10. С. 9-13.

4. Wang W., Lin H., Jiang T., Peng Z., Xu J., Yi L., Li F., Fanning S., Baloch Z. Prevalence and characteristics of *Staphylococcus aureus* cultured from raw milk taken from dairy cows with mastitis in Beijing, China. *Front. Microbiol.* 2018. Vol. 9. Article 1123. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2018.01123/full>
5. Зимников В. И., Климов Н. Т., Моргунова В. И., Чусова Г. Г., Ермолова Т. Г., Сашнина Л. Ю. Динамика показателей морфобиохимического статуса больных субклиническим маститом коров при применении препарата АМСФ. *Ветеринарный фармакологический вестник*. 2020. №3 (12). С. 81-84.
6. Фирсов Г. М., Ряднов А. А., Т. А. Ряднова, Морозова З. Ч., Будтуев О. В. Результаты оценки терапевтической эффективности схем лечения микозного мастита. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2023. № 3 (71). С. 334-343.
7. Klaas I. C., Zadoks R. N. An update on environmental mastitis: Challenging perceptions. *Transbound Emerg Dis.* 2018. № 65. Pp. 166-185.
8. Климов Н. Т., Паршин П. А., Зимников В. И., Ерин Д. А., Манжурина О. А., Чернышева И. С. Прогнозирование исхода субклинического мастита у лактирующих коров. *Ветеринарная патология*. 2018. № 3. С. 24-28.
9. О безопасности молока и молочной продукции: ТР ТС 033/2013 с изменениями на 15 июля 2022 г. Приложение № 3, № 5. <https://docs.cntd.ru/document/499050562>
10. Шахнович В. С. Экспресс-тесты для диагностики мастита у коров. ООО «Научно-производственный центр БелАгроГен». <https://www.belagrogen.by/inform/blog/143-ekspres-testy-dlya-dagnostiki-mastita-u-korov.html>
11. Панова Н. А., Васильева С. В. Анализ эффективности экспресс-теста для ранней диагностики мастита у коров. *Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии*. 2022. № 4. С. 127-130.
12. Ермишин А. С., Тимаков А. В. Биохимические показатели адаптации коров в условиях Ярославской области. *Вестник АПК Верхневолжья*. 2015. № 4 (32). С. 29-39.
13. Пушкарев И. А., Афанасьева А. И., Куренинова Т. В., Шаньшин Н. В., Хаперский Ю. А., Мальцева О. Е., Бурцева С. В., Чекунова Ю. А. Метаболический статус и молочная продуктивность коров при применении тканевого биостимулятора из отходов убоя пантовых оленей. *Сельскохозяйственная биология*. 2021. Т. 56. № 4. С. 776-781.
14. Мищенко В. А., Мищенко А. В., Яшин Р. В., Евграфова В. А., Никешина Т. Б. Метаболические заболевания крупного рогатого скота. *Ветеринария сегодня*. 2021. № 10 (3). С. 184-189.
15. Талызина Т. Л., Нуриев Г. Г., Талызин В. В. Показатели белкового обмена у молочных коров в разные периоды лактации. *Вестник Брянской ГСХА*. 2018. № 2 (66). С. 61-64.
16. Зубова Т. В., Плешков В. А., Смолковская О. В., Семечкова А. В. Биохимические и морфологические показатели крови коров с субклинической формой мастита. *Вестник НГАУ*. 2023. № 2 (67). С. 181-189.

References

1. Abramova N. I., Zenkova N. V., Selimyan M. O. Prospects for the development of dairy farming in the Volga region. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2023. No. 2. Pp. 133-141.
2. Results of the livestock industry for 2021. Ministry of Agriculture for the Amur Region. https://agro.amurobl.ru/pages/agro_komp/zhivotnovodstvo/itogi-raboty-otrasli-zhivotno_vodstva-za-2021-god/.
3. Semenov B. S., Nazarova A. V., Uvarov R. A. The influence of dairy cattle management technologies on the incidence of surgical diseases. *Agricultural Science*. 2020. No. 10. Pp. 9-13.
4. Wang W., Lin H., Jiang T., Peng Z., Xu J., Yi L., Li F., Fanning S., Baloch Z. Prevalence and characteristics of *Staphylococcus aureus* cultured from raw milk taken from dairy cows with mastitis in Beijing, China. *Front. Microbiol.* 2018. Vol. 9. Article 1123. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2018.01123/full>.
5. Zimnikov V. I., Klimov N. T., Morgunova V. I., Chusova G. G., Ermolova T. G., Sashnina L. Yu. Dynamics of indicators of the morphobiochemical status of cows with subclinical mastitis when using the drug AMSF. *Veterinary pharmacological bulletin*. 2020. No. 3 (12). Pp. 81-84.
6. Firsov G. M., Ryadnov A. A., Ryadnova T. A., Morozova Z. Ch., Budtuev O. V. Results of assessing the therapeutic effectiveness of treatment regimens for mycotic mastitis. *News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education*. 2023. No 3 (71). Pp. 334-343.
7. Klaas I. C., Zadoks R. N. An update on environmental mastitis: Challenging perceptions. *Transbound Emerg Dis.* 2018. No. 65. Pp. 166-185.
8. Klimov N. T., Parshin P. A., Zimnikov V. I., Erin D. A., Manzhurina O. A., Chernysheva I. S. Prediction of the outcome of subclinical mastitis in lactating cows. *Veterinary pathology*. 2018. No. 3. Pp. 24-28.
9. On the safety of milk and dairy products: TR CU 033/2013 as amended on July 15, 2022. Appendix No. 3, 5. <https://docs.cntd.ru/document/499050562>.
10. Shakhnovich V. S. Rapid tests for diagnosing mastitis in cows. LLC "Research and Production Center BelAgroGen". <https://www.belagrogen.by/inform/blog/143-ekspres-testy-dlya-dagnostiki-mastita-u-korov.html>.
11. Panova N. A., Vasilyeva S. V. Analysis of the effectiveness of a rapid test for early diagnosis of mastitis in cows. *Legal regulation in veterinary medicine*. 2022. No. 4. Pp. 127-130.
12. Ermishin A. S., Timakov A. V. Biochemical indicators of adaptation of cows in the conditions of the Yaroslavl region. *Bulletin of the agro-industrial complex of the Upper Volga region*. 2015. No 4 (32). Pp. 29-39.
13. Pushkarev I. A., Afanasyeva A. I., Kureninova T. V., Shanshin N. V., Khapersky Yu. A., Maltseva O. E., Burtseva S. V., Chekunkova Yu. A. Metabolic status and milk productivity of cows when using a tissue biostimulator from waste from the slaughter of antler deer. *Agricultural biology*. 2021. Vol. 56. No. 4. Pp. 776-781.
14. Mishchenko V. A., Mishchenko A. V., Yashin R. V., Evgrafova V. A., Nikeshina T. B. Metabolic diseases of cattle. *Veterinary medicine today*. 2021. No. 10 (3). Pp. 184-189.
15. Talyzina T. L., Nuriev G. G., Talyzin V. V. Indicators of protein metabolism in dairy cows during different periods of lactation. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2018. No 2 (66). Pp. 61-64.
16. Zubova T. V., Pleshkov V. A., Smolovskaya O. V., Semechkova A. V. Biochemical and morphological parameters of the blood of cows with subclinical mastitis. *Bulletin of NSAU*. 2023. N. 2 (67). Pp. 181-189.

Информация об авторах

Малкова Надежда Николаевна, кандидат биологических наук, инженер по патентной и изобретательской работе ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт» (Российская Федерация, 675005, г. Благовещенск, ул. Северная, д. 112), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2061-745x>, e-mail: mnn.1@mail.ru

Остякова Марина Евгеньевна, доктор биологических наук, доцент, директор ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт» (Российская Федерация, 675005, г. Благовещенск, ул. Северная, д. 112), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-0991>, e-mail: dalznivdv@mail.ru

Ирхина Вера Константиновна, научный сотрудник ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт» (Российская Федерация, 675005, г. Благовещенск, ул. Северная, д. 112), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4553-7189>, e-mail: dalznivdv@mail.ru

Author's Information

Malkova Nadezhda Nikolaevna, Candidate of Biological Sciences, engineer for patent and invention work of the Far East Zone Research Veterinary Institute (Russian Federation, 675005, Blagoveshchensk, Severnaya St., 112), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2061-745x>, e-mail: mnn.1@mail.ru

Ostyakova Marina Evgenievna, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Director of the Far East Zone Research Veterinary Institute (Russian Federation, 675005, Blagoveshchensk, Severnaya St., 112), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-0991>, e-mail: dalznivdv@mail.ru

Irkhina Vera Konstantinovna, Researcher Far East Zone Research Veterinary Institute (Russian Federation, 675005, Blagoveshchensk, Severnaya St., 112), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-0991>, e-mail: dalznivdv@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-29

GENOME-WIDE ANALYSIS OF THE GENETIC DIVERSITY AND STRUCTURE OF REGIONAL POPULATIONS OF THE NENETS REINDEER BREED**Kharzinova V. R., Dotsev A. V., Zinovieva N. A.***L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry
Dubrovitsy, Moscow Region, Russian Federation*Corresponding author E-mail: veronika0784@mail.ru

Received 09.04.2024

Submitted 20.06.2024

***This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.
FGGN-2024-0015*****Summary**

The current paper presents the results of the genome-wide analysis of the Nenets reindeer breed populations bred in various regions of the Russian Federation. The findings obtained here, are the relevant addition to previously published information on the state of genetic diversity and genetic structure of the Nenets breed, which can be used in the development of programs for the preservation of intra-population genetic diversity and genetic uniqueness of the population of the most expanded reindeer breed in the Russian Federation.

Abstract

Introduction. The genetic potential of domestic reindeer in the Arctic zone of the Russian Federation is represented by four breeds, the most numerous of which is the Nenets breed. The unique adaptive abilities and wide breeding area of the Nenets breed serve as the basis for a comprehensive assessment of the genetic diversity and structure of regional populations of this breed using high-throughput molecular genetic methods, in particular genotyping of single nucleotide polymorphisms. **Object.** The object of the study is deposited in the gene bank of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry samples of the Nenets reindeer breed bred on the territory of reindeer herding brigades of the Nenets, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, the Komi Republic, the Murmansk and the Arkhangelsk regions. **Materials and methods.** Using a high-density DNA chip, 149 DNA samples of the Nenets breed were genotyped. Based on the results of quality control, 7918 polymorphic SNPs were detected. Statistical processing of the obtained data was carried out in the R 3.5.0 studio using additional R packages: 'diveRsity', 'pophelper', 'ggplot2' and software: SplitsTree 4.14.5, ADMIXTURE v1.3.0. **Results and conclusion.** The analysis of the level of allelic and genetic diversity showed that the values of allelic diversity (A_R), observed (H_O) and expected (H_E) heterozygosity were almost at the same level in all studied groups of the Nenets breed. At the same time, the minimum values of all indicators were found in animals from the Arkhangelsk region ($A_R=1.505\pm0.005$, $H_O=0.179\pm0.002$, $H_E=0.181\pm0.002$). The maximum values were observed in animals of the Murmansk region: $A_R=1.54\pm0.004$, $H_O=0.185\pm0.002$, $H_E=0.19\pm0.002$. All the population-statistical methods we used to analyze the genetic structure of populations of the Nenets breed bred in the Nenets, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, the Komi Republic and the Arkhangelsk region revealed a large degree of their genetic homogeneity, and, accordingly, weak genetic differentiation, distributing breed groups in the genetic space in accordance with their position on a geographical map. An exception was the

sample of the reindeer from the Murmansk region, which was characterized by different genetic structure with the presence of some ancestral components of both domestic and wild forms of reindeer. A possible explanation for the identified pattern may be the origin of reindeer herding in the region, as well as evidence of contact with the wild and the saami reindeer.

Keywords: reindeer, Nenets reindeer breed, genome-wide analysis, genetic diversity of the reindeer population.

Citation. Kharzinova V. R., Dotsev A. V., Zinovieva N. A. Genome-wide analysis of the genetic diversity and structure of regional populations of the nenets reindeer breed. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 271-280 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-29.

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

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

УДК 636.082

ПОЛНОГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И СТРУКТУРЫ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ НЕНЕЦКОЙ ПОРОДЫ СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ

Харзинова В. Р., кандидат биологических наук

Доцев А. В., кандидат биологических наук

Зиновьева Н. А., доктор биологических наук, профессор, академик РАН

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста»
пос. Дубровицы, Московская область, Российская Федерация

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ. FGGN-2024-0015

Актуальность. Генетический потенциал домашнего северного оленя Арктической зоны Российской Федерации представлен четырьмя породами, самой многочисленной из которых является ненецкая порода. Уникальные адаптационные способности и широкая зона разведения ненецкой породы служат основанием для всесторонней оценки генетического разнообразия и структуры региональных популяций данной породы с использованием высокопроизводительных молекулярно-генетических методов, в частности генотипирования однонуклеотидных полиморфизмов. **Объект.** Объектом исследований являются депонированные в генетическом банке ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста образцы северных оленей ненецкой породы, разводимых на территории оленеводческих бригад Ненецкого, Ямало-Ненецкого автономных округов, Республики Коми, Мурманской и Архангельской областей. **Материалы и методы.** С использованием ДНК-чипа высокой плотности проведено генотипирование 149 образцов ДНК ненецкой породы. По результатам контроля качества детектировано 7918 полиморфных SNP. Статистическая обработка полученных данных проведена в программной среде R 3.5.0 с использованием дополнительных R-пакетов: 'diveRsity', 'prophelper', 'ggplot2' и программных обеспечений: SplitsTree 4.14.5, ADMIXTURE v1.3.0. **Результаты и выводы.** Анализ уровня аллельного и генетического разнообразия показал, что значения показателей аллельного разнообразия (A_R), наблюдаемой (H_O) и ожидаемой (H_E) гетерозиготности находились практически на одинаковом уровне во всех исследованных группах ненецкой породы. При этом минимальные значения всех показателей были выявлены у животных Архангельской области ($A_R=1.505\pm 0.005$, $H_O=0.179\pm 0.002$, $H_E=0.181\pm 0.002$). Максимальные значения отмечены у животных Мурманской области: $A_R=1.54\pm 0.004$, $H_O=0.185\pm 0.002$, $H_E=0.19\pm 0.002$. Все использованные нами популяционно-статистические методы анализа генетической структуры популяций ненецкой породы, разводимых на территории Ненецкого, Ямало-Ненецкого автономных округов, Республики Коми и Архангельской области, выявили большую степень их генетической однородности и, соответственно, слабую генетическую дифференциацию, распределяя группировки породы в генетическом пространстве в соответствии с их положением на географической карте. Исключение составила выборка оленей Мурманской области, характеризующаяся отличной генетической структурой с наличием части предковых компонентов как домашней, так и дикой формы северного оленя. Возможным объяснением выявленной закономерности может являться происхождение оленеводства в регионе, а также свидетельства контакта с дикими и саамскими оленями

Ключевые слова: северные олени, ненецкая порода оленей, полногеномный анализ, генетическое разнообразие популяции оленей.

Цитирование. Харзинова В. Р., Доцев А. В., Зиновьева Н. А. Полногеномный анализ генетического разнообразия и структуры региональных популяций ненецкой породы северного оленя. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 271-280. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-29.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Генетическое разнообразие популяции или вида в целом, является ключевой опорой биоразнообразия и разнообразия внутри и между видами, а также всей экосистемы [1]. Одной из приоритетных задач генетической науки является поддержание генетического разнообразия на многих уровнях и предоставление инструментов для мониторинга и оценки популяции, которые могут быть использованы для планирования природоохранной деятельности. Северный олень (*Rangifer tarandus*) – ценный член арктических экосистем и важный генетический ресурс Российского Севера, составляющий первоначальное генетическое богатство коренных арктических этнических групп, которые на протяжении многих лет поддерживают свою жизнь в суровых условиях этого региона. Для сохранения и дальнейшего рационального использования данного ресурса необходимо проведение анализа его генетической структуры с помощью современных молекулярно-генетических подходов [2]. Генетический потенциал домашнего оленеводства в Российской Федерации представлен четырьмя породами, из которых ненецкая порода является наиболее многочисленной. Порода выпасается на двух материках: Европе и Азии, на площади, превышающей 100 млн га. Уникальные адаптационные способности и широкая зона разведения ненецкой породы служат основанием для всесторонней оценки генетического разнообразия и структуры региональных популяций породы с использованием различных типов ДНК-маркеров. Так, генетическая структура различных географических выборок ненецкой породы была исследована с помощью анализа микросателлитов [3], полной нуклеотидной последовательности митохондриального гена *CytB* [4] и митохондриальных геномов [5]. Однако за последнее десятилетие разработка и совершенствование высокопроизводительных методов генотипирования однонуклеотидных полиморфизмов (single nucleotide polymorphism, SNP) привели к революции в их использовании в качестве эффективного и популярного типа ДНК маркеров для выявления закономерностей генетического разнообразия и структуры популяции [6]. В отличие от митохондриальной ДНК и микросателлитов, общегеномные SNP обеспечивают большое количество молекулярных маркеров, которые могут быть получены экономичными методами и с небольшим временем работы [7]. Востребованность SNP привела к созданию и использованию для наиболее популярных видов сельскохозяйственных животных и птицы так называемых микроматриц (ДНК-чипов). Несмотря на наличие результатов полногеномных исследований представителей семейства Cervidae представленных в ряде научных работ [8, 9], сведения о генетическом разнообразии домашних северных оленей ненецкой породы различных регионов разведения на основе полногеномного анализа, отсутствуют.

В этой связи целью нашей работы являлось проведение полногеномного анализа ненецких домашних северных оленей, разводимых на территории оленеводческих бригад Ненецкого, Ямало-Ненецкого автономных округов, Республики Коми, Мурманской и Архангельской областей, для обнародования результатов о генетической уникальности самой многочисленной породы северного оленя, сформированной экологическими процессами, миграцией генов, методами разведения и ареалом обитания.

Материалы и методы. Материалом для исследований служили образцы биологического материала (срез с фронтальной части ушной раковины) северных оленей ненецкой породы, депонированных в генетическом банке ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста. Исследуемая выборка включала животных четырех оленеводческих бригад Ненецкого автономного округа, расположенных в Большеземельской (NAOB_B1, n=12 и NAOB_B2, n=9) и Малоземельской (NAOM_B1, n=5 и NAOM_B2, n=28) тундры, двух оленеводческих бригад Ямало-Ненецкого автономного округа (YMLN_B1, n=7 и YMLN_B2, n=13), двух оленеводческих бригад Республики Коми (KOMI_B1, n=12 и KOMI_B2, n=9), Мурманской (MURM, n=19) и Архангельской (ARKH, n=8) областей. Для некоторых статистических анализов в качестве группы сравнения в исследования были включены SNP-генотипы дикого северного оленя таймырской популяции (WLD, n=27).

Геномную ДНК выделяли с помощью коммерческого набора ДНК-Экстран-2 (ООО «Синтол», Россия) в соответствии с инструкциями производителя. Концентрацию двухцепочечной ДНК измеряли на флуориметре Qubit 3.0 (Thermo Fisher Scientific (ранее Life Technologies Waltham, MA, USA), Wilmington, DE, USA). Чистоту ДНК определяли путем оценки коэффициента поглощения A260/A280 на спектрофотометре NanoDrop2000 (Thermo Fisher Scientific, Wilmington, DE, USA). Концентрация ДНК в среднем составила 103,42 нг/мкл. Всего 149 образцов ДНК северных оленей были генотипированы с использованием ДНК-чипа Illumina BovineHD Genotyping BeadChip. Полногеномные профили образцов северного оленя, задействованных в исследовании, депонированы в генетическом банке ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста. Контроль качества секвенирования SNP-генома образцов северного оленя осуществлялся путем установки порогового значения 0,5 для показателей GenCall и GenTrain с использованием PLINK v1.90. [10].

На основании данных SNP-генотипирования были рассчитаны основные внутрипопуляционные генетические параметры выборок северного оленя, включая наблюдаемую (H_o), несмещенную ожидаемую гетерозиготность (H_e), коэффициент инбридинга (F_{IS}) на основе несмещенной ожидаемой гетерозиготности, показатель аллельного разнообразия, скорректированный на размер выборки (A_R). Оценка генетической дифференциации и генетической структуры изучаемых популяций ненецкой породы была выполнена на основе анализа главных компонент (PCA-анализ) путем расчета попарных значений F_{ST} , с последующим графическим представлением в виде дендрограммы “сеть соседей”, а также на основе анализа предковых компонент методом ADMIXTURE. Ряд значений K находился в диапазоне от 1 до 7. Оптимальное значение K было установлено в соответствие с наименьшими значениями ошибки вариации (CV). Статистическую обработку и визуализацию данных проводили в программной среде R 3.5.0 [11] с использованием дополнительных R-пакетов ('diveRcity', 'pophelper', 'ggplot2') и статистических программных продуктов (SplitsTree 4.14.5, ADMIXTURE v1.3.0) [12, 13, 14, 15, 16].

При выполнении исследований использовали оборудование ЦКП «Биоресурсы и биоинженерия сельскохозяйственных животных» ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста.

Результаты и обсуждение. По результатам контроля качества и фильтрации SNP маркеров в исследованной выборке северных оленей было детектировано 7918 полиморфных SNP, на основании которых был выполнен анализ основных показателей генетического разнообразия, представленный в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели генетического разнообразия популяций ненецкой породы северного оленя на основе полногеномного SNP генотипирования

Table 1 – Indicators of genetic diversity of Nenets reindeer breed populations based on genome-wide SNP genotyping

Популяция / Population	n	A_R	H_o (M $\pm$ se)	H_e (M $\pm$ se)	F_{IS} [CI95%]
MURM	19	1.54 $\pm$ 0.004	0.185 $\pm$ 0.002	0.19 $\pm$ 0.002	0.02[0.015;0.025]
ARKH	8	1.505 $\pm$ 0.005	0.179 $\pm$ 0.002	0.181 $\pm$ 0.002	0.009[0.001;0.017]
KOMI_B1	12	1.517 $\pm$ 0.005	0.181 $\pm$ 0.002	0.184 $\pm$ 0.002	0.015[0.008;0.022]
KOMI_B2	9	1.511 $\pm$ 0.005	0.181 $\pm$ 0.002	0.183 $\pm$ 0.002	0.006[-0.002;0.014]
NAOB_B1	12	1.515 $\pm$ 0.005	0.181 $\pm$ 0.002	0.183 $\pm$ 0.002	0.011[0.004;0.018]
NAOB_B2	9	1.515 $\pm$ 0.005	0.18 $\pm$ 0.002	0.183 $\pm$ 0.002	0.013[0.005;0.021]
NAOM_B1	5	1.508 $\pm$ 0.006	0.18 $\pm$ 0.003	0.182 $\pm$ 0.002	0.008[-0.002;0.018]
NAOM_B2	28	1.524 $\pm$ 0.004	0.184 $\pm$ 0.002	0.186 $\pm$ 0.002	0.011[0.006;0.016]
YMLN_B1	7	1.509 $\pm$ 0.005	0.179 $\pm$ 0.002	0.181 $\pm$ 0.002	0.011[0.002;0.02]
YMLN_B2	13	1.513 $\pm$ 0.005	0.179 $\pm$ 0.002	0.184 $\pm$ 0.002	0.02[0.013;0.027]
WILD	27	1.533 $\pm$ 0.004	0.183 $\pm$ 0.002	0.186 $\pm$ 0.002	0.013[0.009;0.017]

Примечание: популяции ненецкой породы: MURM – Мурманской области, ARKH – Архангельской области, KOMI_B1 и KOMI_B2 – оленеводческих бригад Республики Коми, NAOB_B1 и NAOB_B2 – оленеводческих бригад Большеземельской тундры Ненецкого автономного округа, NAOM_B1 и NAOM_B2 – оленеводческих бригад

Малоземельской тундры Ненецкого автономного округа, YMLN_B1 и YMLN_B2 – оленеводческих бригад Ямало-Ненецкого автономного округа, WILD – дикий северный олень таймырской популяции, n – число голов, A_R – аллельное разнообразие, H_O – наблюдаемая гетерозиготность, U_{HE} – несмещенная ожидаемая гетерозиготность, U_{FIS} – несмещенный коэффициент инбридинга, M – среднее значение, se – стандартная ошибка, $CI_{95\%}$ – вариации коэффициента U_{FIS} при доверительном интервале 95%.

Note: populations of the Nenets breed: MURM – Murmansk Region, ARKH – Arkhangelsk Region, KOMI_B1 and KOMI_B2 reindeer herding brigades of the Komi Republic, NAOB_B1 and NAOB_B2 reindeer herding brigades of the Bolshezemelskaya tundra of the Nenets Autonomous Okrug, NAOM_B1 and NAOM_B2 reindeer herding brigades of the Malozemelskaya tundra of the Nenets Autonomous Okrug, YMLN_B1 and YMLN_B2 reindeer herding brigades of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, WILD – wild reindeer of the Taimyr population, n is the number of goals, AR is the allelic diversity, H_O is the observed heterozygosity, U_{HE} is the unbiased expected heterozygosity, U_{FIS} is the unbiased inbreeding coefficient, M is the mean, se is the standard error, $CI_{95\%}$ is the variations of the U_{FIS} coefficient with a 95% confidence interval.

Анализируя показатели генетического разнообразия, установили, что значения аллельного разнообразия (A_R) находились практически на одинаковом уровне во всех исследованных группах ненецкой породы, с варьированием от 1.505 ± 0.005 у ARKH до 1.540 ± 0.004 у MURM. Аналогичная тенденция практически идентичных значений была выявлена и по показателю наблюдаемой гетерозиготности (H_O) с варьированием от 0.179 ± 0.002 у ARKH, YMLN_B1 и YMLN_B2 до 0.185 ± 0.002 у MURM. В связи с тем что выборки включали менее 30 особей и имелись различия в анализируемой численности, нами были рассчитаны несмещенные значения ожидаемой гетерозиготности (U_{HE}) и коэффициента инбридинга (U_{FIS}). Минимальные значения ($U_{HE} = 0.181 \pm 0.002$) были выявлены в двух группах ненецкой породы у ARKH и YMLN_B1. Олени Мурманской области имели максимальные значения показателя: $U_{HE} = 0.19 \pm 0.002$. Все исследованные группы ненецкой породы характеризовались небольшим недостатком гетерозигот, показывая положительные значения коэффициента инбридинга (U_{FIS}). Однако в большинстве групп значения U_{FIS} с учетом 95%-ного доверительного интервала были близки к состоянию генетического равновесия.

На рисунке 1 представлены результаты генетических взаимосвязей исследованных группировок ненецкой породы северного оленя, визуализированных посредством дендрограммы, построенной по алгоритму “сеть соседей” (Neighbor Net) на основании попарных генетических дистанций F_{ST} .

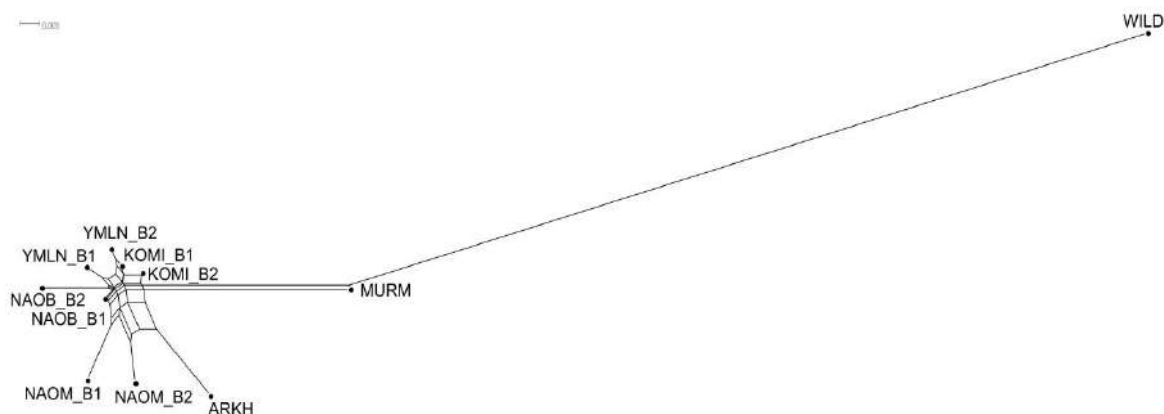


Рисунок 1 – Генетические взаимосвязи популяций ненецкой породы северного оленя, представленные в виде графика Neighbor Net на основе матрицы значений генетических дистанций F_{ST} .
Примечание: популяции ненецкой породы: MURM – Мурманской области, ARKH – Архангельской области, KOMI_B1 и KOMI_B2 – оленеводческих бригад Республики Коми, NAOB_B1 и NAOB_B2 – оленеводческих бригад Большеземельской тундры Ненецкого автономного округа, NAOM_B1 и NAOM_B2 – оленеводческих бригад Малоземельской тундры Ненецкого автономного округа, YMLN_B1 и YMLN_B2 – оленеводческих бригад Ямало-Ненецкого автономного округа, WILD – дикий северный олень таймырской популяции.

Figure 1 – Genetic relationships of the Nenets reindeer breed populations, presented on the Neighbor Net graphics based on the F_{ST} matrix of genetic differences

Note: populations of the Nenets breed: MURM – Murmansk region, ARKH – Arkhangelsk region, KOMI_B1 and KOMI_B2 – reindeer herding brigades of the Komi Republic, NAOB_B1 and NAOB_B2 – reindeer herding brigades of the Bolshezemelskaya tundra of the Nenets Autonomous Okrug, NAOM_B1 and NAOM_B2 – reindeer herding brigades of the Malozemelskaya tundra of the Nenets Autonomous Okrug, YMLN_B1 and YMLN_B2 – reindeer herding brigades of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, WILD – wild reindeer of the Taimyr population.

Анализ структуры генетической сети показал, что высокой степени дифференциации между региональными группировками ненецкой породы северного оленя выявлено не было. Однако следует отметить, что внутри кластера домашних оленей было отмечено формирование нескольких подкластеров и в генетическом пространстве большинство исследованных группировок ненецкой породы распределились в соответствии с их положением на географической карте. Так, ядро подкластера ненецкой породы сформировали выборки оленей оленеводческих бригад ЯНАО (YMLN_B1 и YMLN_B2), Республики Коми (KOMI_B1 и KOMI_B2) и оленеводческих бригад Большеземельской тундры НАО (NAOB_B1 и NAOB_B2). При этом выборки оленей Малоземельской тундры (NAOM_B1 и NAOM_B2) отошли от центра сети, формируя дифференцированный подкластер, с примыканием к ним ветви группировки оленей Архангельской области. Наибольшей генетической обособленностью от общей предковой формы ненецкой породы северного оленя характеризовалась выборка животных Мурманской области, с формированием отдельной ветви, расположенной между кластером домашних и диких особей северного оленя.

Для анализа популяционной структуры изученных групп ненецкой породы северных оленей нами был использован анализ главных компонент (PCA), результаты которого представлены на рисунке 2.

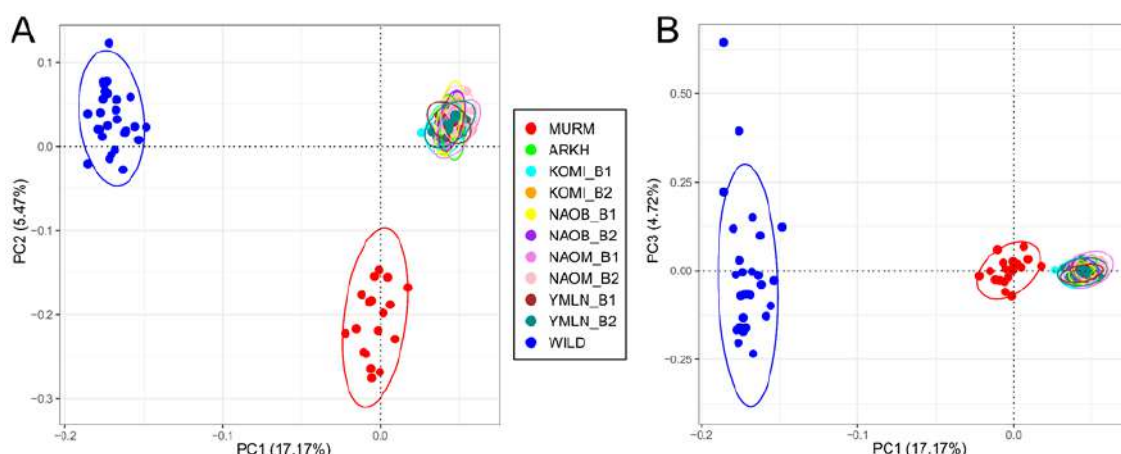


Рисунок 2 – Анализ главных компонент (PCA) популяций ненецкой породы северного оленя, выполненный (А) для первой (PC1) и второй главных компонент (PC2) и (Б) для первой и третьей (PC3) главных компонент

Примечание: популяции ненецкой породы: MURM – Мурманской области, ARKH – Архангельской области, KOMI_B1 и KOMI_B2 – оленеводческих бригад Республики Коми, NAOB_B1 и NAOB_B2 – оленеводческих бригад Большеземельской тундры Ненецкого автономного округа, NAOM_B1 и NAOM_B2 – оленеводческих бригад Малоземельской тундры Ненецкого автономного округа, YMLN_B1 и YMLN_B2 – оленеводческих бригад Ямало-Ненецкого автономного округа, WILD – дикий северный олень таймырской популяции

Figure 2 – Principal component analysis (PCA) of Nenets reindeer breed populations, performed (A) for the first (PC1) and second principal components (PC2) and (B) for the first and third (PC3) principal components

Note: populations of the Nenets breed: MURM – Murmansk region, ARKH – Arkhangelsk region, KOMI_B1 and KOMI_B2 – reindeer herding brigades of the Komi Republic, NAOB_B1 and NAOB_B2 – reindeer herding brigades of the Bolshezemelskaya tundra of the Nenets Autonomous Okrug, NAOM_B1 and NAOM_B2 – reindeer herding brigades of the Malozemelskaya tundra of the Nenets Autonomous Okrug, YMLN_B1 and YMLN_B2 – reindeer herding brigades of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, WILD – wild reindeer of the Taimyr population.

Согласно результатам рисунка 2 следует, что вклад общей генетической изменчивости, приходящейся на первую, вторую и третью компоненты, составил 17,17%, 5,47% и 4,72% соответственно. Результаты PCA показали схожие закономерности генетических взаимоотношений исследованных группировок ненецкой породы и объединили выборки оленей в массивы, по аналогии со структурой генетической сети (рисунок 1). Так, было выявлено три кластера: большая часть популяций ненецкой породы сформировали один кластер, дикие северные олени – другой кластер и группа особей Мурманской области – отдельный кластер.

Результаты генетической кластеризации исследованных групп немецкой породы северного оленя, реализованной в программе ADMIXTURE, представлены на рисунке 3.

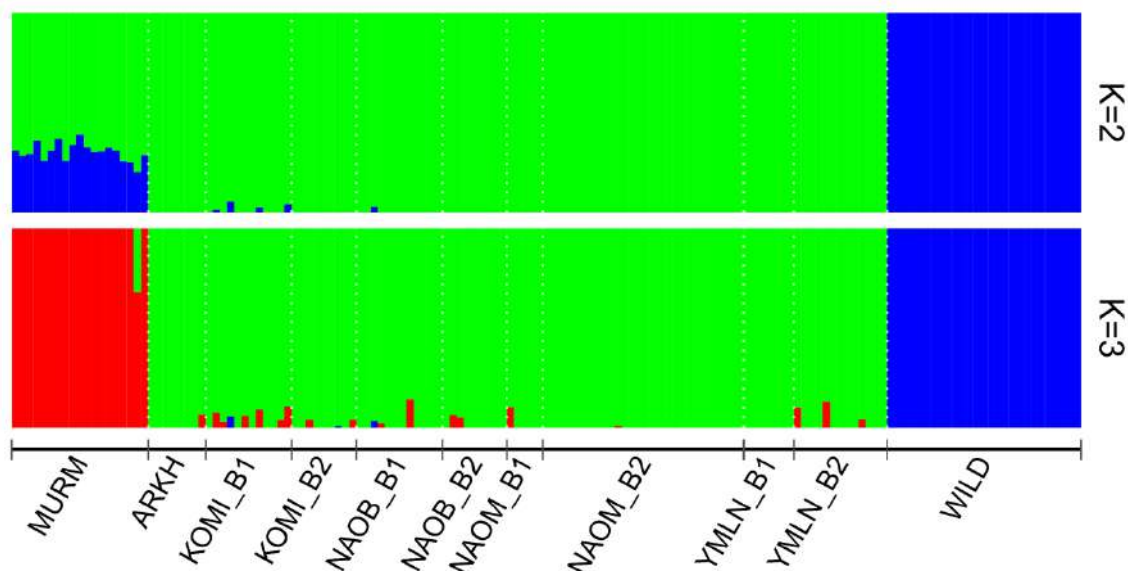


Рисунок 3 – Результаты кластерного анализа популяций ненецкой породы северного оленя

Примечание: популяции ненецкой породы: MURM – Мурманской области, ARKH – Архангельской области, KOMI_B1 и KOMI_B2 – оленеводческих бригад Республики Коми, NAOB_B1 и NAOB_B2 – оленеводческих бригад Большеземельской тундры Ненецкого автономного округа, NAOM_B1 и NAOM_B2 – оленеводческих бригад Малоземельской тундры Ненецкого автономного округа, YMLN_B1 и YMLN_B2 – оленеводческих бригад Ямало-Ненецкого автономного округа, WILD – дикий северный олень таймырской популяции.

Figure 3 – Results of the cluster analysis of Nenets reindeer breed populations

Note: populations of the Nenets breed: MURM – Murmansk region, ARKH – Arkhangelsk region, KOMI_B1 and KOMI_B2 – reindeer herding brigades of the Komi Republic, NAOB_B1 and NAOB_B2 – reindeer herding brigades of the Bolshezemelskaya tundra of the Nenets Autonomous Okrug, NAOM_B1 and NAOM_B2 – reindeer herding brigades of the Malozemelskaya tundra of the Nenets Autonomous Okrug, YMLN_B1 and YMLN_B2 – reindeer herding brigades of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, WILD – wild reindeer of the Taimyr population.

Наименьшие значения ошибки вариации ($CV=0,37$) были выявлены при $K=2$, четко дифференцируя основной массив региональных популяций ненецкой породы от кластера таймырской популяции дикого северного оленя. Наличие адмексии было выявлено в кластере MURM, который заключал в себе генетические компоненты, как ненецкой породы, так и дикого северного оленя. Однако, при $K=3$, большая часть особей выборки оленей Мурманской области сформировали консолидированный кластер с присутствием специфических только для своей региональной популяции генетических компонентов.

Закключение. Результаты проведенных полногеномных исследований различных группировок ненецкой породы северного оленя показали, что все исследованные выборки породы характеризовались высоким уровнем аллельного разнообразия, который превышал значения 1,5. Данный показатель определяет долгосрочный потенциал популяции в плане адаптивности и стойкости к абиотическим и биотическим факторам [17]. Кроме того, согласно Wagner A (2008) имеются доказательства того, что высокое аллельное разнообразие, даже нейтральных аллелей, увеличивает эволюционируемость популяции, делая большую часть генотипического пространства доступной для меньшего числа мутационных событий [18]. Что касается других параметров генетического разнообразия, в частности наблюдаемой и ожидаемой степени гетерозиготности (H_O и H_E), нами было отмечено, что их значения были практически идентичными между исследованными группами ненецкой породы. Исключение составила выборка оленей Мурманской области, которая характеризовалась максимальными значениями показателей ($H_O=0.185\pm0.002$, $H_E=0.19\pm0.002$). Следует отметить, что данная группировка северных оленей также характеризовалась отличной генетической структурой с наличием части предковых компонентов, как домашней, так и дикой формы северного оленя, о чем свидетельствовали результаты дендрограммы генетических взаимосвязей исследованных группировок ненецкой по-

роды (рисунок 1), анализа главных компонент (PCA) (рисунок 2) и генетической кластеризации (рисунок 3). Возможным объяснением выявленной закономерности может является происхождение оленеводство в регионе, а также свидетельства контакта с дикими и саамскими оленями. Вместе с тем, различные статистические подходы анализа полученных полногеномных профилей домашних северных оленей, разводимых на территории Ненецкого, Ямало-Ненецкого автономных округов, Республики Коми и Архангельской области выявили большую степень их генетической однородности, и, соответственно, слабую генетическую дифференциацию. Полученные данные не позволяют сделать вывод о существовании нескольких экотипов внутри ненецкой породы северного оленя, что согласуется с результатами, полученными на основе анализа микросателлитов [3] и свидетельствует об относительной условности дифференциации исследованных внутривидовых популяций на кластеры. Таким образом, полученные нами результаты являются актуальным дополнением к ранее опубликованной информации о состоянии генетического разнообразия и генетической структуры ненецкой породы, что может быть использовано при разработке программ сохранения внутривидового генетического разнообразия и генетической уникальности популяции наиболее распространённой породы северного оленя Российской Федерации.

Conclusions. The results of genome-wide studies of various groups of the Nenets reindeer breed showed that all studied samples were characterized by a high level of allelic diversity exceeding 1.5. This indicator determines the long-term development potential in terms of adaptability and resistance to abiotic and biofactorial factors [17]. Additionally, according to Wagner A (2008), there is evidence that high allelic diversity, even of neutral alleles, increases evolvability by making more genotypic space available for fewer mutational events [18]. Regarding the other parameters of genetic diversity, in particular the observed and expected degree of heterozygosity (H_o and h_E), we noted that their values were almost identical between the studied groups of the Nenets breed. The exception was the sample of reindeer from the Murmansk region, which was characterized by maximum values of indicators ($H_o = 0.185 \pm 0.002$, $h_E = 0.19 \pm 0.002$). It should be noted that this group of reindeer was also characterized by different genetic structure with the presence of the part of the ancestral components, both domestic and wild forms of reindeer, as evidenced by the results of the dendrogram of genetic relationships of the studied groups of the Nenets breed (figure 1), principal component analysis (PCA) (figure 2) and genetic clustering (figure 3). At the same time, various statistical approaches to analyzing the obtained genome-wide profiles of domestic reindeer bred in the Nenets, Yamalo-Nenets Autonomous Okrugs, the Komi Republic and the Arkhangelsk region revealed a high degree of their genetic homogeneity, and, accordingly, weak genetic differentiation. The data obtained do not allow us to conclude that there are several ecotypes within the Nenets reindeer breed, which is consistent with the results obtained based on the analysis of microsatellites [Deniskova T.E., 2018], indicating the relative conventionality of differentiation of the studied intrabreed populations into clusters. Thus, our findings are an actual addition to previously published information on the state of genetic diversity and genetic structure of the Nenets breed, which can be used in developing programs for the conservation of intra-population genetic diversity and the genetic uniqueness of the structure of the most common reindeer breed in the Russian Federation.

Библиографический список

1. Govindaraj M., Vetriventhan M., Srinivasan M. Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: an overview of its analytical perspectives. *Genet Res Int.* 2015. 431487.
2. Kharzinova V., Dotsev A., Solovieva A., Sergeeva O., Bryzgalov G., Reyer H., Wimmers K., Brem G., Zinovieva N. Insight into the Current Genetic Diversity and Population Structure of Domestic Reindeer (*Rangifer tarandus*) in Russia. *Animals.* 2020. N. 10. 1309.
3. Денискова Т. Е., Харзинова В. Р., Доцев А. В., Соловьева А. Д., Романенко Т. М., Южаков А. А., Лайшев К. А., Брем Г., Зиновьева Н. А. Генетическая характеристика региональных популяций ненецкой породы Северного оленя (*Rangifer tarandus*). *Сельскохозяйственная биология.* 2018. № 53 (6). С. 1152-1161.
4. Харзинова В. Р., Кошкина О. А., Доцев А. В., Зиновьева Н. А. Генетическое разнообразие региональных популяций северного оленя на основе анализа гена *CytB* митохондриальной ДНК. *Известия Нижневожского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.* 2023. № 4 (72). С. 300-308.
5. Кошкина О. А., Харзинова В. Р., Зиновьева Н. А. Исследования филогенетических связей популяций ненецкой породы северного оленя, основанные на системе анализа полиморфизма полных митохондриальных геномов. *Достижения науки и техники АПК.* 2023. Т. 37. № 9. С. 93-101.
6. Helyar S. J., Hemmer-Hansen J., Bekkevold D., Taylor M. I., Ogden R., Limborg M. T., Cariani A., Maes G. E., Diopere E., Carvalho G. R., Nielsen E. E. Application of SNPs for population genetics of nonmodel organisms: new opportunities and challenges. *Mol Ecol Resour.* 2011. V. 1. Pp. 123-36.

7. Pumpitakkul V., Chetruengchai W., Srichomthong C., et al. Comparative genomics and genome-wide SNPs of endangered Eld's deer provide breeder selection for inbreeding avoidance. *Sci Rep.* 2023. V. 13. 19806.
8. Haynes G. D., Latch E. K. Identification of novel single nucleotide polymorphisms (SNPs) in deer (*Odocoileus* spp.) using the BovineSNP50 BeadChip. *PLoS ONE.* 2012. V. 7. e36536
9. Kasarda R., Moravčíková N., Židek R., Mészáros G., Kadlečík O., Trakovická A., Pokorádi J. Investigation of the genetic distances of bovids and cervids using BovineSNP50k BeadChip. *Arch. Anim. Breed.* 2015. N. 58. Pp. 57-63.
10. Purcell S., Neale B., Todd-Brown K., Thomas L., Ferreira M. A., Bender D., Maller J., Sklar P., de Bakker P. I., Daly M. J., et al. PLINK: A tool set for whole-genome association and population-based linkage analyses. *Am. J. Hum. Genet.* 2007. V. 81. Pp. 559–575.
11. Core Team. A language and environment for statistical computing. Foundation for statistical computing. Vienna, Austria, 2012. [http:// www.Rproject.org](http://www.Rproject.org)
12. Keenan K., McGinnity P., Cross T. F., Crozier W. W., Prodöhl P. A. An R package for the estimation and exploration of population genetics parameters and their associated errors. *Methods in Ecology and Evolution.* 2013. № 4. Pp. 782–788.
13. Francis R. M. An R package and web app to analyses and visualize population structure. *Mol Ecol Resour.* 2017. N. 17 (1). Pp. 27-32.
14. Wickham H. *Ggplot2: elegant graphics for data analysis.* N.Y.: Springer, 2009. 268 p.
15. Huson D. H., Bryant D. Application of phylogenetic networks in evolutionary studies. *Mol Biol Evol.* 2006. N. 23 (2). Pp. 254-67.
16. Alexander D. H., Novembre J., Lange K. Fast model-based estimation of ancestry in unrelated individuals. *Genome Res.* 2009. No 19 (9). Pp. 1655-1664.
17. Hughes A. R., Inouye B. D., Johnson M. T., Underwood N., Vellend M. Ecological consequences of genetic diversity. *Ecol Lett.* 2008. N. 11 (6). Pp. 609-23.
18. Wagner A. Robustness and evolvability: a paradox resolved. *Proc Biol Sci.* 2008. N. 275 (1630). Pp. 91-100.

References

1. Govindaraj M., Vetriventhan M., Srinivasan M. Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: an overview of its analytical perspectives. *Genet Res Int.* 2015. 431487.
2. Kharzinova V., Dotsev A., Solovieva A., Sergeeva O., Bryzgalov G., Reyer H., Wimmers K., Brem G., Zinovieva N. Insight into the Current Genetic Diversity and Population Structure of Domestic Reindeer (*Rangifer tarandus*) in Russia. *Animals.* 2020. N. 10. 1309.
3. Deniskova T. E., Kharzinova V. R., Dotsev A. V., Solovyova A. D., Romanenko T. M., Yuzhakov A. A., Layshev K. A., Brem G., Zinovieva N. A. Genetic Characteristics of Regional Populations of the Nenets Reindeer Breed (*Rangifer tarandus*). *Agricultural biology.* 2018. № 53 (6). Pp. 1152-1161.
4. Kharzinova V. R., Koshkina O. A., Dotsev A. V., Zinovieva N. A. Genetic Diversity of Regional Reindeer Populations Based on Mitochondrial DNA CytB Gene Analysis. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education.* 2023. No 4 (72). P. 300-308.
5. Koshkina O. A., Kharzinova V. R., Zinovieva N. A. Studies of Phylogenetic Relationships of Nenets Reindeer Populations Based on the System of Analysis of Polymorphism of Complete Mitochondrial Genomes. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex.* 2023. V. 37. № 9. Pp. 93-101.
6. Helyar S. J., Hemmer-Hansen J., Bekkevold D., Taylor M. I., Ogden R., Limborg M. T., Cariani A., Maes G. E., Diopere E., Carvalho G. R., Nielsen E. E. Application of SNPs for population genetics of nonmodel organisms: new opportunities and challenges. *Mol Ecol Resour.* 2011. V. 1. Pp. 123-36.
7. Pumpitakkul V., Chetruengchai W., Srichomthong C., et al. Comparative genomics and genome-wide SNPs of endangered Eld's deer provide breeder selection for inbreeding avoidance. *Sci Rep.* 2023. V. 13. 19806.
8. Haynes G. D., Latch E. K. Identification of novel single nucleotide polymorphisms (SNPs) in deer (*Odocoileus* spp.) using the BovineSNP50 BeadChip. *PLoS ONE.* 2012. V. 7. e36536
9. Kasarda R., Moravčíková N., Židek R., Mészáros G., Kadlečík O., Trakovická A., Pokorádi J. Investigation of the genetic distances of bovids and cervids using BovineSNP50k BeadChip. *Arch. Anim. Breed.* 2015. N. 58. Pp. 57-63.
10. Purcell S., Neale B., Todd-Brown K., Thomas L., Ferreira M. A., Bender D., Maller J., Sklar P., de Bakker P. I., Daly M. J., et al. PLINK: A tool set for whole-genome association and population-based linkage analyses. *Am. J. Hum. Genet.* 2007. V. 81. Pp. 559-575.
11. Core Team. A language and environment for statistical computing. Foundation for statistical computing. Vienna, Austria, 2012. <http:// www.Rproject.org>
12. Keenan K., McGinnity P., Cross T. F., Crozier W. W., Prodöhl P. A. An R package for the estimation and exploration of population genetics parameters and their associated errors. *Methods in Ecology and Evolution.* 2013. № 4. Pp. 782-788.
13. Francis R. M. An R package and web app to analyses and visualize population structure. *Mol Ecol Resour.* 2017. N. 17 (1). Pp. 27-32.
14. Wickham H. *Ggplot2: elegant graphics for data analysis.* N.Y.: Springer, 2009. 268 p.
15. Huson D. H., Bryant D. Application of phylogenetic networks in evolutionary studies. *Mol Biol Evol.* 2006. N. 23 (2). Pp. 254-67.
16. Alexander D. H., Novembre J., Lange K. Fast model-based estimation of ancestry in unrelated individuals. *Genome Res.* 2009. No 19 (9). Pp. 1655-1664.
17. Hughes A. R., Inouye B. D., Johnson M. T., Underwood N., Vellend M. Ecological consequences of genetic diversity. *Ecol Lett.* 2008. N. 11 (6). Pp. 609-23.
18. Wagner A. Robustness and evolvability: a paradox resolved. *Proc Biol Sci.* 2008. N. 275 (1630). Pp. 91-100.

Информация об авторах

Харзинова Вероника Руслановна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. академика Л. К. Эрнста» (Российская Федерация, 142132, Московская область, г. о. Подольск, поселок Дубровицы, д. 60), orcid:org/0000-0002-8067-0404, e-mail: veronika0784@mail.ru
Доцев Арсен Владимирович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. академика Л. К. Эрнста» (Российская Федерация, 142132, Московская область, г. о. Подольск, поселок Дубровицы, д. 60), orcid:org/0000-0003-3418-2511, e-mail: asnd@mail.ru

Зиновьева Наталия Анатольевна, академик РАН, доктор биологических наук, профессор, директор ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. академика Л. К. Эрнста» (Российская Федерация, 142132, Московская область, г. о. Подольск, поселок Дубровицы, д. 60), orcid:org/0000-0003-4017-6863, e-mail: priemnaya-vij@mail.ru

Author's Information

Kharzinova Veronika Ruslanovna, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (Russian Federation, 142132, Moscow Region, Podolsk, Dubrovitsy village, 60), orcid:org/0000-0002-8067-0404, e-mail: veronika0784@mail.ru

Dotsev Arsen Vladimirovich, Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory, Leading Researcher of the L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (Russian Federation, 142132, Moscow Region, Podolsk, Dubrovitsy village, 60), orcid:org/0000-0003-3418-2511, e-mail: asnd@mail.ru

Zinovieva Natalya Anatolyevna, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of the L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (Russian Federation, 142132, Moscow Region, Podolsk, Dubrovitsy village, 60), orcid:org/0000-0003-4017-6863, e-mail: priemnaya-vij@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-30

THE EFFECT OF DIFFERENT CONCENTRATIONS OF CORTICIS QUERCUS EXTRACT ON RUMEN DIGESTION IN VITRO**Ivanishcheva A. P., Sizova E. A., Kamirova A. M., Shoshin D. E.**

*Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences"
Orenburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: nessi255@mail.ru

Received 28.04.2024

Submitted 28.06.2024

The article was published as part of the fulfillment of the state task No. FNWZ-2024-0002**Summary**

The article presents the results of evaluating the effect of different concentrations of oak bark extract on scar digestion. The results of the study showed that the introduction of the extract into the feed in a dosage from 1 to 10 ml / l leads to a positive effect. Namely, an increase in the digestibility of dry matter, the number of infusoria and leads to a change in the composition of LVH.

Abstract

Introduction. The genus *Quercus* supplies a large amount of residual material (e.g. bark, acorns, leaves, wood), an increase in the value of which can contribute to the supply of antioxidant polyphenols for use in the pharmaceutical, nutraceutical or cosmeceutical sector. The recovery of specialized metabolites may also benefit livestock feeding, so much so that polyphenols have attracted attention as modifiers of scar fermentation and to mitigate the oxidative imbalance to which farm animals are susceptible. **Materials and methods.** The experiment was conducted at the Central Research Center of the BST RAS, on the in vitro model "artificial scar" (incubator unit "ANKOM Daisy II", Ankom Technology Corporation, Fairport, New York, USA), which allows simultaneous incubation of several samples in sealed polyester bags in the same incubation vessel, which constantly rotates at The temperature is 39.5 °C. The object of the study was the scar content of cattle. **Results and conclusions.** The digestibility coefficient decreases by 0.52% against the background of adding 1 ml / l of corticis quercus extract to the feed, and when the dosage is increased to 5 and 10 ml / l, respectively, it increases by 2.56 (p<0.05) and 2.03%, compared with the control group. When 1 ml/l of oak bark extract is added, all fatty acids increase: acetic by 98.7%, propionic by 31.5%, butyric by 93.6%, valerian by 6.9% and capronic by 15.7%. At the maximum dosage (group III), the same effect occurs, namely: acetic, propionic, butyric and caproic acids increase by 18.07 (p<0.05); 14.03; 11.9 and 21.05% (p<0.05), respectively, compared with the control. Valerian acid is also reduced by 4.3% relative to the control group. The optimal dose of corticis *Quercus* extract, which contributes to a positive effect on the concentration of infusoria in the scar fluid, digestibility and synthesis of LVH is 5 ml/l. The presented results lay the foundation for further research aimed at using oak bark extract in optimized doses as natural modifiers of the fermentation process in the rumen.

Keywords: plant extracts, *Corticis quercus*, rumen digestion, cattle feeding.

Citation. Ivanishcheva A. P., Sizova E. A., Kamirova A. M., Shoshin D. E. The effect of different concentrations of corticis quercus extract on rumen digestion *in vitro*. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 280-287 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-30.

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

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

УДК 636.085:577.17

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЭКСТРАКТА *CORTICIS QUERCUS* НА РУБЦОВОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ *IN VITRO*

Иванищева А. П., соискатель, младший научный сотрудник
Сизова Е. А., доктор биологических наук, доцент
Камирова А. М., кандидат биологических наук, научный сотрудник
Шошин Д. Е., аспирант, лаборант-исследователь

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

Статья опубликована в рамках выполнения государственного задания № FNWZ-2024-0002

Актуальность. Род *Quercus* поставляет большое количество остаточного материала (например, коры, желудей, листьев, древесины), повышение ценности которого может способствовать поставке антиоксидантных полифенолов для использования в фармацевтическом, нутрицевтическом или космецевтическом секторе. Восстановление специализированных метаболитов может также принести пользу кормлению скота, настолько, что полифенолы привлекли внимание как модификаторы рубцовой ферментации и для смягчения окислительного дисбаланса, которому подвержены сельскохозяйственные животные. **Материалы и методы.** Эксперимент проведен в ЦКП БСТ РАН, на модели *in vitro* «искусственный рубец» (установка-инкубатор «ANKOM Daisy II», Ankom Technology Corporation, Фейрпорт, Нью-Йорк, США), позволяющий проводить одновременную инкубацию нескольких образцов в герметичных полиэфирных мешках в одном и том же инкубационном сосуде, который постоянно вращается при температуре 39,5°C. Объектом исследования являлось рубцовое содержимое крупного рогатого скота. **Результаты и выводы.** Коэффициент переваримости снижается на 0,52% на фоне внесения в корм 1 мл/л экстракта *corticis quercus*, а при увеличении дозировки до 5 и 10 мл/л, соответственно, увеличивается на 2,56 ($p \leq 0,05$) и 2,03%, по сравнению с контрольной группой. При добавлении 1 мл/л экстракта коры дуба происходит увеличение всех жирных кислот: уксусной на 98,7%, пропионовой на 31,5%, масляной на 93,6%, валерьяновой на 6,9% и капроновой на 15,7%. При максимальной дозировке (III группа) происходит такой же эффект, а именно: уксусная, пропионовая, масляная и капроновая кислоты увеличиваются на 18,07 ($p \leq 0,05$); 14,03; 11,9 и 21,05% ($p \leq 0,05$), соответственно, по сравнению с контролем. Валерьяновая кислота также снижается на 4,3% относительно контрольной группы. Оптимальная доза экстракта *corticis Quercus*, способствующая положительному влиянию на концентрацию инфузорий в рубцовой жидкости, переваримости и синтезу ЛЖК составляет 5 мл/л. Представленные результаты закладывают основу для дальнейших исследований, направленных на использование экстракта коры дуба в оптимизированных дозах в качестве естественных модификаторов процесса ферментации в рубце.

Ключевые слова: растительные экстракты, *corticis quercus*, рубцовое пищеварение, кормление крупного рогатого скота.

Цитирование. Иванищева А. П., Сизова Е. А., Камирова А. М., Шошин Д. Е. Влияние различных концентраций экстракта *corticis quercus* на рубцовое пищеварение *in vitro*. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 280-287. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-30.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Исследования растительных экстрактов стали важным звеном в разработке алгоритма применения альтернативных кормовых добавок для обеспечения здоровья животных и управления экологией рубца при снижении метаногенеза. Среди вторичных метаболитов растений, полифенолы получили значительное внимание в силу широкого

спектра биологической активности. Кроме того, полифенолы могут смягчать окислительный стресс у животных в условиях действия хронических стресс-факторов, часто встречающихся в интенсивном животноводстве. Однако, информация о фитохимических свойствах растительных экстрактов с точки зрения влияния на рубцовую микробиоту и процессы ферментации фрагментарна и иногда противоречива.

Использование элементов растения в рационе животных как в нативном виде, так и после переработки связано с разнообразием их нутриентов и антиоксидантных соединений. Действительно, ранее в экстрактах коры дуба были идентифицированы фенольные кислоты (например, галловая кислота, эллаговая кислота и их производные), флавоноиды (например, кверцетин, катехин, нарингин) и дубильные вещества [1].

Зелёная масса листьев деревьев может быть для травоядных животных ценным источником питательных веществ, и к тому же химический состав листьев *Quercus* разнообразен и богат биологически активными веществами [2]. При этом могут встречаться эпизоды токсикоза при поступлении дубильных веществ в высоких дозах (Kumar R. and Vaithiyanathan S., 1990). Содержание структурных углеводов в листьях дуба ниже, чем в других частях растения, таких как чашечка, шелуха, ядро, в то время как они имеют более высокое содержание сухого вещества и сырого белка (Kilic U. et. al., 2010).

Экстракт коры дуба нашел свое применение не только в лечении хронических заболеваний, но и для профилактических целей [3, 4]. Использование экстракта в качестве кормовой добавки является актуальным в связи с запретом использования антибиотиков, так как способствует улучшению продуктивного эффекта и положительно влияет на здоровье сельскохозяйственных животных [5, 6].

В связи с этим целью исследования стало изучения влияния различных дозировок экстракта *corticis Quercus* на переваримость *in vitro* и состав ЛЖК в рубцовой жидкости.

Материалы и методы. Эксперимент проведен в ЦКП БСТ РАН, на модели *in vitro* «искусственный рубец» (установка-инкубатор «ANKOM Daisy II», Ankom Technology Corporation, Фейрпорт, Нью-Йорк, США), позволяющий проводить одновременную инкубацию нескольких образцов в герметичных полиэфирных мешках в одном и том же инкубационном сосуде, который постоянно вращается при температуре 39,5°C. При этом методе материал, который исчезает из мешка во время инкубации, считается перевариваемым. Эксперимент проведен в трёхкратной повторности.

В период исследований было отобрано рубцовое содержимое и поделено на 4 группы. Контрольная (без введения), I опытная группа – 1 мл/л экстракта *corticis Quercus*, II – 5 мл/л экстракта *corticis Quercus*, III – 10 мл/л экстракта *corticis Quercus*.

Corticis Quercus был получен при смешивании 20 г травы с 200 мл дистиллированной водой, выдержан на водяной бане 30 мин., с последующей фильтрацией.

Отбор рубцовой жидкости производили через хроническую фистулу рубца (быки казахской белоголовой породы живой массой 250 кг, в возрасте 10 мес.). Основной рацион включал 30% концентратов и 70% грубых кормов. Транспортировку осуществляли в течение 30 минут, поддерживая температурный режим +38,5...+39,5°C. Рубцовую жидкость до анализа хранили в закрытом сосуде без доступа воздуха. Перед использованием тщательно встряхивали и процеживали через 4 слоя марли и инкубировали в искусственном рубце при постоянной температуре +39,5°C в течение 48 часов. По окончании инкубации образцы промывались и высушивались при температуре +60°C до константного веса.

Коэффициент переваримости сухого вещества *in vitro* вычисляли как разницу масс образца корма с мешочком до и после инкубации по следующей формуле:

$$K = (A-B)/C \times 100 \%,$$

где: K – коэффициент переваримости сухого вещества корма, %;

A – исходная масса 1 (образец корма с мешочком), мг;

B – масса после двухстадийной инкубации (образец корма с мешочком), мг;

C – исходная масса 2 (образец корма без массы мешочка), мг.

Подсчёт инфузорий проводился микроскопическим методом в счётной камере Горяева и вычисляли по формуле:

$$X = 25 \times A$$

где x – количество инфузорий в 1 мм³;

A – Количество подсчитанных инфузорий.

Уровень летучих жирных кислот (ЛЖК) в содержимом рубца определяли методом газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектированием на хроматографе газовом «Кристаллюкс-4000М».

Статистический анализ проводился с использованием программы Microsoft Excel (Microsoft, США). Данные представлены в виде: среднее значение (M) $\pm$ стандартная ошибка среднего (m). Достоверность различий определяли по t -критерию Стьюдента. Достоверными считали результаты при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования. В эксперименте наблюдается изменение во всех опытных группах при внесении в рубцовую жидкость различных доз экстракта коры дуба (таблица 1). Так, коэффициент переваримости в I группе снижается на 0,52 %, а в II и III группах, напротив, увеличивается на 2,56 ($p \leq 0,05$) и 2,03 %, по сравнению с контрольной группой.

Таблица 1 – Переваримость сухого вещества *in vitro*,
количество инфузорий и биомасса в рубцовой жидкости

Table 1 – *In vitro* digestibility of dry matter, amount of infusoria and biomass in the scar fluid

Группы / Group	Коэффициент переваримости, % / Digestibility coefficient, %	Количество инфузорий, тыс. шт./мл / Number of ciliate, thousand pcs/ml	Биомасса, мг / Biomass, mg
Контрольная / Control	63,89 $\pm$ 2,89	400,00	44,76
I опытная / Experienced	63,37 $\pm$ 1,44	422,22	45,70
II опытная / Experienced	66,45 $\pm$ 3,35*	555,56	61,66
III опытная / Experienced	65,92 $\pm$ 2,25	344,44	64,63

Примечание: * – достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$)

Note: * – significant difference between the experimental groups and the control group ($p \leq 0.05$)

Количество инфузорий имело значительное различие в зависимости от концентрации *corticis Quercus* в рубцовой жидкости. А именно, при минимальной и средней дозировке число простейших увеличивалось, с максимальным проявлением во II опытной группе (38,39%).

При максимальной дозировке происходил обратный эффект, количество инфузорий снижалось на 13,89% по сравнению с контрольной группой.

Концентрация биомассы также возрастает с увеличением дозировки экстракта коры дуба. Так, в I группе возрастает на 2,1%, во II – на 37,7% и в III – на 44,4% относительно контрольной группы.

Таким образом, добавление 5 мл/л коры дуба положительно влияет на концентрацию инфузорий в рубцовой жидкости, тем самым способствуя лучшему перевариванию сухого вещества.

Добавление различных доз экстракта *corticis Quercus* привели к изменениям в рубцовой ферментации (рисунок 1). При добавлении 1 мл/л экстракта коры дуба происходит увеличение все жирных кислот: уксусной на 98,7% ($p \leq 0,01$), пропионовой на 31,5% ($p \leq 0,05$), масляной на 93,6% ($p \leq 0,01$), валерьяновой на 6,9% и капроновой на 15,7% ($p \leq 0,05$) по сравнению с контрольной группой.

Во II группе при добавлении 5 мл/л экстракта также происходит увеличение летучих жирных кислот: уксусной на 7,2%, пропионовой на 7,01%, масляной на 4,9% и капроновой на 10,5% по сравнению с контрольной группой. Однако концентрация валерьяновой кислоты, напротив, снижается на 11,3% ($p \leq 0,05$) относительно контрольной группы.

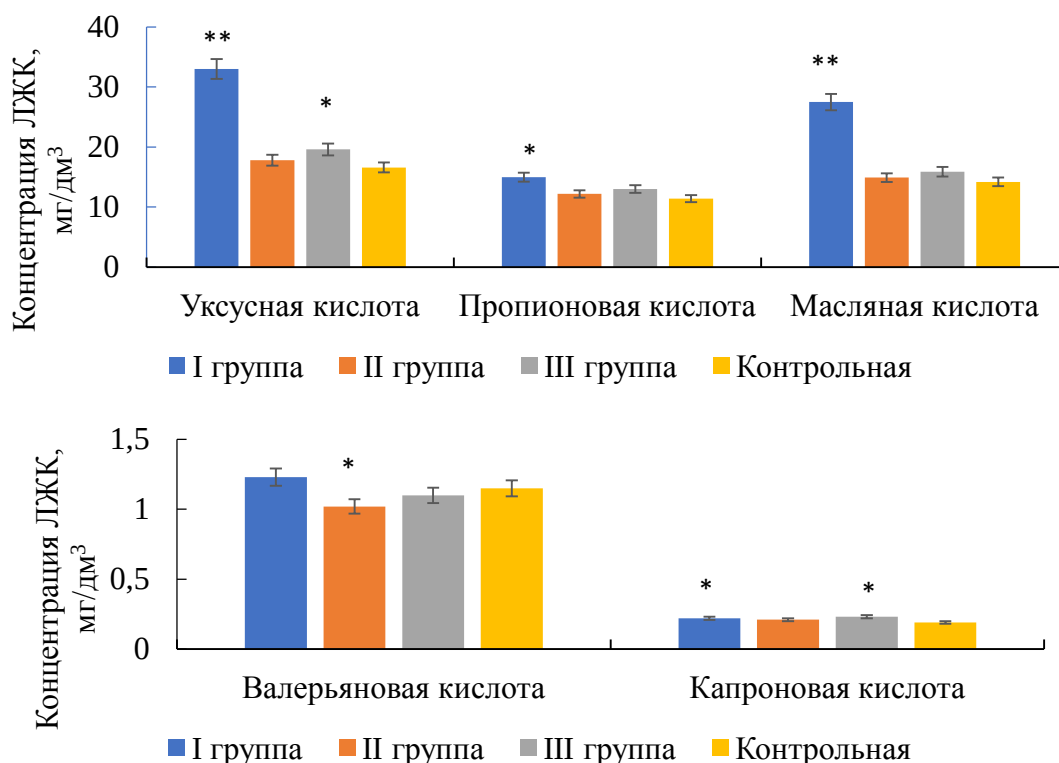


Рисунок 1 – Концентрация летучих жирных кислот в рубцовой жидкости в эксперименте, мг/дм³

Figure 1 – Concentration of volatile fatty acids in the scar fluid in the experiment, mg/dm³

Примечание: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$ – достоверная разница опытных групп с контрольной группой.

Note: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$ – a significant difference between the experimental groups and the control group.

При максимальной дозировке (III группа) происходит такой же эффект, а именно: уксусная, пропионовая, масляная и капроновая кислоты увеличиваются на 18,07 ($p \leq 0,05$); 14,03; 11,9 и 21,05% ($p \leq 0,05$), соответственно, по сравнению с контролем. Валерьяновая кислота, также, снижается на 4,3% относительно контрольной группы.

Таким образом, добавление 5 мл/л экстракта *corticis Quercus* наилучшим образом влияет на содержание летучих жирных кислот необходимых для метаболических процессов жвачных животных.

Обсуждение. Экстракт коры дуба имеет в своем составе танины, которые положительно сказываются на образовании полезных микроорганизмов в рубце, тем самым повышая переваримость сухого вещества и как следствие увеличивая энергетический обмен [8, 9].

Corticis Quercus содержит дубильные вещества, кверцетин, которые улучшают использование корма жвачными животными, снижая содержание белка расщепление в рубце, таким образом, способствует его большей доступности, за счет чего повышается усвояемость корма [10].

В ходе проведенной работы было установлено, что при добавлении 5 мл/л экстракта увеличивается переваримость питательных веществ, это напрямую зависит от жизнедеятельности симбиотических микроорганизмов и простейших [11]. Снижение биомассы может быть с участием в пищеварительных процессах в желудке жвачных животных или с активным прилипанием к поверхности пищевого кома [12].

Сложность планирования экспериментов с использованием биологически активных соединений связана, прежде всего, с выбором подходящей дозы, которая была бы эффективной для индуцирования биологического эффекта у животных. Согласно литературе, различное количество добавок вводится в зависимости от типа дубильных веществ. Например, высокие концентрации конденсированных дубильных могут значительно снизить потребление корма и его переваривание, в то время как низкие концентрации могут оказывать благотворное воздействие на жвачных животных, например, улучшение продуктивности животных, предотвращение метеоризма и инвазий личинок паразитов (Min B. R., et. al., 2005).

Хорошо известно, что процесс переваривания в рубце происходит при участии микроорганизмов (так называемое аллоферментное переваривание), которые продуцируют гидролитические ферменты, переваривающие растительные углеводы, включая целлюлозу, ксилан, пектин, инулин и крахмал (Hoste H., et. al., 2015). Таким образом, жвачные животные используют энергию, запасенную в растительных углеводах, для удовлетворения своих потребностей.

Танины обычно считаются ингибиторами развития микроорганизмов [13]. Однако влияние танинов на популяцию простейших, по-видимому, не столь выражено, как наблюдается у бактерий.

Некоторые исследования продемонстрировали негативное влияние этих соединений на численность [14], но некоторые показали их положительное влияние (Aghamohamadi N, 2014), однако механизмы действия танина на простейших остаются в значительной степени неизвестными.

Большие дозы экстракта *corticis Quercus* значительно снижают общее количество инфузорий и простейших, в то время как внесение до 5 мл/л экстракта обладает противоположным эффектом. Причиной этого могут быть различия в содержании различных типов дубильных веществ в экстракте, таких как гидролизуемых дубильных веществ (галловой и эллаговой кислот), а также небольшое количество конденсированных дубильных веществ (проантоцианидинов) [15]. Результаты настоящего исследования согласуются с выводами Cieślak et al. (2014), которые сообщили о снижении общего количества простейших после добавления как дубовой коры (гидролизуемые дубильные вещества), так и брусники экстракты листьев (конденсированные танины).

Безусловно, знание влияния танинов на бактерии могло бы облегчить интерпретацию текущих результатов. Следовательно, дальнейшие исследования должны включать расширенный анализ воздействия экстракта *corticis Quercus* на микробную популяцию рубца.

Добавление различных доз экстракта *corticis Quercus* привели к изменениям в рубцовой ферментации, а именно к увеличению показателей жирных кислот. Производство и состав ЛЖК зависят от качества субстрата, его доступности и микроорганизмов рубца [16]. Танины могут вызывать снижение выработки ЛЖК за счет снижения переваривания клетчатки в рубце. Однако также сообщалось, что танины снижают выработку ЛЖК, не влияя на усвояемость рациона (Bueno I. et. al., 2015). Обычно ацетат и бутират производятся грамположительными бактериями, а пропионат – грамотрицательными бактериями, что позволяет предположить, что дозировки от 1 до 10 мл/л могут ингибировать грамотрицательные бактерии (Bhatta R. et. al., 2013). В связи с тем, что пропионат является предшественником глюкозы (Ishlak A. et. al., 2015) увеличение его доли в рубцовой жидкости при добавлении 5 мл/л экстракта *corticis Quercus* приводит к снижению потери энергии [17]. Увеличение доли летучих жирных кислот также было зарегистрировано *in vitro* при добавлении экстракта танина миробалана (*Terminalia chebula*) и виноградных косточек.

Примечательно, что жирные кислоты могут реагировать на зарегистрированную модификацию некоторых параметров ферментации. В этом отношении Jalc et al. (2008) продемонстрировали влияние ненасыщенных жирных кислот на ферментацию в рубце с точки зрения общего содержания ЛЖК. Это может способствовать оптимизации формулы кормления, в которой все компоненты дубового листа могут играть важную роль.

Заключение. Таким образом, применение *corticis Quercus* в условиях *in vitro* способствует улучшению рубцового пищеварения. Оптимальная доза экстракта *corticis Quercus*, способствующая положительному влиянию на концентрацию инфузорий в рубцовой жидкости, переваримость и синтезу ЛЖК составляет 5 мл/л. Представленные результаты закладывают основу для дальнейших исследований, направленных на использование экстракта коры дуба в оптимизированных дозах в качестве естественных модификаторов процесса ферментации в рубце.

Conclusions. It has been shown that *corticis Quercus*, as a source of structurally different metabolites, is able to have a valuable effect on fermentation in the rumen during *in vitro* incubation under anaerobiosis conditions. The optimal dose of *corticis Quercus* extract, which contributes to a positive effect on the concentration of infusoria in the scar fluid, digestibility and synthesis of LVH is 5 ml/l. The presented results lay the foundation for further research aimed at using oak bark extract in optimized doses as natural modifiers of the fermentation process in the rumen.

Библиографический список

1. Vinha A. F., Costa A. S. G., Barreira J. C. M., Pacheco R., Oliveira M., Beatriz P. P. Chemical and antioxidant profiles of acorn tissues from *Quercus* spp.: Potential as new industrial raw materials. *Ind. Crop. Prod.* 2016. V. 94. Pp. 143-151.
2. Vastolo M. F. A., Piccolella S., Calabrò S., Cutrignelli M. I., Zidorn C., Pacifico S. Antioxidants in Animal Nutrition: UHPLC-ESI-QqTOF Analysis and Effects on In Vitro Rumen Fermentation of Oak Leaf Extracts. *Antioxidants*. 2022. V. 11. № 12. P. 2366.
3. Unuofin J. O., Lebelo S. L. UHPLC-QToF-MS characterization of bioactive metabolites from *Quercus robur* L. grown in South Africa for antioxidant and antidiabetic properties. *Arab. J. Chem.* 2020. V. 14. P. 102970.
4. Taib M., Rezzak Y., Bouyazza L., Lyoussi B. Medicinal Uses, Phytochemistry, and Pharmacological Activities of *Quercus* Species. *Evid. Based Complement. Altern. Med.* 2020. P. 1920683.
5. Дускаев Г. К., Казачкова Н. М., Нуржанов Б. С., Шейда Е. В., Рахматуллин Ш. Г. Эффективность применения экстракта *quercus cortex* в рационах цыплят-бройлеров. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора биологических наук, профессора, Заслуженного деятеля науки РФ Булатова Анатолия Павловича. 2018. С. 21-24.
6. Cimmino R., Barone C. M. A., Claps S., Varricchio E., Rufrano D., Caroprese M., Albenzio M., De Paolo P., Campanile G., Neglia G. Effects of dietary supplementation with polyphenols on meat quality in Saanen goat kids. *BMC Vet. Res.* 2018. V. 14. P. 181.
7. Burlacu E., Nisca A., Tanase C. A comprehensive review of phytochemistry and biological activities of *quercus* species. *Forests*. 2020. V. 11. P. 904.
8. Dyakov M. V., Kharlap S. Yu., Vinogradova N. D. Meat productivity of young cattle under conditions of intensive growing and fattening *News of St. Petersburg State Agrarian University*. 2018. V. 3 (52). Pp. 82-87.
9. Atlanderova K. N., Makaeva A. M., Kurilkina M. Y. Alternative to the use of Anti-quorum substances in combination with metal nanoparticles for the correction of cicatricial digestion Livestock development is the basis of food safety: materials of international scientific-practical conf. Volgograd, 2017. V. 1. Pp. 131-134.
10. Makaeva A. M., Atlanderova K. N., Sizova E. A., Duskaev G. K. Increasing the efficiency of beef production by means of correcting cicatricial digestion with a mineral complex and plant extract. 1 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. V. 624. P. 012037.
11. Duskaev G. K., Karimov I. F., Levakhin G. I. Ecology of ruminal microorganisms under the influence of *quercus cortex* extract *Int. GEOMATE*. 2019. V. 16 (55). Pp. 59-66.
12. Makaeva A., Atlanderova K., Miroshnikov S. Rumen microbiome of cattle after introduction of ultrafine particles in feed. *FEBS Open Bio*. 2019. V. 9(S1). P. 416.
13. Атландерова К. Н., Курилкина М. Я. Влияние эффективности экстракта *quercus cortex* на переваримость рациона в условиях *in vitro*. *Новости науки в АПК*. 2018. № 2-1 (11). С. 251-254.
14. Miltko R., Belzecki G., Kowalik B., Skomial J. Presence of carbohydrate-digesting enzymes throughout the digestive tract of sheep. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 2016. V. 40. Pp. 271-277.
15. Sarnataro C., Spanghero M. In vitro rumen fermentation of feed substrates added with chestnut tannins or an extract from *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Anim. Nutr.* 2020. V. 6. Pp. 54-60.
16. Majewska M. P., Miltko R., Belzecki G., Kędzierska A., Kowalik B. Protozoa population and carbohydrate fermentation in sheep fed diet with different plant additives. *Anim. Biosci.* 2021. V. 34. Pp. 1146-1156.
17. Кондрашова К. С., Косян Д. Б., Атландерова К. Н. Влияние экстракта коры дуба (*quercus cortex*) и комплекса веществ ингибиторов quorum sensing на метаболические процессы, протекаемые в желудочно-кишечном тракте крупного рогатого скота. *Животноводство и кормопроизводство*. 2020. Т. 103. № 4. С. 128-138.

References

1. Vinha A. F., Costa A. S. G., Barreira J. C. M., Pacheco R., Oliveira M., Beatriz P. P. Chemical and antioxidant profiles of acorn tissues from *Quercus* spp.: Potential as new industrial raw materials. *Ind. Crop. Prod.* 2016. V. 94. Pp. 143-151.
2. Vastolo M. F. A., Piccolella S., Calabrò S., Cutrignelli M. I., Zidorn C., Pacifico S. Antioxidants in Animal Nutrition: UHPLC-ESI-QqTOF Analysis and Effects on In Vitro Rumen Fermentation of Oak Leaf Extracts. *Antioxidants*. 2022. V. 11. № 12. P. 2366.
3. Unuofin J. O., Lebelo S. L. UHPLC-QToF-MS characterization of bioactive metabolites from *Quercus robur* L. grown in South Africa for antioxidant and antidiabetic properties. *Arab. J. Chem.* 2020. V. 14. P. 102970.
4. Taib M., Rezzak Y., Bouyazza L., Lyoussi B. Medicinal Uses, Phytochemistry, and Pharmacological Activities of *Quercus* Species. *Evid. Based Complement. Altern. Med.* 2020. P. 1920683.
5. Duskaev G. K., Kazachkova N. M., Nurzhanov B. S., Sheyda E. V., Rakhmatullin Sh. G. Efficacy of *quercus cortex* extract in broiler chicken diets. Collection of articles based on the materials of the international scientific and practical conference dedicated to the memory of Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation Bulatov Anatoly Pavlovich. 2018. Pp. 21-24.
6. Cimmino R., Barone C. M. A., Claps S., Varricchio E., Rufrano D., Caroprese M., Albenzio M., De Paolo P., Campanile G., Neglia G. Effects of dietary supplementation with polyphenols on meat quality in Saanen goat kids. *BMC Vet. Res.* 2018. V. 14. P. 181.
7. Burlacu E., Nisca A., Tanase C. A comprehensive review of phytochemistry and biological activities of *quercus* species. *Forests*. 2020. V. 11. P. 904.
8. Dyakov M. V., Kharlap S. Yu., Vinogradova N. D. Meat productivity of young cattle under conditions of intensive growing and fattening *News of St. Petersburg State Agrarian University*. 2018. V. 3 (52). Pp. 82-87.
9. Atlanderova K. N., Makaeva A. M., Kurilkina M. Y. Alternative to the use of Anti-quorum substances in combination with metal nanoparticles for the correction of cicatricial digestion Livestock development is the basis of food safety: materials of international scientific-practical conf. Volgograd, 2017. V. 1. Pp. 131-134.

10. Makaeva A. M., Atlanderova K. N., Sizova E. A., Duskaev G. K. Increasing the efficiency of beef production by means of correcting cicatricial digestion with a mineral complex and plant extract. 1 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. V. 624. P. 012037.
11. Duskaev G. K., Karimov I. F., Levakhin G. I. Ecology of ruminal microorganisms under the influence of quercus cortex extract Int. GEOMATE. 2019. V. 16 (55). Pp. 59-66.
12. Makaeva A., Atlanderova K., Miroshnikov S. Rumen microbiome of cattle after introduction of ultrafine particles in feed. FEBS Open Bio. 2019. V. 9 (S1). P. 416.
13. Atlanderova K. N., Kurilkina M. Y. Effect of Quercus Cortex Extract Efficacy on Digestibility of Diet in Vitro. News of science in the agro-industrial complex. 2018. № 2-1 (11). Pp. 251-254.
14. Miltko R., Belżeczki G., Kowalik B., Skomiał J. Presence of carbohydrate-digesting enzymes throughout the digestive tract of sheep. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 2016. V. 40. Pp. 271-277.
15. Sarnataro C., Spanghero M. In vitro rumen fermentation of feed substrates added with chestnut tannins or an extract from Stevia rebaudiana Bertoni. Anim. Nutr. 2020. V. 6. Pp. 54-60.
16. Majewska M. P., Miltko R., Belżeczki G., Kędzierska A., Kowalik B. Protozoa population and carbohydrate fermentation in sheep fed diet with different plant additives. Anim. Biosci. 2021. V. 34. Pp. 1146-1156.
17. Kondrashova K. S., Kosyan D. B., Atlanderova K. N. Effect of oak bark extract (quercus cortex) and a complex of substances of quorum sensing inhibitors on metabolic processes occurring in the gastrointestinal tract of cattle. Animal husbandry and fodder production. 2020. V. 103. № 4. Pp. 128-138.

Информация об авторах

Иванищева Анастасия Павловна, младший научный сотрудник, аспирант, Федеральный исследовательский центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29).

Сизова Елена Анатольевна, доктор технических наук, кандидат биологических наук, руководитель Центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве», Федеральный исследовательский центр биологических систем и агротехнологий РАН, (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29). Профессор кафедры биологии и почвоведения Оренбургского государственного университета (Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, проспект Победы, д. 13).

Камирова Айна Маратовна кандидат технических наук, кандидат биологических наук, научный сотрудник Центра нанотехнологий в сельском хозяйстве Федерального исследовательского центра биологических систем и агротехнологий РАН (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29).

Шошин Даниил Евгеньевич аспирант, научный сотрудник Центра нанотехнологий в сельском хозяйстве Федерального исследовательского центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29).

Author's Information

Ivanishcheva Anastasia Pavlovna, specialist technician of the Central Research and Development Center "Test Center", postgraduate student, Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, January 9, 29).

Sizova Elena Anatolyevna, Doctor of Engineering Sciences, Candidate of Biological Sciences, Head of the Center "Nanotechnology in Agriculture", Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, January 9, 29), Professor of the Department of Biology and Soil Science of Orenburg State University (Russian Federation, 460018, Orenburg, Pobedy Avenue, 13).

Kamirova Aina Maratovna, Candidate of Engineering Sciences, Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Center for Nanotechnology in Agriculture of the Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460000, Orenburg, January 9, 29).

Shoshin Daniil Evgenievich, PhD student, Researcher at the Center for Nanotechnology in Agriculture of the Federal Research Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, (Russian Federation, 460000, Orenburg, January 9, 29).

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-31

EFFECT OF THE NEW FEED ADDITIVE «KD-BISH» IN THE DIET OF HIGHLY PRODUCTIVE COWS ON THE QUALITY OF FERMENTED MILK PRODUCTS FOR BABY FOOD

¹Puzankova V. A., ¹Kudryashova O. V., ^{1,2,3}Gorlov I. F., ¹Mosolova N. I.,
¹Tkachenkova N. A., ^{1,3}Vorontsova E. S., ¹Slozhenkina A. A.

¹Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production

²Volgograd State Technical University

³Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 01.06.2024

Submitted 05.08.2024

**The work was completed in accordance to the plan of research works for 2023- 2024 NIIMMP
(No. 1021051101432-7)**

Abstract

Introduction. One of the determining factors influencing the quality of milk is properly organized complete feeding of farm animals. The creation and use of innovative feed additives allows not only to increase the milk productivity of animals, but also to form the quality of milk. The feed additive "KD-Bish" is one of such

developments. **Materials and methods.** The objects of the study were raw cow's milk, as well as fermented milk products made from it. The achievement of the goal was facilitated by a review of scientific literature, periodicals, normative and technical documentation. Laboratory studies were carried out on the basis of the complex analytical laboratory of the State Scientific Institution Research Institute of Milk and Milk Processing. **Results and conclusions.** This article presents the results of studies of the new additive "KD-Bish" used in feeding cows in the late dry period, on the quality indicators of the produced milk and the fermented milk product made on its basis. The object of the study was milk obtained from Holstein cows of two study groups. The control group of animals received a standard diet; experimental - a diet enriched with the additive. The quality indicators of fermented milk product samples produced from this milk were studied; the amino acid composition was studied and the amino acid score was calculated. The obtained research results indicate a positive effect of the additive on the qualitative composition of milk and fermented milk product.

Keywords: feed additive "KD-Bish", cow's milk, fermented milk products, baby food.

Citation. Puzankova V. A., Kudryashova O. V., Gorlov I. F., Mosolova N. I., Tkachenkova N. A., Vorontsova E. S., Slozhenkina A. A. Effect of the new feed additive «KD-Bish» in the diet of highly productive cows on the quality of fermented milk products for baby food. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 287-295 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-31.

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

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

УДК 637.07

ВЛИЯНИЕ НОВОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «КД-БИШ» В РАЦИОНЕ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ НА КАЧЕСТВО КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ

¹Пузанкова В. А., соискатель

¹Кудряшова О. В., кандидат биологических наук

^{1,2,3}Горлов И. Ф., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

¹Мосолова Н. И., доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник

¹Ткаченкова Н. А., научный сотрудник, аспирант

^{1,3}Воронцова Е. С., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

¹Сложеникина А. А., аспирант

¹Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции

²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

³ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

**Работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2023-2024 гг. ГНУ НИИММП
(№ 1021051101432-7)**

Актуальность. Одним из определяющих факторов, оказывающих влияние на качество молока, является правильно организованное полноценное кормление сельскохозяйственных животных. Использование инновационных кормовых добавок не только способствует увеличению молочной продуктивности животных, но и формированию высокого качества молока. Одним из примеров таких разработок является кормовая добавка под названием «КД-Биш». Материалы и методы. Исследования включали в себя изучение молока коров и производимых из него кисломолочных продуктов. Для достижения поставленной цели был проведен анализ научной литературы, периодических изданий и нормативно-технической документации. Лабораторные исследования проводились в комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП. Результаты и выводы. В статье представлены результаты исследований новой добавки «КД-Биш», использованной при кормлении коров в поздний сухой период, на качество производимого молока и кисломолочных продуктов. Исследование включало оценку молока коров голштинской породы двух групп. Группа контроля коров потребляла стандартный рацион, в то время как опытная группа получала рацион, обогащенный добавкой. Были изучены показатели качества кисломолочных продуктов, произведенных из этого молока, а также проанализировано содержание аминокислот и рассчитан аминокислотный скор. Полученные результаты исследований указывают на положительное воздействие добавки на качество молока и кисломолочной продукции

Ключевые слова: кормовая добавка «КД-Биш», молоко коровье, кисломолочные продукты, детское питание.

Цитирование. Влияние новой кормовой добавки «КД-Биш» в рационе высокопродуктивных коров на качество кисломолочных продуктов для детского питания. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 287-295. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-31.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Активно развивающаяся пищевая промышленность использует прогрессивные технологии, направленные на создание новых продуктов питания со сбалансированным составом и определенными функциональными свойствами, а также высокими вкусовыми качествами. Одним из наиболее перспективных направлений в решении данной проблемы является производство кисломолочных продуктов с использованием симбиозов различных видов бактерий на основе физиологически совместимых штаммов.

Использование в индустрии питания новых технологий позволяет расширить имеющийся ассортимент молочной продукции, а также способствует повышению их конкурентоспособности.

Спрос на молочную продукцию позволяет повышать значение молока как полноценного продукта питания. Переработка молока стала одной из важнейших отраслей сельского хозяйства. В связи со строгим контролем качества главной целью современных производителей является донести до потребителей не только безопасный продукт, но и полезный. Важным и отличительным свойством молока от других продуктов питания является его высокая биологическая ценность и легкая усвояемость, благодаря сбалансированному составу белков, молочного жира, минеральных веществ, витаминов и микроэлементов. Качество продуктов, предназначенных для питания детей, напрямую зависит от качества исходного сырья, его состава и особенности технологии производства [5].

Не вызывает сомнений, что одним из определяющих факторов, оказывающих влияние на качество молока, является правильно организованное полноценное кормление сельскохозяйственных животных. Создание и использование инновационных кормовых добавок позволяет не только повышать молочную продуктивность животных, но и формировать качество молока. К числу таких разработок относится кормовая добавка «КД-Биш» (ТУ 10.91.10-271-10514645-2022, ГНУ НИИММП).

В состав разработанной добавки входит комплекс минеральных веществ: магний, калий, кальций, натрий, фосфор и др., а также и сахароза. Соотношение компонентов - минеральные вещества: сахароза составляет 21,0:79,0. В наибольшем количестве в этой добавке присутствует магний, его содержание составляет около 20,66 мг/г. Исследования ученых [Горлов И. Ф. и др., 2023] доказали эффективность использования кормовой добавки «КД-Биш» в рационах крупного рогатого скота. Это связано с улучшением качественных показателей сырья, таких как протеин, жир, соматические клетки, наличие кетоновых тел и поддержанием здоровья животных, что повышает молочную продуктивность коров.

Полученные в ходе исследования результаты по улучшению качества сырого молока могут быть успешно применены при производстве детского питания, где предъявляются повышенные требования к качеству и безопасности сырья.

Высокое содержание белка в сыром молоке является определенным условием для производства кисломолочных продуктов, которые занимают важное место в структуре питания детей [3, 4].

Количество и ассортимент таких продуктов прогрессивно растет и расширяется, что актуализирует проведение научных исследований в данной области.

Цель исследования: Определить воздействие новой кормовой добавки «КД-Биш» на показатели качества молока, получаемого от высокопродуктивных коров, и на характеристики кисломолочных продуктов, произведенных из этого молока.

Материалы и методы: Объектами исследования послужили образцы молока, полученные от высокопродуктивных коров породы голштинской в период позднего сухостоя, а также образцы кисломолочной продукции, изготовленной из этого молока. Исследование проводилось на базе молочного комплекса ООО СП «Донское», расположенного в Волгоградской области.

В эксперименте участвовали две группы по 30 коров. Контрольная группа получала стандартный рацион питания в период позднего сухостоя. В рацион коров опытной группы, помимо стандартных компонентов, добавляли добавку «КД-Биш» в количестве 80 г бишофита и 300 г сахара на одну голову в сутки [Горлов И. Ф. и др., 2023].

Молоко отбиралось на 90 день лактации. В образцах молока исследовали массовую долю жира – по ГОСТ 5867-90; белка – ГОСТ 25179-2014; углеводов – ГОСТ 34304-2017; сухих веществ – по ГОСТ 3676-73; кальция – ГОСТ 55331-2012; магния – ГОСТ ISO 8070/IDF 119-2014; активную кислотность – ГОСТ 32892-2014; плотность – по ГОСТ 54758-2011 (ареометрический метод).

В ходе исследования были разработаны два образца кисломолочного продукта: контрольный и опытный. Контрольный образец был изготовлен из молока коров, получавших стандартный корм, а опытный – из молока коров, питавшихся обогащенным рационом. Производство образцов осуществлялось в лабораторных условиях с использованием специализированного оборудования, позволяющего контролировать состав готового продукта. Для заквашивания молока применяли закваску чистых культур, включающую следующие виды микроорганизмов: *S. thermophilus*, *L. acidophilus*, *B. longum* в количестве 3,0%.

В полученных образцах кисломолочных продуктов определяли показатели пищевой ценности: жир – по ГОСТ 5867-90, белок – по ГОСТ 34454-2018 (метод Кьельдаля), сухие вещества – по ГОСТ 3626-73 и аминокислотный состав – по методике М 04-94-2021.

Исследования выполнены на базе лабораторий ГНУ НИИММП и ВолгГТУ на сертифицированном оборудовании. Оценивали содержания жира, белка, лактозы, СОМО и плотности в молоке с помощью прибора «Лактан 600 Ультра» (Сибагроприбор, Россия). Контроль нарастания кислотности в кисломолочных продуктах проводили с помощью цифрового pH-метра Testo-206 (ООО «Тэсто Рус», Россия). Аминокислотный состав на аминокислотном анализаторе «Aracus» (PMAGmbH, Германия).

Полученные данные обрабатывали с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США).

Результаты и обсуждение. Для проведения исследований требовалось изучить состав молока от двух групп коров (контрольной и опытной). Отбор молока проводился на 90 день лактации. В отобранном молоке были изучены следующие показатели: содержание жира, белка, сухих веществ, лактозы, минеральных веществ магния и кальция, титруемая кислотность. Показатели состава образцов молока приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели состава образцов молока
Table 1 – Indicators of the composition of milk samples

Наименование показателя / Name of the indicator	Ед. изм. / Units. ism.	Контрольный образец / Check sample	Опытный образец / Prototype
Массовая доля сухих веществ / Mass fraction of dry substances	%	12,17	12,60
Массовая доля жира / Mass fraction of fat	%	3,68	3,82
Массовая доля белка, в т.ч. / Mass fraction of protein, incl.	%	3,10	3,28
Сывороточные / Serum	%	22,0	22,0
Казеин / casein	%	78,0	78,0
Массовая доля углеводов / Mass fraction of carbohydrates	%	4,59	4,70
Кальций / Calcium	мг/%	92,0	104,0
Магний / Magnesium	мг/%	8,0	12,0
Титруемая кислотность / Titratable acidity	°Т	18,5	18,0
Плотность / Density	г/м ³	1029,0	1030,0

Исследования состава молока показали, что используемая кормовая добавка «КД-Биш» оказала положительное влияние на кормление животных, что подтверждается показателями питательной ценности сырья в контрольном и опытном образцах. Оценивая полученные результаты можно сделать вывод, что молоко, полученное от коров, находящихся на обогащенном рационе имело более высокие показатели по содержанию жира – на

0,14%; белка – на 0,18%, углеводов – на 0,11%. Данные, полученные при исследовании молока-сырья, использованы для разработки кисломолочного продукта для питания детей дошкольного и школьного возраста.

Кисломолочный продукт вырабатывали с использованием технологических этапов, обеспечивающих получение стандартного по составу и по показателям безопасности продукта.

В соответствии с традиционным процессом производства кисломолочных продуктов исходное молоко было очищено от механических загрязнений, обогащено углеводами, витаминами и минералами, нагрето до 65°C, гомогенизировано и пастеризовано при 92°C. Затем молоко охладили до температуры 38°C, внесли закваску в количестве 3%, сквасили до достижения кислотности 70°Т, перемешали и охладили.

Для улучшения консистенции и органолептических свойств продукта использовали мальтодекстрин, представляющий собой углевод, состоящий из молекул глюкозы, мальтозы, мальтотриозы и полисахаридов; с декстрозным эквивалентом 18.

Определенная роль при создании кисломолочных продуктов отводится исследованиям по подбору заквасочных культур, формирующих качество готового продукта.

В составе продукта использована симбиотическая заквасочная культура, содержащая бифидобактерии, ацидофильные палочки и термофильные молочнокислые стрептококки, позволяющая получать продукт не только высоких органолептических параметров, но и обладающий функциональной направленностью. Используемые пробиотические микроорганизмы обладают способностью регулировать микробную экологию кишечника. Доказанная эффективность применения бифидобактерий дает основание для их успешного использования в производстве кисломолочных продуктов.

Широкое использование бактерий рода *S. thermophilus* в производстве кисломолочных продуктов положительно влияет на свертывание молока, обеспечивает требуемую вязкость сгустка, способствует удерживанию сыворотки и восстановлению структуры после перемешивания. *S. thermophilus* способствует продуцированию фолиевой кислоты, не вырабатываемой организмом и необходимой для гармоничного роста и развития ребенка. *S. thermophilus* обладает рядом функциональных свойств, таких как выработка внеклеточных полисахаридов, бактериоцинов и витаминов. Биохимические свойства *S. thermophilus* (продуцирование молочной кислоты, образование экзополисахаридов, ферментация галактозы и протеолитическая активность) позволяют расширять спектр их применения в молочной отрасли [2].

Использование *L.acidophilus* основано на их достаточно изученной эффективности из числа известных лактобактерий. Она является составной частью резидентной микрофлоры кишечника и обладает выраженными антибиотическими свойствами. Этот тип микроорганизмов заселяет кишечник человека с самого рождения и остаётся там на протяжении всей жизни, защищая организм от вредных воздействий нежелательных микроорганизмов. Он предотвращает распространение патогенных бактерий и поддерживает популяции условно-патогенных микроорганизмов на безопасном уровне. Благодаря этому свойству ацидофильная палочка широко используется в различных пробиотических продуктах. Термостабильные антибиотические вещества, производимые *L. acidophilus*, не разрушаются при термической обработке, что важно для производства пастеризованных кисломолочных продуктов.

В результате исследований была проведена оценка качества образцов кисломолочного продукта. Образцы оценивались по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям.

Согласно органолептическим показателям, образцы соответствуют требованиям, предъявляемым к кисломолочным продуктам. Они имеют чистый кисломолочный вкус и запах, а также белый цвет с кремовым оттенком.

Консистенция продукта – однородная, без отделения сыворотки. Образец продукта, выработанного из молока, полученного от коров, в рацион которых входила добавка отличался более плотной консистенцией, которая сохранялась после перемешивания, что объясняется более высоким содержанием белка в исходном молоке (рисунок 1). При этом дегустаторами также было отмечено, что опытный образец имел более полную вкусовую гамму, что очевидно связано с большим количеством ароматообразующих веществ жизнедеятельности применяемых микроорганизмов.

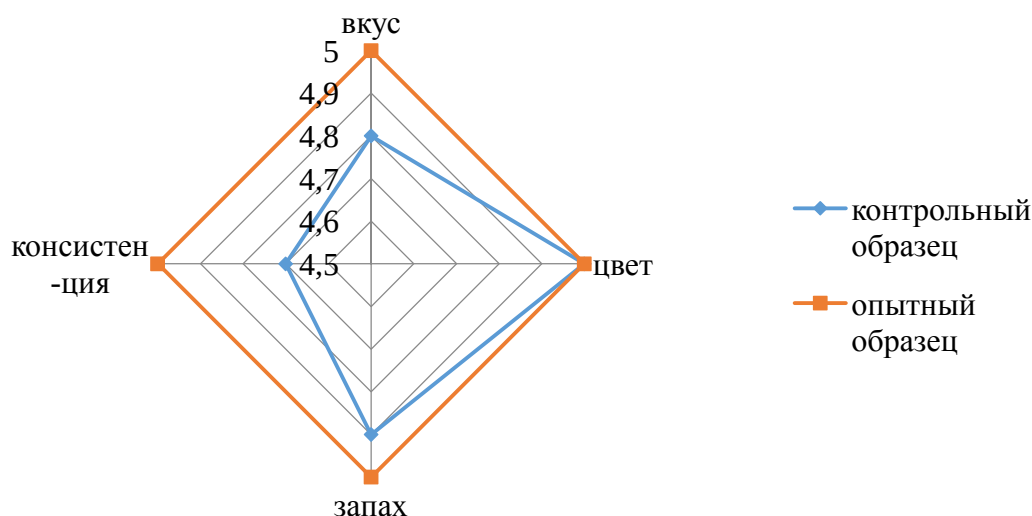


Рисунок 1 – Органолептическая оценка образцов кисломолочного продукта
Figure 1 – Organoleptic evaluation of fermented milk product samples

По физико-химическим показателям выработанные образцы продукта соответствовали требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», применительно к продукции для питания детей дошкольного и школьного возраста. По содержанию жира, белка и сухим веществам опытный образец превосходил контрольный. По микробиологическим показателям образцы продукта соответствовали требованиям, предъявляемым к кисломолочным продуктам; содержание молочнокислых микроорганизмов составило не менее 1×10^7 .

Следует также отметить, что при выработке продуктов, время сквашивания опытного образца было меньше на 30 мин., чем контрольного, что очевидно связано с полноценностью состава белкового компонента. Учитывая данный факт, для оценки белковой составляющей, целесообразно было провести исследование аминокислотного состава выработанных образцов продукта (рисунок 2).

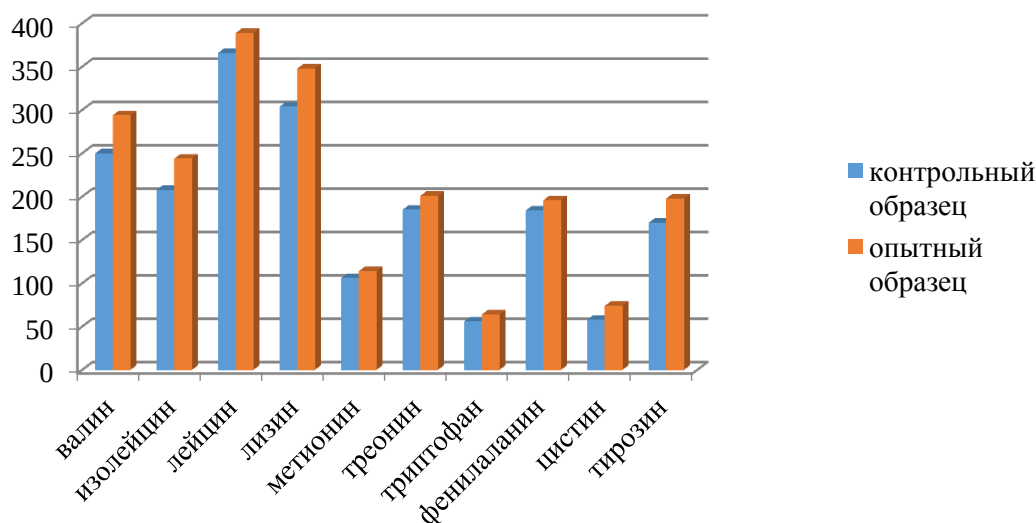


Рисунок 2 – Аминокислотный состав образцов кисломолочных продуктов
Figure 2 – Amino acid composition of fermented milk product samples

Анализ полученных данных свидетельствует о высоком уровне содержания незаменимых аминокислот в образцах продукта. Для оценки полноценности белковой составляющей кисломолочного продукта проведен расчет аминокислотного сора образцов продуктов. В качестве эталона принят показатель «Эталона аминокислотного состава белка для детей 4-6 лет» согласно [Липатов Н. Н. 2004 г.]. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Аминокислотный сора образцов кисломолочных продуктов
Table 2 – Amino acid score of fermented milk product samples

Наименование показателя / Name of the indicator	Массовая доля аминокислоты, г/100 г белка / Mass fraction of amino acids, g/100 g of protein		C, сора / S		Эталон аминокислотного состава белка (для детей 4-6 лет) / Standard amino acid composition of protein (for children 4-6 years old)
	Контроль / Control	Опыт / Experience	Контроль / Control	Опыт / Experience	
Лейцин + Изолейцин / Leucine + Isoleucine	18,5	19,2	1,56	1,62	11,85
Лизин / Lysine	9,8	10,6	1,63	1,76	6,0
Метионин + Цистин / Methionine + Cystine	5,29	5,73	1,45	1,57	3,63
Фенилаланин + Тирозин / Phenylalanine + Tyrosine	11,4	12,0	1,71	1,80	6,65
Треонин / Threonine	5,96	6,12	1,43	1,47	4,15
Триптофан / Tryptophan	1,81	1,95	1,59	1,72	1,13
Валин / Valine	8,06	8,96	1,59	1,77	5,05

Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии лимитирующих аминокислот в продуктах, и говорят о полноценности его белковой составляющей.

Проведенные исследования и полученные результаты позволили оценить влияние кормовой добавки на показатели качества молока и кисломолочного продукта.

Результаты исследований молока-сырья позволило установить превосходство показателей качества опытной группы животных над контрольной по содержанию жира – на 0,14%; белка – на 0,18%, углеводов – на 0,11%.

Исследование образцов кисломолочного продукта свидетельствовало о соответствии показателей качества требованиям, предъявляемым к продуктам для питания детей дошкольного и школьного возраста. Образцы продуктов имели высокие органолептические характеристики и показатели пищевой ценности с преимуществом в опытной группе.

Анализ данных по оценке аминокислотного состава продукта свидетельствует о высоком уровне содержания незаменимых аминокислот в образцах продукта. Результаты расчета аминокислотного сора свидетельствуют об отсутствии лимитирующих аминокислот в продуктах, и говорит о полноценности его белковой составляющей.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что кормовая добавка «КД-Биш» благоприятным образом влияет не только на качество молока-сырья, но и на качество кисломолочных продуктов, изготавливаемых на его основе.

Выводы. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о положительном влиянии кормовой добавки «КД-Биш» на качество получаемого молока-сырья и кисломолочного продукта, выработанного на его основе. Исследуемое молоко-сырье имело высокие показатели по жиру, белку, сухим веществам. Результаты исследований кисломолочного продукта подтвердили соответствие продукта требованиям, предъявляемым к продуктам для детского питания. Отмечено, что опытный образец кисломолочного продукта имел более высокие показатели аминокислотной сбалансированности и отсутствия лимитирующих кислот в составе.

Conclusions. The results of the conducted studies indicate a positive effect of the feed additive "KD-Bish" on the quality of the obtained raw milk and the fermented milk product produced on its basis. The studied raw milk had high indicators of fat, protein, dry substances. The results of the stud-

ies of the fermented milk product confirmed the product's compliance with the requirements for baby food products. It was noted that the experimental sample of the fermented milk product had higher indicators of amino acid balance and the absence of limiting acids in the composition.

Библиографический список

1. Čelan S., Semren O., Pilić Z. Modern methods of milk analysis. International Journal of Research. Granthaalayah. 2022. V. 10. № 8. Pp. 11-19.
2. Guiné R. P. F., De Lemos E. T. Development of new dairy products with functional ingredients. Journal of Culinary Science and Technology. 2020. V. 18. № 3. Pp. 159-176.
3. Воробьев Д. И., Нелюбина Е. Г., Авдошкина С. А., Алимджанова Е. А., Темербаева М. В., Урюмцева Т. И. Разработка технологии кисломолочных продуктов для детского питания. Аграрная наука. 2022. № 365 (12). С. 149-153.
4. Беспалова Е., Миклух И. Аминокислотный состав молочных продуктов функционального назначения. Наука и инновации. 2020 № 11. С. 78-83.
5. Лейтес Е. А., Егорова Л. С., Темерев С. В. Анализ показателей качества молока и молочных продуктов, в том числе для детского питания. Ползуновский вестник. 2021. № 1. С. 59-65.
6. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Хорошевская Л. В., Мосолова Н. И., Воронцова Е. С., Ткаченко Н. А., Пузанкова В. А., Мороз Н. Н. Эффективность использования новой кормовой добавки в поздний сухостойный период коров. Известия НВ АУК. 2023. № 1 (69). С. 322-332.
7. Джаксыбаева Г. Г., Усенова А. Е. Идентификация бактерий рода *Lactobacillus*. Молодой ученый. 2021. № 8 (350). С. 23-28. <https://moluch.ru/archive/350/78652/>.
8. Мансуров А. П., Бочаров В. А., Бугрова И. С., Данилин С. И. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК. Продукты здорового питания. 2020. № 1. С. 30-39.

References

1. Čelan S., Semren O., Pilić Z. Modern methods of milk analysis. International Journal of Research. Granthaalayah. 2022. V. 10. № 8. Pp. 11-19.
2. Guiné R. P. F., De Lemos E. T. Development of new dairy products with functional ingredients. Journal of Culinary Science and Technology. 2020. V. 18. № 3. Pp. 159-176.
3. Vorobyev D. I., Nelyubina E. G., Avdoshkina S. A., Alimjanova E. A., Temerbaeva M. V., Uryumtseva T. I. Development of technology of fermented milk products for children's nutrition. Agrarian science. 2022. № 365 (12). Pp. 149-153.
4. Bepalova E., Miklouh I. Amino acid composition of dairy products of functional purpose. Science and innovation. 2020 № 11. Pp. 78-83.
5. Leites E. A., Egorova L. S., Temerev S. V. Analysis of Quality Indicators of Milk and Dairy Products, Including for Baby Food. Polzunov's Bulletin. 2021. № 1. Pp. 59-65.
6. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Khoroshevskaya L. V., Mosolova N. I., Vorontsova E. S., Tkachenkova N. A., Puzankova V. A., Moroz N. N. Efficacy of Using a New Feed Additive in the Late Dry Period of Cows. Izvestiya NV AUK. 2023. № 1 (69). Pp. 322-332.
7. Dzhakysybaeva G. G., Usenova A. E. Identification of bacteria of the genus *Lactobacillus*. Young scientist. 2021. № 8 (350). Pp. 23-28. <https://moluch.ru/archive/350/78652/>.
8. Mansurov A. P., Bocharov V. A., Bugrova I. S., Danilin S. I. Technologies of Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex. Healthy food products. 2020. № 1. Pp. 30-39.

Информация об авторах

Пузанкова Вера Александровна, соискатель, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. Маршала Рокоссовского, д. 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Кудряшова Ольга Владимировна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. Маршала Рокоссовского, д. 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Горлов Иван Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. Маршала 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), ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Мосолова Наталья Ивановна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. Маршала Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0001-6559-6595, e-mail: niimmp@mail.ru

Ткаченко Наталья Андреевна, научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. Маршала Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0002-2324-4222, e-mail: niimmp@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. Маршала Рокоссовского, д. 6), старший научный сотрудник ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: 0000-0002-0730-853X, e-mail: esvoronts@mail.ru

Сложенкина Александра Алексеевна, аспирант ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. им. Маршала Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0001-5913-5303, e-mail: niimmp@mail.ru

Author's Information

Puzankova Vera Aleksandrovna, Applicant, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, Marshal Rokossovsky Street, 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Kudryashova Olga Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, Marshal Rokossovsky Street, 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Gorlov Ivan Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Supervisor Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, Marshal Rokossovsky Street, 6), e-mail: niimmp@mail.ru; Head of the Department of Food Production Technology Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Mosolova Natalia Ivanovna, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, Marshal Rokossovsky Street, 6), ORCID: 0000-0001-6559-6595, e-mail: niimmp@mail.ru

Tkachenkova Natalia Andreevna, Researcher Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, Marshal Rokossovsky Street, 6), ORCID: 0000-0002-2324-4222, e-mail: niimmp@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, Marshal Rokossovsky Street, 6), Senior Researcher Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID: 0000-0002-0730-853X, e-mail: esvoronts@mail.ru

Stozhenkina Aleksandra Alekseevna, postgraduate student Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, Marshal Rokossovsky Street, 6), ORCID: 0000-0001-5913-5303, e-mail: niimmp@mail.ru

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ/
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-32

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZED CONTROL OF ROOT WEEDS IN MELON
CROPS BY COMBING

Tseplyaev V. A.

Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding authors E-mail: can_volgau@mail.ru, volgau@volgau.com

Received 01.07.2024

Submitted 05.08.2024

Abstract

Introduction. The most serious harm to melon crops is caused by root weeds. If we consider their species composition, then melons are characterized by: pink aspen, milkweed, field bindweed, field aspen, etc. The peculiarity of weeds is that they can multiply by seeds and give an ovary from buds laid on the roots. When the root system grows at a certain distance (0.04...0.05 m), ring-shaped thickenings are formed in which nutrients accumulate, and then the root growth is formed. It significantly increases the dynamics of weed seedlings, impairing the nutrition of cultivated plants, which leads to a decrease in the yield of the latter. In addition, root weeds tolerate winter conditions well, since the root system, in particular in pink aspen, can reach 1.2...1.4 m depth in the soil. And vice versa, as soon as the temperatures in the soil increase (up to 3 °C...4°C) weeds are already beginning to form. Root weeds do not have dormant periods, i.e. they develop constantly during the season with positive temperatures. The struggle to take off is very difficult, because when pruning their root system, several growth buds can form in the plane of the cut (in pink aspen up to 5, in milkweed – 3...4). The fight against weeds has been conducted essentially since the beginning of the culture of agriculture. By now, the farmer has many methods in his arsenal to reduce the contamination of fields. Of course, this is the main method of mechanical weed destruction, i.e. the use of machines capable of pruning part of the root system of weeds, mainly at the depth of the stroke of the working organ. The second most important method is the destruction of weeds using various types of herbicides. There are known applications in practice of exposure to the root system with electric current, in some cases the use of an open flame. Judging by the options presented, two methods of weed control are used most often: Mechanical with pruning or slight tearing of the roots of weeds, as well as using various chemicals (herbicides). The latter have found quite wide application and are very effective in the farming system, but have a number of significant disadvantages: this product is very expensive (sometimes the cost of one liter reaches 250 thousand rubles); herbicides are mostly selective in both weeds and crops; the chemicals that form the basis of the herbicide have a negative effect on the soil itself, as well as on its micro and macro components; along with the negative effects on the weed, herbicides, for a while, reduce the growth and development of cultural influences. Therefore, the method of mechanical weed destruction remains the most acceptable. **Object.** Technologies and technical means of weed control in melon crops were considered as the object of study. **Results and conclusions.** To combat contamination in melon crops, machines have been developed with working bodies capable of combing the root system of weeds from the soil from a level lower than the movement of the working body. For this purpose, a design is proposed in the form of a section with rotating working bodies in the form of needle discs, as well as rotors with brackets. Each bracket is equipped with a knife with an internal cutout, which guarantees the capture of the root system of the weed. Its combing occurs due to the self-braking of the rotors due to the difference in the teeth of the chain drive sprockets between the front and rear rotors. This design ensures combing of up to 92.7% of weeds, increasing the period between treatments by 1.8...2.0 times and reducing costs by 2.0...2.5 times.

Keywords: root-sucking weeds, mechanized weeding of melons, melon crops, combing weeds.

Citation. Tseplyaev V. A. Technologies and means of mechanized control of root weeds in melon crops by combing. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 296-302 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-32.

The author's contribution. The author of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. The author of this article have approved the final version presented.

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

УДК 631.334

**ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗИРОВАННОЙ БОРЬБЫ
С КОРНЕОТПРЫСКОВЫМИ СОРНЯКАМИ В ПОСЕВАХ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР
МЕТОДОМ ВЫЧЕСЫВАНИЯ****Цепляев В. А., кандидат технических наук, доцент, ректор**ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Наиболее серьезный вред посевам бахчевых культур приносят корнеотпрысковые сорняки. Если рассматривать их видовой состав, то для бахчевых присущи: осот розовый, молочай, вьюнок полевой, осот полевой и др. Особенность сорняков в том, что они могут размножаться семенами и давать завязь из заложенных на корнях почек. При разрастании корневой системы на определенном расстоянии (0,04...0,05 м) образуются кольцевидные утолщения, в которых накапливаются питательные вещества, а далее формируется корневая поросль. Она существенно увеличивает динамику всходов сорняков, ухудшая питание культурных растений, что приводит к снижению урожайности последних. Кроме этого корнеотпрысковые сорняки хорошо переносят зимние условия, поскольку корневая система, в частности у осота розового, может достигать 1,2...1,4 м глубины в почве. И наоборот, как только увеличиваются температуры в почве (до 3°C...4°C) всходы сорняков уже начинают формироваться. У корнеотпрысковых сорняков отсутствуют периоды покоя, т.е. они в течение сезона с положительными температурами, развиваются постоянно. Борьба с ними весьма затруднена, т.к. при подрезании их корневой системы в плоскости среза могут формироваться несколько почек роста (у осота розового до 5, у молочая – 3...4). Борьба с сорной растительностью ведется по существу с зарождения культуры земледелия. К настоящему времени в арсенале земледельца имеется много методов снижения засоренности полей. Конечно основной метод – механическое уничтожение сорняков, т.е. применение машин, способных подрезать часть корневой системы сорняков, в основном на глубине хода рабочего органа. Ко второму, по значимости, можно отнести способ уничтожения сорняков с помощью различного вида гербицидов. Известны применения на практике, воздействие на корневую систему электрическим током, в некоторых случаях – открытого пламени. Судя по представленным вариантам, два способа борьбы с сорняками используют наиболее часто: механический, с подрезанием или небольшим тереблением корней сорняков, а также уничтожение различными химическими веществами (гербицидами). Последние нашли достаточно широкое применение и весьма эффективны в системе земледелия, но имеют ряд существенных недостатков: продукт этот весьма дорогой (иногда стоимость одного литра доходит до 250 тыс. руб.); гербициды, в большинстве своем, избирательного действия как по сорнякам, так и по культурам; химические вещества составляющие основу гербицида, оказывают отрицательное воздействие на саму почву, а также на ее микро и макро составляющие; наряду с негативным воздействием на сорняк, они, на некоторое время, снижают рост и развитие культурных растений. Поэтому наиболее приемлемым остается метод механического уничтожения сорняков. **Объект.** В качестве объекта изучения рассматривались технологии и технические средства борьбы с сорной растительностью в посевах бахчевых культур. **Результаты и выводы.** Для борьбы с засоренностью в посевах бахчевых культур разработаны машины с рабочими органами способными выполнять вычесывание корневой системы сорняков из почвы с уровня ниже, чем движение рабочего органа. Для этого предлагается конструкция в виде секции с вращающимися игольчатыми дисками, а также роторов со скобами. Каждая скоба оборудована ножом с внутренним вырезом, что гарантирует захват корневой системы сорняка. Ее вычесывание происходит за счет самоторможения роторов из-за разности числа зубьев звездочек цепной передачи между передним и задним роторами. Такая конструкция обеспечивает вычесывание до 97,2% сорной растительности, увеличивая в 1,8...2,0 раза период между обработками и снижая затраты в 2,0...2,5 раза.

Ключевые слова: корнеотпрысковые сорняки, механизированная прополка бахчевых культур, посевы бахчевых, вычесывание сорняков, укороченная циклоида, удлиненная циклоида.

Цитирование. Цепляев В. А. Технологии и средства механизированной борьбы с корнеотпрысковыми сорняками в посевах бахчевых культур методом вычесывания. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 296-302. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-32.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Известно, что производство бахчевых связано с большими затратами в том числе и ручного труда, составляющими 165...195 ч/га [4]. Существенная часть затрат (до 40%) расходуется на обработку посевов от сорняков [1, 2, 14]. При обработке посевов

бахчевых культур от сорняков в основном используют различного типа культиваторы [5, 13]. В первую очередь применяют машины семейства КРН-5,6 – для междурядной обработки. Их секции комплектуют рабочими органами в виде стрелчатых лап и односторонних лап-бритв. Стрелчатые лапы устанавливают по центру междурядья, а лапы-бритвы со стороны ряда, оставляя определенную защитную зону. Её ширина зависит от фазы развития бахчевых и может достигать до 0,35 м. Стрелчатые лапы и лапы-бритвы подрезают корни сорняков на глубине их хода, оставляя в почве нетронутой корневую систему [12]. Для корнеотпрысковых сорняков характерно появление точек роста в плоскости среза [3, 5], поэтому необходимо применять иные технологии и машины, способные бороться с корневой системой, в том числе с использованием химических средств. [6, 14]. Для снижения энергозатрат при обработке посевов бахчевых культур от сорняков нами разработана новая технология и технические средства, способные вычесывать корневую систему сорняков из почвы с глубины большей, чем движение рабочего органа [8, 10, 11].

Результаты и выводы. Принцип вычесывания основан на самоторможении двух рабочих органов в виде роторов со скобами. Самоторможение происходит в результате установки на ступицы роторов звездочек с различным числом зубьев. При этом звездочки соединены между собой цепью. При взаимодействии скоб роторов с почвой они вращаются с разной скоростью, что и обеспечивает захват и вычесывание корневой системы сорняка [7, 9, 11]. Движение скобы переднего ротора проходит по укороченной циклоиде (рисунок 1а), а заднего – по удлинненной (рисунок 1б). Уравнения циклоид по оси ОХ представлены в параметрическом виде.

Цель работы заключается в разработке и создании семейства машин с различными рабочими органами для уничтожения сорняков вместе с корневой системой.

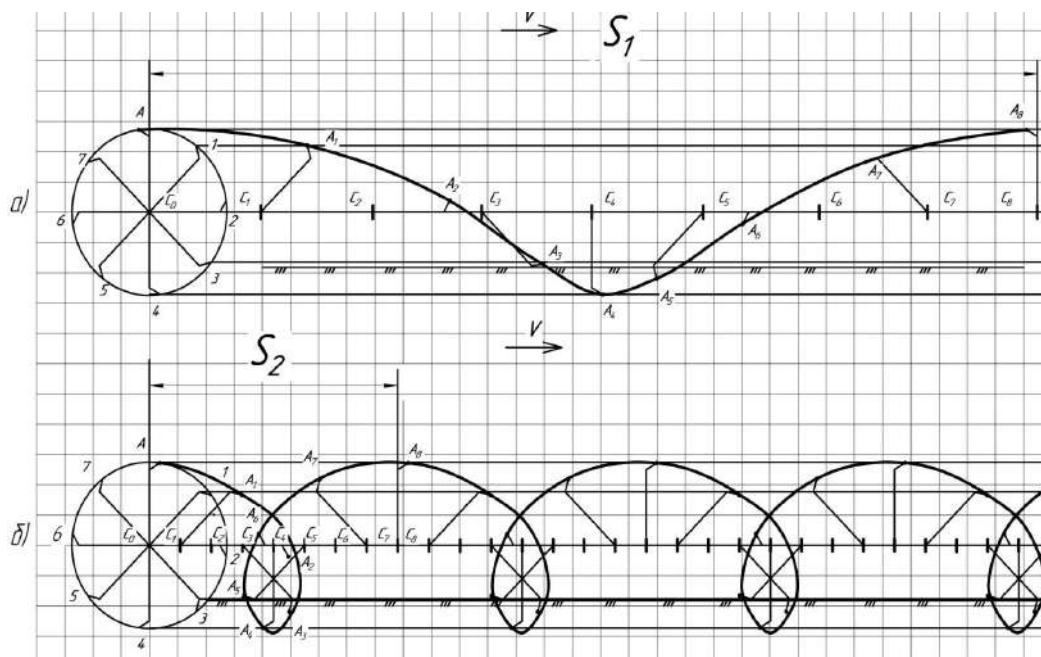


Рисунок 1 – Траектория движения переднего и заднего роторов машины для вычесывания сорняков
Figure 1 – Front and rear rotor trajectory of a weed combing machine

В соответствии со схемой (рисунок 1) представлены уравнения по оси ОХ:

Для скобы переднего ротора – $S_1 = V \times t_n - \omega_n R_c \times \cos \omega_n t_n$.

Для скобы заднего ротора – $S_2 = V \times t_3 - \omega_3 R_c \times \cos \omega_n t_3$:

где S_1 и S_2 – путь, пройденный скобой за один её оборот (передней и задней скобой соответственно), м;
 V – поступательная скорость машины, м/с;
 t_n и t_3 – время одного оборота передней и задней скобы, с;
 ω_n и ω_3 – угловая скорость передней и задней скобы, c^{-1} ;
 R_c – радиус скобы, м.

Судя по уравнениям а) и б) в общем виде, они не различаются между собой. Однако, технологический процесс передней скобы состоит в том, что образование циклоиды обеспечивается за счет поступательной скорости машины. При незначительной угловой скорости поворота луча скобы против часовой стрелки, т.е. скоба поворачивается в сторону противоположную движению машины.

Работа задней – наоборот, происходит в результате её большей угловой скорости (до $3,5 \text{ с}^{-1}$) при одинаковых радиусах скобы (0,25 м).

Полученные таким образом результаты вполне применимы для практического внедрения и создания соответствующих машин и их рабочих органов. На рисунке 2 приводится общий вид машины переоборудованной из игольчатой бороны БИГ-3,0. Секции на раме бороны были развернуты по направлению движения, исключив угол атаки, т.е. плоскость вращения игольчатых дисков совпадала с продольной осью машины. На стойки секции смонтировали корпуса подшипников, в которые установили валы секции с игольчатыми дисками. Кроме этого, на валах жестко закрепляли звездочки с разным числом зубьев (на переднем больше, чем на заднем). Известно, что игольчатый диск снабжен рабочим органом в виде изогнутого луча, заканчивающегося слегка заостренной, в виде двухгранного клина, частью. Оси плоскостей вращения передних дисков находились в середине плоскостей вращения задних дисков. Таким образом, при работе модифицированной машины передние и задние игольчатые диски обрабатывали отдельные полосы поля по ширине рабочего органа (иглы).



Рисунок 2 – Общий вид машины для удаления сорняков на основе игольчатой бороны БИГ-3,0
Figure 2 – General view of the BIG-3.0 needle harrow weed removal machine

На рисунке 2 показана работа машины и отмечается её способность вычесывать сорняк. Следует отметить, что, несмотря на небольшую глубину обработки рабочим органом, извлеченный корень достигал 0,25...0,27 м. В виде недостатка отмечается большой процент (до 30%) пропуска сорняков из-за отсутствия зоны перекрытия рабочих органов, а также слабой универсализации при взаимодействии с различными типами корней сорняков.



Рисунок 3 – Общий вид секции для обработки защитной зоны от сорняков
Figure 3 – General view of the weed protection zone section

На рисунке 3 приведен общий вид секции для обработки защитной зоны в посевах бахчевых культур (Патент № RU 217985 U1). Секция навешивается на раму культиватора КРН-5,6 со стороны ряда. Секция включает параллелограммный механизм с несущим звеном для установки грядилья. На грядиль монтируют модуль в виде двух дисков. Последующая их конструкция и кинематическая система представлена выше.

Для исключения огрехов при работе дисков, к концам их лучей приварены специальные ножевые пластины. При вычесывании сорняков, период между обработками существенно возрастает, что снижает их количество с 4-х до 2-х, уменьшает трудоемкость, а также негативное воздействие на почву.

Наибольший эффект при работе агрегата для вычесывания сорняков достигается при использовании в качестве рабочих органов специальных скоб с внутренними вырезами ножей (Патент № RU 2545648 C1).



Рисунок 4 – Общий вид машины для вычесывания сорняков с рабочими органами в виде скоб с внутренними вырезами ножей
Figure 4 – General view of a weed combing machine with shackles with internal knife cutouts

Общая компоновка конструкции остается прежней (рисунок 4). Однако обращает на себя внимание скоба. Она представляет собой изогнутую пластину, заканчивающуюся в передней части ножом с внутренним вырезом. Вырез способствует смещению сорняка внутрь, его захвату и вычесыванию вместе с корневой системой. При проведении испытаний машина с такими рабочими органами обеспечивает вычесывание 97,2% сорняков, что увеличивает период между обработками в 1,8...2,0 раза, снижая в 2,0...2,5 раза затраты по сравнению с типовой технологией [10].

Заключение. При возделывании бахчевых культур наиболее трудоемкой операцией считается обработка посевов от сорняков и достигает 80 чел. ч/га. Из всех способов обработки – механическая остается основной. Часто для получения хороших урожаев необходимо проводить 3, а иногда и 4 прополки. Для сокращения их количества используют специально разработанные машины с рабочими органами способными вычесывать сорняки с корневой системой. Такой эффект достигается за счет конструкции секций, оборудованных модулями в виде самотормозящихся дисков с ножами. Из всего семейства машин подобного типа наибольший эффект достигается при использовании роторных дисков со скобами, заканчивающимися ножами с внутренним вырезом. Применение таких машин увеличивает период между обработками в 1,8...2,0 раза, снижает затраты в 2,0...2,5 раза.

Conclusions. In the cultivation of melons, the most labor-intensive operation is considered to be the treatment of crops from weeds and reaches 80 people per hectare. Often, to get good yields, it is necessary to carry out 3, and sometimes 4 weedings. To reduce their number, specially designed machines with working tools capable of combing weeds with a root system are used. This effect is achieved due to the design of sections equipped with modules in the form of self-locking disks with knives. Of the entire family of machines of this type, the greatest effect is achieved when using rotary discs with brackets ending in knives with an internal cutout. The use of such machines increases the period between treatments by 1.8... 2.0 times, reduces costs by 2.0... 2.5 times.

Библиографический список

1. Алдошин Н. В., Маматов Ф. М., Исмаилов И. И. Средства механизации для обработки почвы в бахчеводстве. Техника и оборудование для села. 2021. № 2 (284). С. 12-15.
2. Быковский Ю. А., Колебошина Т. Г. Технология производства бахчевых. Картофель и овощи. 2016. № 10. С. 11-13.
3. Ключков А. В. Механические и физические методы борьбы с сорняками. Наше сельское хозяйство. Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. 2020. № 17 (241). С. 84-89.
4. Соколов А. С., Байрамбеков Ш. Б., Соколова Г. Ф. Влияние обработки почвы, удобрений, гербицидов на засоренность и урожайность овощных культур в севообороте. Успехи современного естествознания. 2018. № 8. С. 78-84.
5. Соколов А. С., Соколова Г. Ф. Изучение влияния кратности междурядных обработок на засоренность и урожайность дыни в Астраханской области. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 5 (163). С. 76-81.
6. Фетюхин И. В., Черненко И. Е. Совершенствование химического метода борьбы с сорняками на подсолнечнике. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 157. С. 206-217.
7. Цепляев В. А. Теоретическое обоснование технологии ухода за посевами. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 2. С. 314-320.
8. Цепляев В. А. Механо-математическая модель смещения плети бахчевых активным рабочим органом при обработке посевов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 378-389.
9. Цепляев В. А., Матасов А. Н., Цепляев А. Н., Рогачев А. Ф. Обоснование применения роторного агрегата для борьбы с сорняками методом теребления. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2 (46). С. 256-263.
10. Цепляев В. А. Машина для вычесывания сорняков: эффективность обработки посевов бахчевых. Агроинженерия. 2024. № 26 (2). С. 42-48.
11. Цепляев В. А., Матасов А. Н., Цепляев А. Н. Агрегат для удаления сорняков методом теребления. Сельский механизатор. 2014. № 9. С. 8-9.
12. Matasov A. N., Tseplyaev A. N., Ulyanov M. V., et al. Analytical determination of technological parameters in the operation of a self-propelled machine for loosening soil and removing weeds. Lecture notes in networks and systems. 2021. Vol. 206. Pp. 1079-1085.
13. Murmu K., Thakur T. S. Design and development of a combined tillage machine for soil conservation with chisels and a roller for crushing lumps. AMA, Mechanization of agriculture in Asia, Africa and Latin America. No 50 (1). Pp. 66-72.
14. Bayrambekov Sh. B., Korneva O. G., Polyakova E. V., Gulyaeva G. V., Sokolov A. S. Agrotechnical and chemical methods of weed control in the link of vegetable crop rotations. Ecology, Environment and nature protection. 2017. V. 23 (3). Pp. 1684-1690.

References

1. Aldoshin N. V., Mamatov F. M., Ismailov I. I. Means of mechanization for tillage in melon growing. Machinery and equipment for the village. 2021. No 2 (284). Pp. 12-15
2. Bykovsky Yu. A., Koleboshina T. G. Technology of melon production. Potatoes and vegetables. 2016. No 10. Pp. 11-13.
3. Klochkov A. V. Mechanical and physical methods of weed control. Our agriculture. Belarusian State Agricultural Academy. 2020. No 17 (241). Pp. 84-89.
4. Sokolov A. S., Bayrambekov Sh. B., Sokolova G. F. The effect of tillage, fertilizers, herbicides on the contamination and yield of vegetable crops in crop rotation. The successes of modern natural science. 2018. No 8. Pp. 78-84.
5. Sokolov A. S., Sokolova G. F. Study of the effect of the multiplicity of row-to-row treatments on the contamination and yield of melons in the Astrakhan region. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2018. No 5 (163). Pp. 76-81.
6. Fetyukhin I. V., Chernenko I. E. Improvement of the chemical method of weed control on sunflower. Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2020. No 157. Pp. 206-217.
7. Tseplyaev V. A. Theoretical justification of crop care technology. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex. 2022. No 2. Pp. 314-320.
8. Tseplyaev V. A. A mechano-mathematical model of the displacement of the melon whip by an active working body during the processing of crops. Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher professional education. 2022. № 4 (68). Pp. 378-389.
9. Tseplyaev V. A., Matasov A. N., Tseplyaev A. N., Rogachev A. F. Substantiation of the Use of a Rotary Unit for Weed Control by the Method of Pulling. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2017. № 2 (46). Pp. 256-263.
10. Tseplyaev V. A. Machine for combing weeds: the effectiveness of processing melons and gourds. Agricultural engineering. 2024. № 26 (2). Pp. 42-48.
11. Tseplyaev V. A., Matasov A. N., Tseplyaev A. N. Weed Removal Unit by Pulling Method. Rural machine operator. 2014. № 9. Pp. 8-9.
12. Matasov A. N., Tseplyaev A. N., Ulyanov M. V., et al. Analytical determination of technological parameters in the operation of a self-propelled machine for loosening soil and removing weeds. Lecture notes in networks and systems. 2021. Vol. 206. Pp. 1079-1085.
13. Murmu K., Thakur T. S. Design and development of a combined tillage machine for soil conservation with chisels and a roller for crushing lumps. AMA, Mechanization of agriculture in Asia, Africa and Latin America. No 50 (1). Pp. 66-72.
14. Bayrambekov Sh. B., Korneva O. G., Polyakova E. V., Gulyaeva G. V., Sokolov A. S. Agrotechnical and chemical methods of weed control in the link of vegetable crop rotations. Ecology, Environment and nature protection. 2017. V. 23 (3). Pp. 1684-1690.

Информация об авторе

Цепляев Виталий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, ректор ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), <https://orcid.org/0009-0000-9554-1894>, e-mail: volgau@volgau.com, can_volgau@mail.ru

Author's Information

Tseplyaev Vitaly Alekseevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Rector, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), <https://orcid.org/0009-0000-9554-1894>, e-mail: volgau@volgau.com, can_volgau@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-33

TECHNICAL SOLUTIONS FOR EFFECTIVE OPERATION OF SPRINKLING MACHINES

**Ovchinnikov A. S., Kiselev A. A., Bocharnikov V. S., Kiselev A. P.,
Kozinskaya O. V., Kuznetsova N. V.**

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Received 07.05.2024

Submitted 04.07.2024

The research was conducted on the topic of the dissertation: "Improving the means of regulating water levels in open irrigation systems during sprinkling"

Summary

The article presents the results of the study of technical solutions to improve the efficiency of sprinkler technology. The article presents the results of the study of technical solutions to improve the efficiency of sprinkler machinery. To prevent water erosion of soils during irrigation by sprinkling machines, we propose to use a number of technical solutions, in particular, to maintain the optimal water level and save energy when taking it from the open irrigation network to use an automatic regulator and track leveler.

Abstract

Introduction. Reconstruction of old and design of new ameliorative systems, rehabilitation of irrigation network is not possible without introduction of new technical solutions, automation of water supply, improvement of technological characteristics of irrigation equipment.

Application of automation devices reduces water losses, increasing irrigation efficiency. Technical requirements for automation devices include ensuring the quality of regulation, maintaining the constancy of parameters, preventing losses and ensuring the reliability of operation. Automated devices should be easy to use and have feedback capability for optimal control. Taking into account the different designs, required functions and process tasks, automation devices must be adapted to each facility while maintaining high accuracy and reliability in operation. **Object.** The object of research is technical solutions to improve the effective operation of sprinkler technology. **Materials and methods.** Field studies were conducted in the Nikolaevsky district of the Volgograd region in fields equipped with sprinklers taking water from an open channel, which allowed predicting the behavior of the object of study with sufficient reliability. The analysis of the results was carried out using standard and proprietary techniques using experimental planning methods. **Results and conclusion.** For the rational use of water resources when irrigating with sprinklers, we are proposed to use a number of technical solutions, in particular, to maintain the optimal water level and save energy when taking it from an open irrigation network, use an automatic regulator that will allow you to take water in accordance with the water supply schedule, depending on the actual water consumption of the sprinkler. To prevent rutting caused by the need to irrigate with sufficiently large irrigation rates and low water permeability of soils, it is recommended to install a rut leveler in order to increase the passability of the sprinkler and increase its efficient operation.

Keywords: *sprinkler units, irrigation technologies, designs of sprinkler units, water consumption of sprinkler equipment.*

Citation. Ovchinnikov A. S., Kiselev A. A., Bocharnikov V. S., Kiselev A. P., Kozinskaya O. V., Kuznetsova N. V. Technical solutions for effective operation of sprinkling machines. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 302-310 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-33.

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 631.347

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

Овчинников А. С., доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, профессор

Киселев А. А., аспирант

Бочарников В. С., доктор технических наук, профессор

Киселев А. П., кандидат технических наук, доцент

Козинская О. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Кузнецова Н. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования велись по теме диссертации: «Совершенствование средств регулирования уровня воды на открытых оросительных системах при поливе дождеванием»

Актуальность. Реконструкция старых и проектирование новых мелиоративных систем, восстановление оросительной сети невозможно без внедрения новых технических решений, автоматизации водопдачи, улучшения технологических характеристик поливной техники.

Применение устройств автоматизации снижает потери воды, повышая эффективность полива. Технические требования к средствам автоматизации включают обеспечение качества регулирования, сохранение постоянства параметров, предотвращение потерь и обеспечение надежности работы. Автоматизированные устройства должны быть простыми в использовании и обладать возможностью обратной связи для оптимального управления. С учетом различных конструкций, требуемых функций и технологических задач, средства автоматизации должны быть адаптированы для каждого объекта, с соблюдением высокой точности и надежности в работе. **Объект.** Объектом исследований являются технические решения для повышения эффективной работы дождевальной техники. **Материалы и методы.** Натурные исследования проводились в Николаевском районе Волгоградской области на полях, оборудованных дождевальными машинами, берущими воду из открытого канала, что позволило с достаточной достоверностью прогнозировать поведение объекта исследования. Анализ результатов проводился с использованием стандартных и частных методик с применением методов планирования эксперимента. **Результаты и выводы.** Для рационального использования водных ресурсов при орошении дождевальными машинами нам предлагается использовать ряд технических решений, в частности для поддержания оптимального уровня воды и экономии электроэнергии при заборе ее из открытой оросительной сети использовать автоматический регулятор, который позволит забирать воду в соответствии с графиком водопдачи в зависимости от фактического водопо-

требления дождевальной машины. Для предотвращения колееобразования, вызванного необходимостью полива достаточно большими поливными нормами и низкой водопроницаемостью почв рекомендуется устанавливать заравниватель колеи с целью повышения проходимости дождевальной машины и увеличения ее эффективной работы.

Ключевые слова: дождевальные агрегаты, технологии орошения, конструкции дождевальных агрегатов, водопотребление дождевальной техники.

Цитирование. Овчинников А. С., Киселев А. А., Бочарников В. С., Киселев А. П., Козинская О. В., Кузнецова Н. В. Технические решения для эффективной работы дождевальных машин. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 302-310. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-33.

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. Восстановление, реконструкция и дальнейшее развитие мелиоративного комплекса является приоритетной задачей стратегии развития АПК с целью рационального использования земельных и водных ресурсов, способствующих повышению продуктивности земель, росту производства сельскохозяйственной продукции и снижению ее себестоимости [1, 2].

Реконструкция старых и проектирование новых мелиоративных систем, восстановление оросительной сети не возможна без внедрения новых технических решений, автоматизации водопадачи, улучшение технологических характеристик поливной техники.

Применение устройств автоматизации снижает потери воды, повышая эффективность полива. Технические требования к средствам автоматизации включают обеспечение качества регулирования, сохранение постоянства параметров, предотвращение потерь и обеспечение надежности работы. Автоматизированные устройства должны быть простыми в использовании и обладать возможностью обратной связи для оптимального управления. С учетом различных конструкций, требуемых функций и технологических задач, средства автоматизации должны быть адаптированы для каждого объекта, соблюдая высокую точность и надежность в работе [3, 4].

При движении дождевальной машины в зоне дождя по одной и той же траектории в течение всего вегетационного периода почва под колесами уплотняется, в то же время, переувлажняясь, изменяются ее несущая способность, прочность грунта снижается. Скопившаяся под ходовыми тележками дождевальной машины вода приводит к перераспределению легких почвенных агрегатов, способствуя возникновению почвенной эрозии.

Научно-исследовательскими и проектными организациями ведется активная работа по определению потребности в поливной технике, модернизации существующей поливной техники с целью повышения ее производительности и расширению зоны применения, а также созданию новой. Активно проводятся исследования и разрабатываются мероприятия по конструктивному и технологическому совершенствованию дождевальной техники с целью улучшения ее технико-эксплуатационных показателей для обеспечения оптимального режима орошения сельскохозяйственных культур в конкретных условиях [5, 6]. А высокая стоимость и дефицит водных и энергетических ресурсов способствуют проведению поиска технических решений энергосбережения. Анализ охранных документов как в нашей стране, так и за рубежом свидетельствует о перспективности разработок в этом направлении.

Целью наших исследований является изучение, разработка, усовершенствование технических решений и внедрение разработанного автоматического регулятора подачи воды для создания условий повышения эффективной работы дождевальной техники.

Материалы и методы. На основании подбора и анализа существующих технических решений, повышающих эффективность работы дождевальной техники, было предложено на канале-оросителе установить автоматический регулятор подачи оросительной воды для поддержания определенного уровня и оснастить дождевальную машину специальным устройством «заравнивателем» для предотвращения образованию колеи.

Натурные исследования проводились в Николаевском районе Волгоградской области на полях, оборудованных дождевальными машинами, берущими воду из открытого канала реконструированной оросительной системы. Климат территории резко континентальный, с малоснежной зимой и сухим, жарким летом. Территория района относится к полупустыне, в связи с этим возделывание сельскохозяйственных культур невозможно без орошения.

Почвы каштановые, тяжелосуглинистые, пористость в пахотном горизонте составила 41,5%, с коэффициентом структурности 1,26, содержание гумуса 1,2%.

Результаты и обсуждение. Дождевальная техника применяется для проведения вегетационных поливов всех сельскохозяйственных культур, а особенно кормовых и фуражных [7]. При этом с поливной водой существует возможность внесения удобрений как минеральных, так и органических. Однако качественный полив обеспечивается на площадях с выровненным и слабоволнистым рельефом, при уклонах не более 1,5 м. Обеспечение водой широкозахватных дождевальных машин осуществляется как из закрытой оросительной сети, так и каналов – оросителей [8, 9]. Причем уклон канала-оросителя должен быть до 0,0001, иначе необходимо обеспечивать их регуляторами уровня воды (рисунок 1).

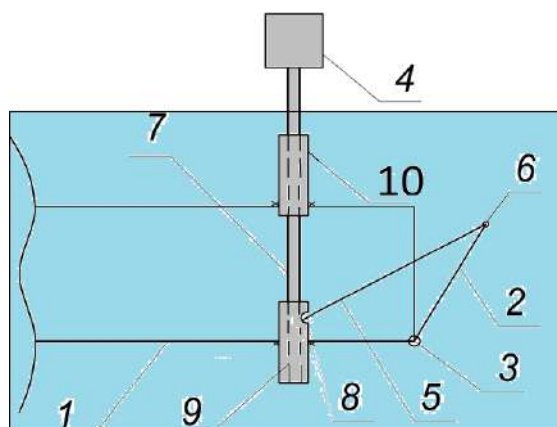


Рисунок 1 – Авторегулятор подачи воды на оросительные системы (водовыпускная труба 1, щитовой затвор 2, ось вращения 3, поплавок 4, гибкий трос 5, крепежная скоба 6, рабочий шток 7, ось вращения 8 направляющих трубок: нижней 9 и верхней 10)

Figure 1 – Automatic regulator of water supply to irrigation systems (outlet pipe 1, shield gate 2, rotation axis 3, float 4, flexible cable 5, fixing bracket 6, working rod 7, rotation axis 8 of guide tubes: lower 9 and upper 10)

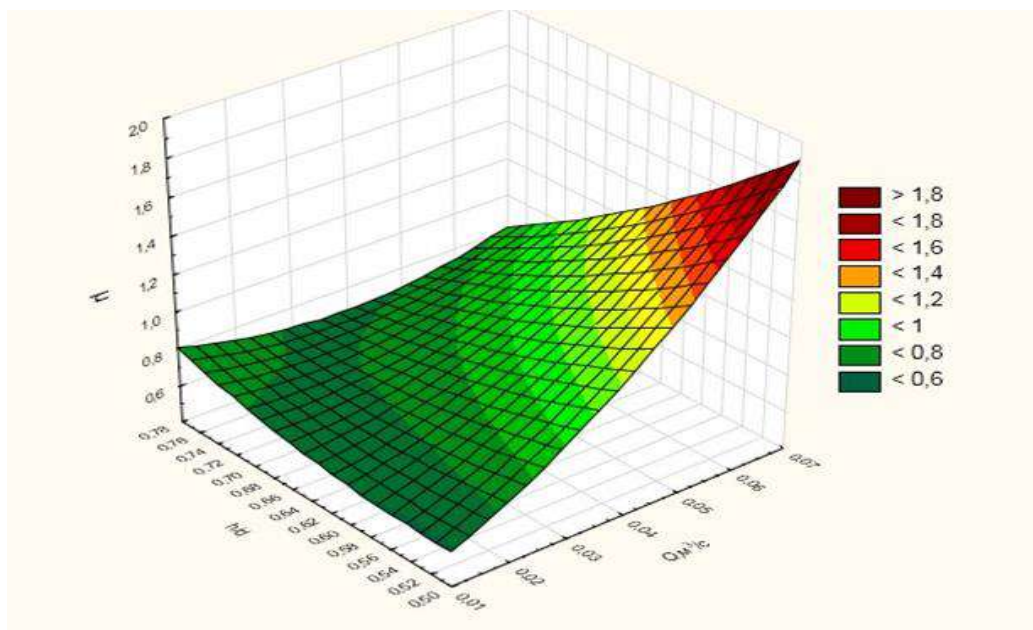


Рисунок 2 – Графическая зависимость коэффициента расхода μ от отношения перепада уровней (h) к диаметру (d) регулятора и расхода воды (Q)

Figure 2 – Graphical dependence of flow coefficient μ on the ratio of level difference (h) to regulator diameter (d) and water flow rate (Q)

Разработанную нами конструкцию устанавливают в бьефе канала-оросителя, находящемся ниже по течению. Глубина установки зависит от длины рабочего штока поплавка. Нижняя кромка поплавка должна находиться на требуемом уровне воды. Когда вода достигает заданного уровня, поплавок поднимает рабочий шток, который передает усилие через гибкий трос на запорную крышку, закрывающую водовыпуск.

Статистическая обработка полученных в опыте данных методом регрессионного анализа подтвердила взаимосвязь между расходом Q ($\text{м}^3/\text{с}$), отношением перепада уровней h к диаметру d (h/d м) и коэффициентом расхода μ (рисунок 2).

Полученное уравнение регрессии, которое с наибольшей точностью характеризует распределение опытных данных по определению коэффициента расхода, примет следующий вид:

$$\mu = 0,9892 + 49,0964 Q - 2,6969 \left(\frac{h}{d}\right) + 149,0731 Q^2 - 77,9501 Q \left(\frac{h}{d}\right) + 33278 \left(\frac{h}{d}\right)^2$$

На качество полива оказывает влияние и планировка орошаемого участка, длина трубопровода дождевальной машины может достигать 600 м, в процессе ее работы возникают искривления, приводящие к упругим деформациям (упругому скручиванию), вращательная сила колес, утрачивается сцепление их с почвой приводящее к пробуксовке дождевальной машины [10, 11].

Допустимое давление на суглинистую почву не должно превышать 80 мПа, при допустимой глубине колеи 0,05-0,07 м [12]. Глубина колеи зависит: от технической характеристики дождевальной машины (длина, вес с водой, ширина колес и их конструкция), количества проходов дождевальной машины, поливной нормы за один проход, возделываемой культуры, типа почвы, ее несущей способности, коэффициента водопоглощения.

На рисунке 3 приведена схема деформации грунта от полива к поливу при работе дождевальной машины, включающая несколько фаз: первая фаза уплотнения является всегда затухающей, вторая фаза сдвигов, как правило, представляет ряд следующих друг за другом скольжений.

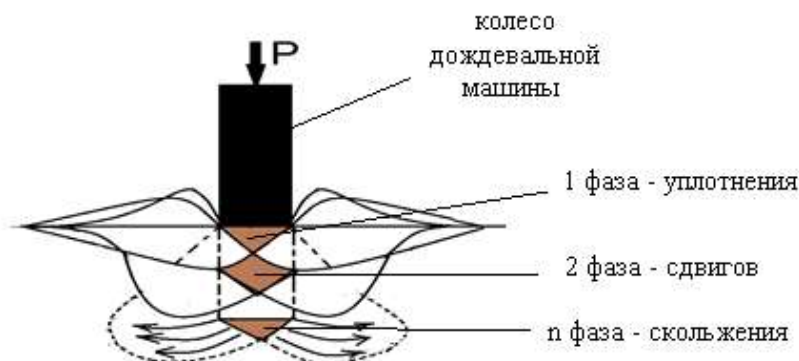


Рисунок 3 – Схема деформации грунта колесом дождевальной машины от полива к поливу
Figure 3 – Scheme of ground deformation by sprinkler wheel from irrigation to irrigation

По следу прохождения широкозахватной дождевальной машины от полива к поливу образуется колея от ее колес. Обогащенная водой почва теряет несущую способность, колея достигает плужной подошвы, почва под колесами утрамбовывается, при этом выдавливаясь из колеи, образует борта, а в самой колее скапливается вода, значительно снижая проходимость дождевальной машины [13]. В результате возникает деформация грунта, например, светло-каштановых, в колею которой, после проходов дождевальной машины застаивается вода.

Для улучшения проходимости дождевальной машины при проведении поливов разработаны технические решения, направленные на увеличение производительности и срока ее работы, снижение энергозатрат вследствие уменьшения сопротивления, увеличение урожайности, связанной с уменьшением непродуктивных потерь сельхозпродукции [14, 15].

Результаты исследований колееобразования, которые уточнялись проведением пяти поливов с различными поливными нормами (от 200 до 600 м³/га) представлены на рисунке 4. Установлено, что при поливной норме 200 м³/га глубина колеи составила 0,03 м, с увеличением поливной нормы до 600 м³/га глубина колеи возросла в 6 раз и составила 0,18 м,

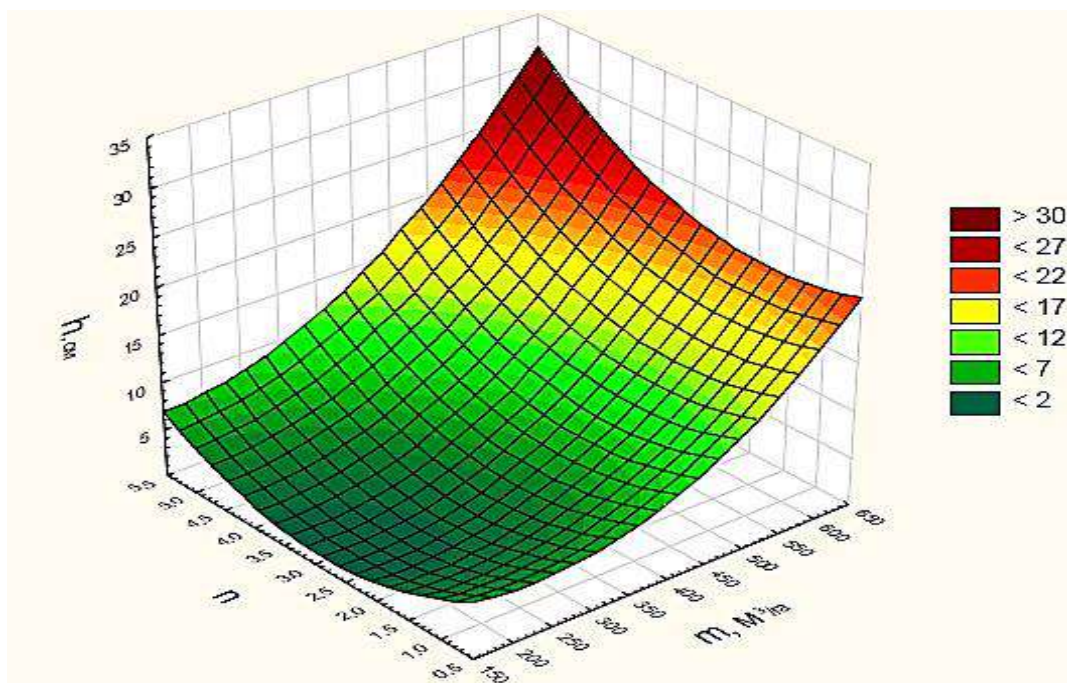


Рисунок 4 – Графическое изображение зависимости глубины колеи от поливной нормы (m) и номера полива (n)

Figure 4 – Graphical representation of the dependence of rut depth on irrigation rate (m) and irrigation number (n)

Получена зависимость глубины колеи от расхода и количества проходов дождевальной машины, которое с наибольшей точностью характеризует распределение опытных данных в зависимости от глубины колеи и поливной нормы, описывается в виде регрессионного уравнения:

$$h_k = 12,4465 - 0,0431 \cdot m - 5,2029 n + 9,1071 \cdot 10^{-5} m^2 + 0,0036 mn + 0,8105 n^2$$

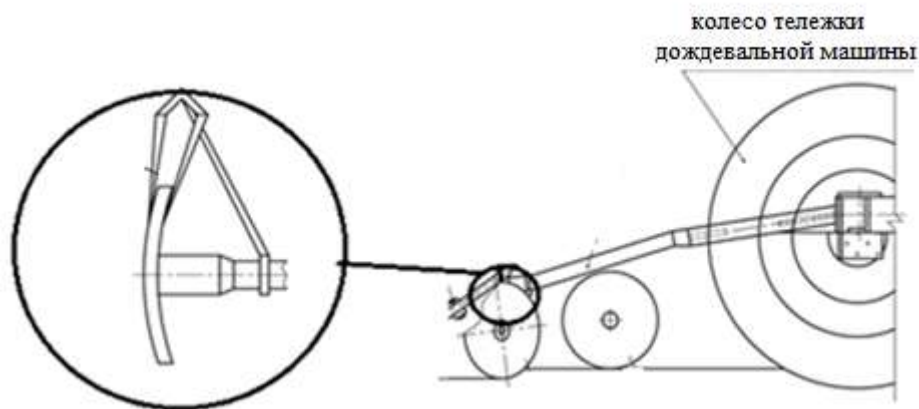


Рисунок 5 – Заравнитель колеи тележки дождевальной машины

Figure 5 – Sprinkler truck track leveler

На решение проблем с колееобразованием нами предложен заравнитель колеи (рисунок 5), содержащий раму со сферическими дисками и граблину, на которой с помощью болтового соединения установлена поворотная планка с делениями. Недостатком данного заравнителя является налипание на диски влажной почвы, что приводит к снижению его производительности. Нами предлагается для повышения эффективной работы оснастить заравнитель колеи скребком, с помощью которого режущая кромка диска будет очищаться от налипшего грунта.

Заравнивающее устройство работает следующим образом: при движении тележки дождевальной машины заравнитель колеи, содержащий раму со сферическими дисками и граблину, заравнивает образовавшуюся после прохождения дождевальной машины колею. Для замера минимально допустимого расстояния между сходящихся в диаметральной плоскости кромок на граблине, в месте прохождения через сходящиеся кромки сферических дисков и вертикальной плоскости, установлена с помощью болтового соединения. Налипшая на диски мокрая почва счищается металлическим V-образным скребком. Находящееся под центром рамы колесо упора обеспечивает дополнительную опору дискам, не давая им сильно заглубляться.

Таким образом, повышение проходимости дисков достигается за счет установки скребка V-образной формы, который очищает поверхность диска от налипшей почвы, и опорного колеса, регулирующего глубину их погружения, обеспечивая работу устройства без пробуксовки дисков.

Заключение. На открытых оросительных системах при поливе дождеванием для эффективной работы дождевальных машин предлагается использовать ряд технических решений, в частности для поддержания оптимального уровня воды и экономии электроэнергии использовать автоматический регулятор, который позволит забирать воду в соответствии с графиком водоподдачи в зависимости от фактического водопотребления дождевальной машины и в случае экстренной остановки не допустит переполнения оросительного канала. Для предотвращения колееобразования, вызванного необходимостью полива достаточно большими поливными нормами и низкой водопроницаемостью почв, рекомендуется устанавливать заравнитель колеи, который предотвратит с увеличением поливной нормы до 600 м³/га образование колеи и тем самым повысит проходимость дождевальной машины и увеличит эффективность работы.

Conclusions. In open irrigation systems when irrigating by sprinkling, for the efficient operation of sprinklers, it is proposed to use a number of technical solutions, in particular, to maintain the optimal water level and save energy, use an automatic regulator that will allow water to be withdrawn in accordance with the water supply schedule, depending on the actual water consumption of the sprinkler, and in case of an emergency stop, it will prevent overflow of the irrigation canal. To prevent rutting caused by the need for irrigation with sufficiently large irrigation rates and low water permeability of the soil, it is recommended to install a rut leveler, which will prevent the formation of ruts with an increase in the irrigation rate to 600 m³/ha and thereby increase the permeability of the sprinkler and increase operating efficiency.

Библиографический список

1. Островский Н. В., Островский В. Т., Шишкин В. О. Опыт автоматизации рисовых оросительных систем в органическом рисоводстве. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 247-257.
2. Палиивец М. С. Гидравлический расчет пропускной способности квадратного водовыпуска при регулировании. Природообустройство. 2020. № 3. С. 71-78.
3. Овчинников А. С. и др. Развитие безгербицидного рисоводства на основе режима постоянного затопления и автоматизации полива риса. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 14-25.
4. Снежко В. Л., Гайсин А. А., Бенин Д. М. Ресурсосберегающие водопропускные сооружения для оросительных каналов Природообустройство. 2016. № 5. С. 26-31.
5. Овчинников А. С., Киселёва Р. З., Мелихов К. М., Киселёв А. А. Автоматические регуляторы для оснащения гидротехнических сооружений при орошении риса. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 342-351.
6. Овчинников А. С., Киселёв А. П., Киселёва Р. З. Усовершенствованный метод расчета элементов инженерно-мелиоративных систем. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 108-115.
7. Козинская О. В., Мелихов К. М. Гидравлические исследования взаимодействия потока воды с плоским чувствительным элементом штангового расходомера и подача заданных расходов воды на открытых каналах оросительных систем. Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5-6 (47). С. 39-42.

8. Михалев М. А. Гидравлический расчет напорных трубопроводов. Инженерно-строительный журнал. 2012. № 6 (32). С. 20-28.
9. Cao X., Li Y., Wu M. Irrigation water use and efficiency assessment coupling crop cultivation, commutation and consumption processes. *Agricultural Water Management*. 2022. № 261. 107370.
10. Boonwichai S., et al. Climate change impacts on irrigation water requirement, crop water productivity and rice yield in the Songkhram River Basin, Thailand. *Journal of Cleaner Production*. 2018. № 198. Pp. 1157-1164.
11. Hernández J. E., Merkley G. P. Canal structure automation rules using an accuracy-based learning classifier system, a genetic algorithm, and a hydraulic simulation model. I: Design. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 2010. № 137 (1). Pp. 1-11.
12. Ortloff C. R. Inka Hydraulic Engineering at the Tipón Royal Compound (Peru). *Water (Switzerland)*. 2022. № 14 (1). P. 102.
13. Рыжко Н. Ф. и др. Эффективность технологии приповерхностного полива многоопорными дождевальными машинами кругового действия. *Орошаемое земледелие*. 2020. № 1. С. 50-53.
14. Смирнов А. И. и др. Технологические особенности полива и показатели оценки эффективности ходовой системы ДМ «Кубань - ЛК1». *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева*. Рязань, 2019.
15. Ryazantsev A. I., et al. Technological Features of Irrigation and Assessment Indicators of Multibasic Irrigation Running Systems Efficiency (on Example of IM Kuban – LK1). *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2019. V. 8. P. 3.

References

1. Ovchinnikov A. S., Kiseleva R. Z., Melikhov K. M., Kiselev A. A. Automatic regulators for equipping hydraulic structures for rice irrigation. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2022. № 1 (65). Pp. 342-351.
2. Paliyets M. S. Hydraulic Calculation of the Capacity of a Square Water Outlet in Regulation. *Environmental Engineering*. 2020. № 3. Pp. 71-78.
3. Ovchinnikov A. S., et al. Development of herbicide-free rice growing on the basis of the regime of constant flooding and automation of rice irrigation. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2020. № 3 (59). Pp. 14-25.
4. Snezhko V. L., Gaisin A. A., Benin D. M. Resource-saving culverts for irrigation canals. 2016. № 5. Pp. 26-31.
5. Ovchinnikov A. S., Kiseleva R. Z., Melikhov K. M., Kiselev A. A. Automatic regulators for equipping hydraulic structures for rice irrigation. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2022. № 1 (65). Pp. 342-351.
6. Ovchinnikov A. S., Kiselev A. P., Kiseleva R. Z. An improved method for calculating the elements of engineering and reclamation systems. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2018. № 4 (52). Pp. 108-115.
7. Kozinskaya O. V., Melikhov K. M. Hydraulic Studies of the Interaction of Water Flow with a Flat Sensing Element of a Sucker Rod Flow Meter and the Supply of Specified Water Flow Rates on Open Channels of Irrigation Systems. *International Research Journal*. 2016. № 5-6 (47). Pp. 39-42.
8. Mikhalev M. A. Hydraulic Calculation of Pressure Pipelines. *Engineering and Construction Journal*. 2012. № 6 (32). Pp. 20-28.
9. Cao X., Li Y., Wu M. Irrigation water use and efficiency assessment coupling crop cultivation, commutation and consumption processes. *Agricultural Water Management*. 2022. № 261. 107370.
10. Boonwichai S., et al. Climate change impacts on irrigation water requirement, crop water productivity and rice yield in the Songkhram River Basin, Thailand. *Journal of Cleaner Production*. 2018. № 198. Pp. 1157-1164.
11. Hernández J. E., Merkley G. P. Canal structure automation rules using an accuracy-based learning classifier system, a genetic algorithm, and a hydraulic simulation model. I: Design. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 2010. № 137 (1). Pp. 1-11.
12. Ortloff C. R. Inka Hydraulic Engineering at the Tipón Royal Compound (Peru). *Water (Switzerland)*. 2022. № 14 (1). P. 102.
13. Ryzhko N. F., et al. Efficiency of the technology of surface irrigation by multi-pivot sprinklers of circular action. *Irrigated agriculture*. 2020. № 1. Pp. 50-53.
14. Smirnov A. I., et al. Technological features of irrigation and indicators for assessing the efficiency of the running system of DM "Kuban – LK1". *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev*. Ryazan, 2019.
15. Ryazantsev A. I., et al. Technological Features of Irrigation and Assessment Indicators of Multibasic Irrigation Running Systems Efficiency (on Example of IM Kuban - LK1). *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2019. V. 8. P. 3.

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, Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: oas_volgau@mail.ru

Киселёв Андрей Анатольевич, аспирант кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: kiseliov.andrey2012@yandex.ru

Бочарников Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Киселёв Анатолий Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: apkiselev1969@yandex.ru

Козинская Ольга Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: kozinska1977@mail.ru

Кузнецова Надежда Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Мелиорация земель и КИВР», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: nvkyznetsova@mail.ru

Author's Information

Ovchinnikov Aleksey Semenovich, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Head of the Department "Applied Geodesy, Environmental Management and Water Management" Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskii Avenue, 26), e-mail: oas_volgau@mail.ru

Kiselyov Andrey Anatolyevich, postgraduate student of the Department of Applied Geodesy, Environmental Management and Water Use" Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskii Avenue, 26), e-mail: kiseliyov.andrey2012@yandex.ru

Bocharnikov Victor Sergeevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of "Applied Geodesy, Environmental Management and Water Use" Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskii Avenue, 26), e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Kiselyov Anatoliy Petrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Environmental Management and Water Use" Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskii Avenue, 26), e-mail: apkiselev1969@yandex.ru

Kozinskaya Olga Vladimirovna, Associate Professor of the Department of "Applied Geodesy, Environmental Management and Water Use" Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskii Avenue, 26), e-mail: kozinska1977@mail.ru

Kuznetsova Nadezhda Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of "Land reclamation and Water Use" Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskii Avenue, 26), e-mail: nvkyznetsova@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-34

JUSTIFYING A METHOD FOR EFFECTIVE PROCESSING OF HORSE AND GOAT MANURE MIX IN CLOSED-TYPE INSTALLATIONS

Briukhanov A. Yu., Vasilev E. V., Shalavina E. V.

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of
Federal Scientific Agroengineering Center VIM
Saint Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: shalavinaev@mail.ru

Received 23.04.2024

Submitted 20.06.2024

The study was a part of research work FGUN-2022-0010 "To develop environmentally friendly technologies, complexes of machines and equipment for managing agricultural ecosystems in intensive and organic agricultural production"

Summary

The article presents analytical and experimental estimation of component ratio in a mix of horse manure and deep-bedding goat manure for its processing in a chamber fermenter. The research revealed the reasonable ratio to be two shares of horse manure and one share of deep-bedding goat manure. This ratio provided thermophilic processing mode at a mix temperature above + 40°C. The aerobic fermentation resulted in up to 60% saved nitrogen under 30% drop of the mix weight due to 6.5% decrease of moisture content.

Abstract

Introduction. Poor awareness and lack of instructions for private farmers how to convert and further apply manure as an organic fertilizer result in the inefficient use of manure nutrients. Aerobic fermentation of manure in closed-type fermenters is a most promising processing technology. The study aim was analytical and experimental proportioning of components in horse and deep-bedding goat manure mix. They had to have specific physical and chemical properties to ensure the fermentation flow in a chamber installation. **Materials and methods.** Manure samples came from a private farm in the Leningrad Region. They were processed in the analytical laboratory of IEEP. The initial data from the laboratory protocols were the basis for calculations. Aerobic fermentation took place in two chamber express testers in the laboratory of organic waste bioconversion of IEEP. **Results and conclusion.** According to study results, the optimal components ratio was two shares of horse manure and one share of deep-bedding goat manure. This ratio provided achieving the thermophilic mode at a mix temperature above + 40°C. With the thermophilic bacteria growth, a part of the energy released heated up the material further and maintained its sustainable processing and

disinfection. The aerobic fermentation resulted in up to 60% saved nitrogen under 30% drop of the mix weight due to 6.5% decrease of moisture content. To optimize the heating time and to get the required quality organic fertilizer, the source material needed pre-mixing and chopping. The proposed method reduced the converting time of raw materials into fertilizers and mitigated the negative environmental effect through manure nutrients preservation.

Keywords: horse manure, goat manure, manure processing, manure biofermentation, organic fertilizers.

Citation. Briukhanov A. Yu., Vasilev E. V., Shalavina E. V. Justifying a method for effective processing of horse and goat manure mix in closed-type installations. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 310-320 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-34.

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 631.171

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ЭФФЕКТИВНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СМЕСИ КОНСКОГО И КОЗЬЕГО НАВОЗА В УСТАНОВКАХ ЗАКРЫТОГО ТИПА

Брюханов А. Ю., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН
Шалавина Е. В., кандидат технических наук
Васильев Э. В., кандидат технических наук

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал
Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках НИР FGUN-2022-0010 «Разработать экологически чистые технологии, комплексы машин и оборудование для управления сельскохозяйственными экосистемами при интенсивном и органическом производстве сельскохозяйственной продукции»

Актуальность. Недостаточная информированность фермерских хозяйств и отсутствие инструкций по преобразованию и дальнейшему применению навоза как органического удобрения вызывают неэффективное использование питательных веществ навоза. Аэробная биоферментация навоза в установках закрытого типа является одной из наиболее перспективных технологий его переработки. Цель исследования – аналитическое и экспериментальное определение пропорций компонентов смеси конского навоза и козьего навоза на глубокой подстилке для обеспечения протекания процесса биоферментации в установке камерного типа в зависимости от физико-химических свойств самих компонентов смеси. **Материалы и методы.** Пробы навоза для исследования отбирали в фермерском хозяйстве в Ленинградской области и обрабатывали в аналитической лаборатории ИАЭП. Расчеты выполняли на исходных данных из протоколов лабораторных исследований. Аэробная ферментация проводилась в двух экспресс-тестерах в лаборатории биоконверсии органических отходов ИАЭП. **Результаты и выводы.** Установлено, что рациональным соотношением компонентов смеси является одна доля козьего навоза на глубокой подстилке и две доли конского навоза. Такое соотношение обеспечивает выход на термофильный режим при температуре смеси выше +40°C: при росте количества термофильных бактерий часть энергии выделяется в виде тепла для дальнейшего разогрева материала и поддержания стабильности его переработки и обеззараживания. При этом в процессе аэробной ферментации сохранность азота составила до 60% при уменьшении массы смеси до 30% за счет снижения влажности на 6,5%. Для оптимизации времени нагрева и получения органического удобрения требуемого качества исходный материал необходимо предварительно перемешать и измельчить. Рассмотренный способ переработки конского и козьего навоза сокращает сроки переработки сырья в высококачественное органическое удобрение и снижает негативное воздействие на окружающую среду за счет сохранения питательных веществ.

Ключевые слова: конский навоз, козий навоз, переработка навоза, биоферментация навоза, органические удобрения.

Цитирование. Брюханов А. Ю., Шалавина Е. В., Васильев Э. В. Обоснование метода эффективной переработки смеси конского и козьего навоза в установках закрытого типа. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 310-320. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-34.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В России развитие сельскохозяйственного производства идет по пути повышения экономической эффективности. При этом все больше внимания уделяется проблемам сохранения окружающей среды и улучшения экологической безопасности производства в целом.

Перспективным природосберегающим направлением в сельскохозяйственном производстве является мелкотоварное (фермерское) сельское хозяйство [1]. В то же время на сельских территориях решается ряд таких вопросов, как повышение трудовой занятости населения, снижение социальной напряженности, повышение реального уровня доходов, снижение трудовой миграции населения в крупные города, получение высококачественной и потенциально прибыльной продукции, повышение в целом эколого-социальной устойчивости сельских территорий.

По статистическим данным в Российской Федерации за 2022 год из всей продукции сельского хозяйства (8563,5 трлн рублей), 40% составляет продукция, проданная в крестьянско-фермерских хозяйствах (КФХ) и хозяйствах населения (ХН) (3414,1 трлн рублей), из которой 38% (1298 трлн рублей) составляет именно продукция животноводства.

Статистика Российской Федерации за 2022 год показывает, что хозяйства населения имеют 1379 тысяч голов коз и 688,7 тысяч голов лошадей; крестьянско-фермерские хозяйства имеют 239,7 тысяч голов коз и 392,2 тысяч голов лошадей. От этих животных за год получают порядка 15877,5 тысяч тонн навоза, в которых содержится 51,6 тысяч тонн азота.

Особенностью животноводства в хозяйствах населения и крестьянско-фермерских хозяйствах является то, что на одной площадке одновременно содержится небольшое поголовье разных групп животных: наибольшая доля приходится на содержание пчелосемей – 94%, кроликов – 74%, лошадей – 51%, овец и коз – 46%, а наименьшая – на поголовье свиней и птиц.

В настоящее время набирает популярность такое направление, как агротуризм, который позволяет городским жителям не только отдохнуть на природе, но и приобщиться к традиционному укладу жизни жителей села. Для последних, в свою очередь, этот вид туризма является одним из важных источников получения доходов от крестьянско-фермерских хозяйств и хозяйств населения, занимающихся производством продуктов питания и иппотерапией [2].

Молочное козоводство идеально вписывается под многие проекты социального развития села, такие как программа создания молочных семейных ферм. Основным преимуществом молочного козоводства является относительно низкая стоимость капитальных затрат и быстрая окупаемость вложенных средств [3].

Основное поголовье лошадей сосредоточено в хозяйствах населения – 50,1% [4]. В зависимости от направления коневодческой фермы оптимальное количество животных находится в пределах 10-150 голов.

Отличительной особенностью крестьянско-фермерских хозяйств и хозяйств населения является то, что небольшое поголовье животных сосредоточено в большом количестве предприятий, разнесенных на значительное расстояние между собой. Часто хозяйства населения размещаются в непосредственной близости к жилой застройке.

Актуальность исследования подтверждается тем, что основным источником угрозы состоянию природной среды при производстве сельскохозяйственной продукции как в крупных, так и в мелкотоварных предприятиях является нерациональное использование навоза сельскохозяйственных животных [5]. В крестьянско-фермерских хозяйствах за год при отсутствии технологий переработки навоза или их неэффективном применении может теряться до 15 тысяч тонн азота, который может попадать в грунтовые воды, приводя к загрязнению окружающей среды и ухудшению здоровья населения.

В соответствии с Федеральным законом от 14 июля 2022 года № 248-ФЗ «О побочных продуктах животноводства и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» навоз сельскохозяйственных животных рассматривается как побочный продукт животноводства. Требования к обращению с ним устанавливаются Правительством Российской Федерации в соответствии с ветеринарными нормами и правилами, санитарно-эпидемиологическими правилами, гигиеническими нормативами и требованиями в области охраны окружающей среды, особенно в части недопущения загрязнения почв, водных объектов, лесов и других компонентов.

Недостаточная информированность и отсутствие инструкций по реализации технологических процессов переработки навоза как побочного продукта животноводства в органическое удобрение и по дальнейшему его внесению приводит к неэффективному использованию питательных веществ навоза (азота и фосфора) [6-8].

Практика обследования хозяйств населения и крестьянско-фермерских хозяйств показала, что в основном навоз складывается на полевой площадке и накапливается на ней до момента реализации. Накопление навоза на негидроизолированном основании приводит к инфильтрации и загрязнению сточных вод. Просто складирование навоза не обеспечивает получения органического удобрения с заданными свойствами и создает риск загрязнения окружающей среды и здоровью населения. В связи с этим возникает необходимость разработки более интенсивных методов переработки навоза.

В руководящих документах по обращению с навозом приводятся ориентировочные значения количественных и качественных характеристик навоза крупного рогатого скота и свиней. Данные по навозу мелкого рогатого скота и лошадей отсутствуют.

Учитывая что навоз мелкого рогатого скота и лошадей различаются по своим характеристикам, а технологии переработки навоза апробированы для крупных предприятий (с отличающимися технологиями содержания животных и навозоудаления), необходимы дополнительные исследования технологий переработки навоза коз и лошадей для небольших предприятий – хозяйств населения и крестьянско-фермерских хозяйств.

Целью исследования было аналитическое и экспериментальное определение пропорций компонентов смеси конского навоза и козьего навоза на глубокой подстилке для обеспечения протекания процесса биоферментации в установке камерного типа в зависимости от физико-химических свойств самих компонентов смеси.

Материалы и методы (Materials and methods). Исследование проводили на исходных данных фермерского хозяйства в Ленинградской области.

Фермерское хозяйство расположено в деревне Соколово Гатчинского района Ленинградской области. Здесь имеются козы и лошади. В зимний период козы содержатся в стойлах на глубокой подстилке из соломы, в летний период – на пастбище. Общее поголовье коз составляет 45 голов. Лошади находятся в зимний период года в стойлах на косметической подстилке из опилок, в летний период – на пастбище. Общее поголовье лошадей составляет 10 голов.

Первым этапом исследования был отбор проб конского и козьего навоза в соответствии с установленной методикой (ГОСТ Р 58487-2019 «Удобрения органические. Методы отбора проб»). В лаборатории аналитических методов инженерной экологии ИАЭП – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в отобранных пробах определяли такие химические показатели, как влажность, общий азот, общий фосфор, зольность, углерод, ионные формы (NO_3^- и NH_4^+).

Вторым этапом исследования было проведение аналитического расчета состава смеси конского и козьего навоза для дальнейшей его переработки в органическое удобрение методом биоферментации. Расчет проводили с учетом рекомендованных нормативных показателей в соответствии с РД-АПК 1.10.15.02-17* «Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помёта».

На третьем этапе было проведено экспериментальное исследование процесса аэробной ферментации смеси, обоснованной по составу компонентов, в двух камерных экспресс-тестерах.

При переработке твердого навоза самый большой эколого-экономический эффект достигается при биоферментации в установках закрытого типа [9]. Переработка методом биоферментации основана на окислении части органического вещества за счет насыщения его кислородом атмосферного воздуха. В результате этого процесса температура в перерабатываемой массе поднимается выше + 60°C, что губительно влияет на личинки и куколки мух, яйца гельминтов и патогенную микрофлору. Большой вклад в разработку технологии биоферментации и ее адаптации к условиям хозяйств внес авторский коллектив Всероссийского НИИ мелиорированных земель (ВНИИМЗ), п. Эммаус, Тверская область, под руководством академика Н. Г. Ковалева. Данная технология позволяет в короткие сроки получить продукт заданного качества (Ковалев Н. Г., Барановский И. Н. Органические удобрения в XXI веке (Биоконверсия органического сырья): монография. Тверь: Чу До, 2006. 304 с.).

Смесь конского и козьего навоза была загружена в экспресс-тестеры. Выполнен замер массы и температуры смеси в каждом экспресс-тестере. Масса компонентов определялась с помощью весов SMART SENSOR, температура смеси – с помощью термометра ТЦМ 9410/M2 с термощупом.

Подачу воздуха в экспресс-тестеры осуществляли при помощи компрессора Илком РК 102-10-50 мощностью 2,2 кВт. Режим аэрации смеси был установлен на основании ранее проведенных исследований ферментации органических отходов со схожими свойствами: время аэрации – 7 минут в час; скорость аэрации 5,5 м/с; интервал перемешивания – 12 часов. Температура подаваемого воздуха соответствовала температуре окружающей среды и составляла в среднем +17°C [10].

В качестве основного индикатора успешного протекания процесса аэробной ферментации смеси в органическое удобрение выбрана температура, достигаемая ферментируемым материалом в процессе саморазогрева за счет активности мезофильной и термофильной микрофлоры. Оптимальная температура ферментации находится в диапазоне от +55 до +60°C.

Летом 2022 года в фермерском хозяйстве были отобраны пробы конского и козьего навоза на глубокой подстилке (рисунок 1). Для исследования использовался навоз текущего года.

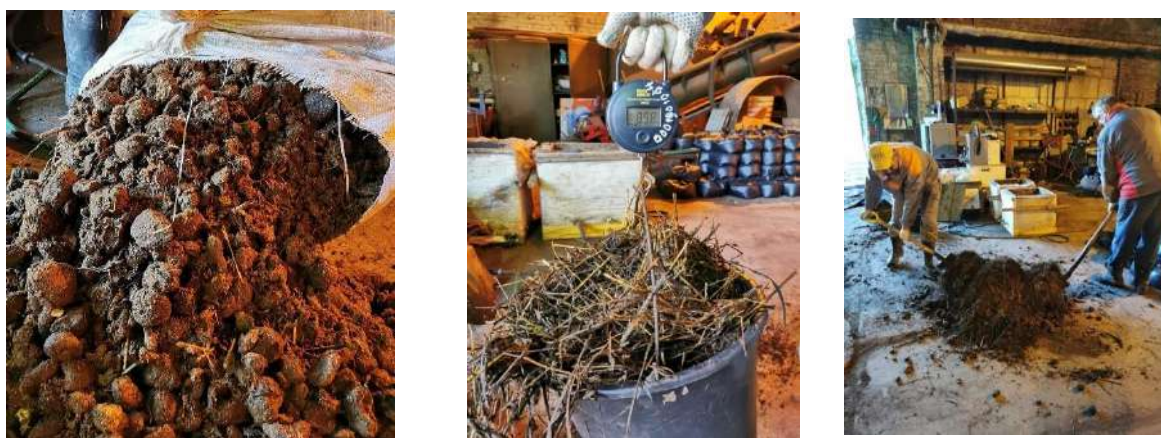


Рисунок 1 – Подготовка смеси перед загрузкой в два экспресс-тестера
Figure 1 – Preparation of the mixture before loading into the two express testers

Результаты. В результате расчетов определили, что для протекания процесса аэробной ферментации необходимо на одну долю козьего навоза на глубокой подстилке использовать две доли конского навоза (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты анализа конского и козьего навоза на глубокой подстилке, 2022 год
Table 1 – Results of analysis of horse manure and deep-bedding goat manure, 2022

Показатель / Index	Размерность / Dimension	Компонент смеси / Mix Component	
		Конский навоз / Horse manure	Козий навоз / Goat manure
Влажность	%	78,86	68,94
pH		8,30	9,55
NO ₃ ⁻ (на продукт с исходной влажностью / per product with initial moisture)	мг/кг	7,02	804,33
NH ₄ (на продукт с исходной влажностью / per product with initial moisture)	мг/кг	286,53	1176,82
N _{общ} (на продукт с исходной влажностью / per product with initial moisture)	мг/кг	2445,9	6805,2
P _{общ} (на продукт с исходной влажностью / per product with initial moisture)	мг/кг	623,70	1555,00
Зола (на сухой продукт) / Ash (dry product)	%	12,89	18,11
Углерод (на сухой продукт) / Carbon (per dry product)	%	43,55	40,94

При расчете оптимального состава смеси основывались в соответствии с РД-АПК 1.10.15.02-17* на следующих значениях: влажность смеси 70-75%, отношение С/Н (20-30):1. В 1 кг конского навоза содержится 0,0024459 кг азота и 0,0920647 кг углерода. В 1 кг козьего навоза содержится 0,0068052 кг азота и 0,12715964 кг углерода. Готовая смесь будет иметь требуемые значения по влажности и С/Н при смешивании конского и козьего навоза в пропорциях 2:1 соответственно.

Для проведения эксперимента было смешано 15 кг козьего навоза и 30 кг конского навоза с последующей загрузкой в два экспресс-тестера по 22,5 кг смеси.

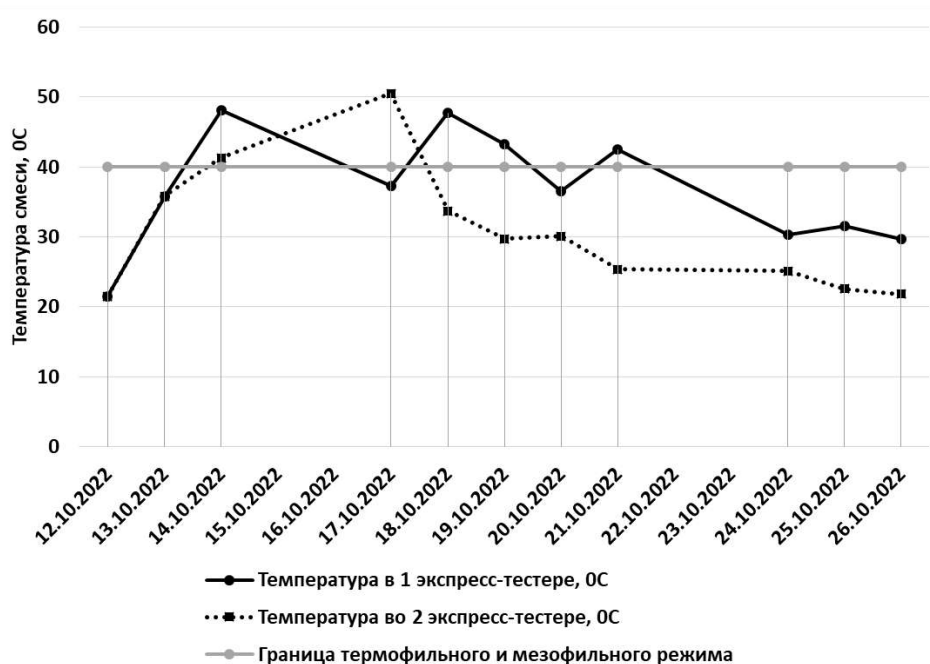


Рисунок 2 – Динамика изменения температурного режима (первая повторность)

Figure 2 – Dynamics of temperature regime variation (first replication)

Высокая динамика роста температуры в экспресс-тестерах объясняется благоприятными внешними факторами и рациональными исходными характеристиками смеси – влажностью и отношением углерода к азоту (рисунок 2).

В первом экспресс-тестере температура менялась скачкообразно между термофильным (выше +40°C) и мезофильным (ниже +40°C) режимами. На 9-е сутки ферментации температура стала стабильно падать, что свидетельствовало о затухании ферментационных процессов. Во втором экспресс-тестере смесь до 6 суток находилась в термофильном режиме, на 7-е сутки перешла в мезофильный режим и ферментируемые процессы начали затухать – с 8-х суток ферментации температура не поднималась выше +30°C.

Установлено, что в обоих экспресс-тестерах была достигнута и стабильно поддерживалась температура, необходимая для устойчивого функционирования мезофильных микроорганизмов (выше +25°C). Также был отмечен переход в термофильную фазу (выше +40°C) – на третьи сутки ферментации температура в первом экспресс-тестере составила 48,1°C, во втором – 41,3°C. Для гарантированного обеззараживания и завершения процесса переработки смесь должна находиться в термофильном режиме при температуре 53-58°C не менее суток при достижении данного температурного режима во всех слоях смеси. При нестабильности процесса или недостижении температурного порога в 53-58°C, срок переработки увеличивается до 5 и более суток [11].

Недостижение в экспресс-тестерах режима гарантированного обеззараживания (+55°C) объясняется малым объемом экспресс-тестеров и, соответственно, недостаточностью массы для полноценного разогрева смеси.

В соответствии с работами Ковалева Н. Г., в которых отражены технологии ускоренной биоконверсии навоза и помета, достижение режима гарантированного обеззараживания (+55°C) может быть осуществлено за счет увеличения объема загружаемой смеси (Рабинович Г. Ю., Ковалев Н. Г. Биоконверсионные технологии получения и использования биомелиорирующих средств // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2010. № 1. С. 24-26.). При этом, как показывает опыт ранее проведенных исследований, полученная динамика разогрева смеси свидетельствует о возможности масштабирования процесса и переходу к более стабильному протеканию биоферментации на установках с требуемой для хозяйств производительностью.

При выгрузке не наблюдали запаха аммиака, присутствовало паровыделение. Количественные и качественные характеристики загружаемой и выгружаемой смеси представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Количественные и качественные характеристики загружаемой и выгружаемой смеси
Table 2 – Quantitative and qualitative characteristics of the mixture to be loaded and discharged

Показатель / Index	Размерность / Dimension	Компонент / Component		
		Загружаемая смесь / Feed mixture	Выгружаемая смесь из экспресс-тестера 1 / Discharged Mix from Rapid Tester 1	Выгружаемая смесь из экспресс-тестера 2 / Discharged Mix from Rapid Tester 2
Влажность / Humidity	%	70,45	70,77	65,45
pH		9,30	9,18	9,47
NO ₃ ⁻ (на продукт с исходной влажностью / per product with initial moisture)	мг/кг	275,30	561,24	811,39
NH ₄ (на продукт с исходной влажностью / per product with initial moisture)	мг/кг	769,77	313,36	353,34
N _{общ} (на продукт с исходной влажностью / per product with initial moisture)	мг/кг	5274,7	4440,0	6433,2
P _{общ} (на продукт с исходной влажностью / per product with initial moisture)	мг/кг	1539,20	1331,52	1554,75
Зола (на сухой продукт) / Ash (per dry product)	%	17,30	25,52	25,93
Углерод (на сухой продукт) / Carbon (per dry product)	%	41,35	37,24	37,04

В результате исследований потеря массы смеси в экспресс-тестере 1 составила 20,4%, в экспресс-тестере 2 – 25,3%. Масса азота в выгружаемой смеси в экспресс-тестере 1 составила 0,07 кг (потери азота составили 36%), в экспресс-тестере 2 – 0,11 кг (потери азота составили 9,1%). Масса углерода в выгружаемой смеси в экспресс-тестере 1 составила 1,95 кг (потери углерода составили 29,1%), в экспресс-тестере 2 – 2,15 кг (21,8%). В итоге при переработке сохранилось более 60% питательных веществ.

Расчет по статическим данным крестьянско-фермерских хозяйств Российской Федерации за 2022 год показал, что при переработке навоза методом пассивного компостирования теряется за год до 12,9 тысяч тонн азота, а при биоферментации – до 5,2 тысяч тонн.

С учетом полученных результатов исследований была разработана конструкция биоферментатора, позволяющая обеспечить процесс эффективной переработки смеси конского и козьего навоза для небольших фермерских и личных подсобных хозяйств (рисунок 3).

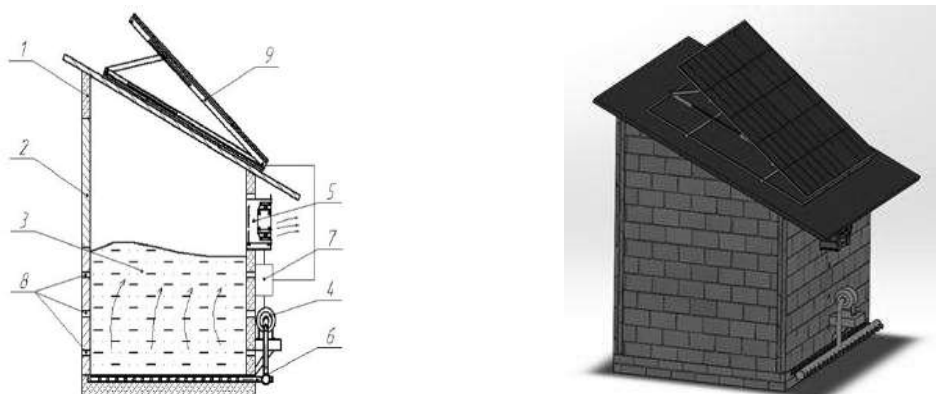


Рисунок 3 – Биоферментационная установка камерного типа

1 – биоферментатор; 2 – ворота; 3 – перерабатываемый материал; 4 – напорный вентилятор ВЦ 14-46 2,2 кВт; 5 – вытяжной вентилятор; 6 – перфорированный воздуховод; 7 – блок управления; 8 – отверстия для замера температуры и содержания кислорода; 9 – комплект: солнечная панель, контроллер заряда, аккумуляторная батарея, инвертор

Figure 3 – Chamber type fermentation installation

1 – fermenter; 2 – gates; 3 – processed material; 4 – pressure fan ВЦ 14-46 of 2,2 kW; 5 – exhaust fan; 6 – perforated air duct; 7 – control unit; 8 – holes for measuring temperature and oxygen content; 9 – kit: solar panel, charge controller, rechargeable battery, inverter

Для обеспечения функционирования биоферментационной установки при отсутствии электроснабжения предусмотрено ее оснащение комплектом солнечных панелей, контроллером заряда, аккумуляторной батареей и инвертором.

Габариты биоферментационной установки – 2,5х2х3 м. Они могут меняться в зависимости от требуемой производительности. Разработанный модуль позволяет перерабатывать до одной тонны органических отходов в сутки и обеспечивает потребность хозяйства с различным поголовьем животных: 1) 20 лошадей; 2) 10 лошадей и 100 коз; 3) 20 коров; 4) 50 свиней и 100 коз. При замешивании компонентов необходимо соблюдать требования к загружаемой в установку смеси. Полученное в результате переработки высокоэффективное органическое удобрение может использоваться в самом хозяйстве или реализовываться другим потребителям. Рыночная стоимость удобрений аналогичного качества составляет не менее 10-15 руб. за кг [9].

Обсуждение. Обзор российской и зарубежной научной литературы показал, что как конский, так и козий навоз чаще всего рассматриваются, причем по отдельности, в качестве добавки для создания различных субстратов и удобрений в производственных или исследовательских целях [12, 13]. В более широких масштабах действующие производственные системы переработки конского навоза основаны на выработке тепловой энергии для хозяйственных нужд конного комплекса. Технология термопереработки конюшенной биомассы развивается в 2-х направлениях: сжигание сырого конского навоза или производство пеллет с последующим использованием в качестве топлива и удобрения. Более широкое применение козий навоз в качестве удобрения находит в странах Азии [14].

Российское мелкотоварное (фермерское) хозяйство подразумевает в большинстве случаев локализацию на одной площадке небольшого поголовья сразу нескольких видов животных, в том числе мелкого рогатого скота и лошадей. Поэтому определение количественных и качественных характеристик навоза мелкого рогатого скота и лошадей, а также получаемого на его основе органического удобрения, является востребованным и актуальным.

По результатам исследований переработки навоза других сельскохозяйственных животных установлено, что одной из наиболее перспективных технологий является аэробная биоферментация в установках закрытого типа [15-17]. Она позволяет сократить сроки переработки сырья в удобрение и снизить негативное воздействие на окружающую среду при минимальных финансовых затратах.

В ранее проведенных исследованиях установлено, что переработка навоза в установках закрытого типа позволяет исключить влияние внешних факторов (температура и осадки) на процесс переработки и обеспечить получение продукта заданного качества [18, 19].

Полученные результаты анализа конского и козьего навоза на глубокой подстилке позволили обосновать оптимальный состав смеси, загружаемый в биоферментатор: одна доля козьего навоза и две доли конского. Критериями оптимизации выступали влажность и отношение С/Н. Полученная смесь по результатам анализа удовлетворяет требованиям к смеси, представленным в РД-АПК 1.10.15.02-17* «Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помёта».

Заключение. В результате исследований установлено, что для протекания стабильного процесса аэробной ферментации смеси конского и козьего навоза на глубокой подстилке при влажности смеси в диапазоне 55-70% и отношении С/Н в диапазоне 25-35, перед загрузкой компоненты смеси необходимо измельчить, а затем смешать в пропорции 2:1. После загрузки смеси, аэробной режим ферментации запускается и выходит на термофильный режим (температура смеси выше +40°C), в результате которого при росте количества термофильных бактерий часть энергии выделяется в виде тепла и происходит дальнейший разогрев ферментируемого материала. Это обеспечивает стабильный процесс переработки и обеззараживания перерабатываемой смеси. При этом в процессе аэробной ферментации сохранность азота составила до 60% при уменьшении массы смеси до 30% за счет снижения влажности на 6,5%.

Расчет по статистическим данным крестьянско-фермерских хозяйств Российской Федерации за 2022 год показал, что при переработке конского и козьего навоза методом пассивного компостирования теряется за год до 12,9 тысяч тонн азота, а при биоферментации – до 5,2 тысяч тонн.

Рассмотренный способ переработки навоза сокращает сроки переработки сырья в высококачественное органическое удобрение и снижает негативное воздействие на окружающую среду за счет сохранения питательных веществ.

Conclusions. According to the study results, the stable aerobic fermentation of horse manure and deep-bedding goat manure mix takes place under humidity of 55-70% and C/N ratio of 25-35. The components need to be chopped before loading into a fermenter and mixed in 2:1 proportion. After loading, aerobic fermentation starts and enters the thermophilic mode under the mix temperature above + 40°C. Then, expansion of thermophilic bacteria releases a part of the energy as heat for further warming up the fermented material. This ensures a stable processing and disinfection of the mix. In the study, the aerobic fermentation resulted in up to 60% saved nitrogen under 30% drop of the mix weight due to 6.5% decrease of moisture content. The study performed a calculation based on statistical data on horse and goat manure processing in the Russian peasant (private) farms in 2022. The results were that up to 12.9 thousand tons of nitrogen were lost per year during the passive composting of manure, and only up to 5.2 thousand tons – during fermentation. The proposed method reduces the converting time of raw materials into high quality organic fertilizers and mitigates the negative environmental effect through manure nutrients preservation.

Библиографический список

1. Набиева А. Р. Хозяйства населения и крестьянские (фермерские) хозяйства в системе кооперации: преимущества и перспективы. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14. № 1 (68). С. 116-126.
2. Енчинов Э. В., Торусев Э. Г. Животноводство в домашних хозяйствах населения низкогорья Республики Алтай. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Гуманитарные науки». 2021. № 8. С. 23-28. <http://nauteh-journal.ru/files/b00f7907-691a-4b48-99e2-e8837df942d4>
3. Новопашина С. И., Санников М. Ю., Хататаев С. А., Григорян Л. Н., Кизилова Е. И. Состояние и прогноз развития молочного козоводства в Российской Федерации. Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 1. С. 13-15. <https://wool.timacad.ru/jour/article/view/8/8>
4. Кузьмина Е. Е., Самбу-Хоо Ч. С., Монгуш Л. Т. Зональная специализация животноводства республики Тыва. Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2022. №. 12 (189). С. 70-76. <https://cyberleninka.ru/article/n/zonalnaya-spetsializatsiya-zhivotnovodstva-respubliki-tyva1/viewer>
5. Шалавина Е. В., Васильев Э. В., Уваров Р. А. Методы экологически безопасного использования навоза и помёта фермерскими хозяйствами в Ленинградской области. АгроЭкоИнженерия. 2021. № 3 (108). С. 128-140. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47145863&ysclid=lu8a2ikwrs496610401>
6. Roy D., Kumar Gunri S., Neogi S., Ali O., Sharma J., Bhadu A., Singh B. Effect of microbes in enhancing the composting process: A Review. International Journal of Plant & Soil Science. 2022. Vol. 34 (23). Pp. 630-641.
7. Nordahl S. L., Preble C. V., Kirchstetter T. W., Scown C. D. Greenhouse gas and air pollutant emissions from composting. Environmental Science & Technology. 2023. Vol. 57. Pp. 2235-2247.
8. Chai K. F., Ng K. R., Samarasiri M., Chen W. N. Precision fermentation to advance fungal food fermentations. Current Opinion in Food Science. 2022. Vol. 47. P. 100881.
9. Романов А. С., Васильев Э. В. Анализ интенсивных технологий переработки побочных продуктов животноводства с внедрением альтернативных источников энергии. Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 4 (48). С. 90-97. <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=tzjnns>

10. Шалавина Е. В., Уваров Р. А., Васильев Э. В., Фрейдкин И. А. Результаты поисковых экспериментов биоферментации твердой фракции свиного навоза. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 2 (99). С. 326-334.
11. Садчиков А.В., Кокарев Н.Ф. Оптимизация теплового режима в биогазовых установках. Фундаментальные исследования. 2016. № 2-1. С. 90-93. <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=vlddxx>
12. Захарова О. А., Евсенкин К. Н., Кучер Д. Е., Мусаев Ф. А., Пашканг Н. Н. Санитарная безопасность удобрительного мелиоранта на основе козьего навоза. Природообустройство. 2022. № 2. С. 29-35.
13. Свергузова С. В., Шайхиев И. Г. Переработка навоза с использованием личинок мухи *Hermetia Illucens*. Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования: сб. докл. Всероссийская. науч. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2021. С. 262-268. https://elibrary.ru/download/elibrary_46814937_24774911.pdf
14. Batubara S. F., Santoso A. B., El Ramija K. Potential of goat manure as organic fertilizer in North Sumatera. BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 33. P. 05001.
15. Шалавина Е. В., Васильев Э. В. Исследование процесса биоферментации органических отходов свиноводческого комплекса с последующей сушкой и грануляцией. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 2 (99). С. 310-317.
16. Su J-J., Huang H-C., Chen Y-C., Shih M-Y. A design of a solar fermentation system on chicken manure by fuzzy logic temperature control. Applied Sciences. 2021. Vol. 11 (22). P. 10703.
17. Khairunisa B. H., Loganathan U., Ogejo J. A., Mukhopadhyay B. Nitrogen transformation processes catalyzed by manure microbiomes in earthen pit and concrete storages on commercial dairy farms. Environmental Microbiome. 2023. Vol. 18 (32).
18. Mengqi Z., Shi A., Ajmal M., Ye L., Awais M. Comprehensive review on agricultural waste utilization and high temperature fermentation and composting. Biomass Conversion and Biorefinery. 2021. V. 13. Pp. 5445-5468.
19. Salomon E., Tidåker P., Bergström Nilsson S. Flows and budgets of nutrients and potentially toxic elements on four Swedish organic farms using digestate from agricultural residues. Organic Agriculture. 2022. V. 12 (3). Pp. 279-292.

References

1. Nabieva A. R. Advantages and prospects of the system of cooperation between farm household economies and peasant farm enterprises. Vestnik of Voronezh State Agrarian University. 2021. V. 14. No. 1 (68). Pp. 116-126.
2. Enchinov E. V., Torushev E. G. Livestock breeding in households of the population of the low mountains of the Altai Republic. Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice: Humanities Series. 2021. No. 8. Pp. 23-28. <http://nauteh-journal.ru/files/b00f7907-691a-4b48-99e2-e8837df942d4>.
3. Novopashina S. I., Sannikov M. Yu., Khatataev S. A., Grigoryan L. N., Kizilova E. I. State and forecast of dairy goat breeding development in the Russian Federation. Sheep, Goats, Wool Business. 2020. No. 1. Pp. 13-15. <https://wool.timacad.ru/jour/article/view/8/8>
4. Kuzmina E. E., Sambu-Hoo Ch. S., Mongush L. T. Zone specialization of livestock breeding of the Tuva Republic. The Bulletin of KrasGAU. 2022. No. 12 (189). Pp. 70-76. <https://cyberleninka.ru/article/n/zonalnaya-spetsializatsiya-zhivotnovodstva-respubliki-tyva1/viewer>
5. Shalavina E. V., Vasilev E. V., Uvarov R. A. Methods for environmentally safe use of animal/poultry manure on private farms in the Leningrad Region. AgroEcoEngineering. 2021. No. 3 (108). Pp. 128-140. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47145863&ysclid=lu8a2ikwrs496610401>
6. Roy D., Kumar Gunri S., Neogi S., Ali O., Sharma J., Bhadu A., Singh B. Effect of microbes in enhancing the composting process: A Review. International Journal of Plant & Soil Science. 2022. Vol. 34 (23). Pp. 630-641.
7. Nordahl S. L., Preble C. V., Kirchstetter T. W., Scown C. D. Greenhouse gas and air pollutant emissions from composting. Environmental Science & Technology. 2023. Vol. 57. Pp. 2235-2247.
8. Chai K. F., Ng K. R., Samarasiri M., Chen W. N. Precision fermentation to advance fungal food fermentations. Current Opinion in Food Science. 2022. Vol. 47. P. 100881.
9. Romanov A. S., Vasilev E. V. Analysis of livestock's by-products processing intensive technologies at the alternative energy sources introducing. Machinery and Technologies in Livestock Production. 2022. No. 4 (48). Pp. 90-97. <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=tzjnns>
10. Shalavina E. V., Uvarov R. A., Vasilev E. V., Freidkin I. A. Pilot study findings of bio-fermentation of the solid fraction of pig manure. 2019. № 2 (99). Pp. 326-334.
11. Sadchikov A. V., Kokarev N. F. Optimization of the thermal regime in biogas plants. Fundamental Research. 2016. № 2-1. Pp. 90-93. <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=vlddxx>
12. Zakharova O.A., Kucher D.E., Evsenkin K.N., Musaev F.A., Pashkang N.N. Sanitary safety of fertilizer meliorant based on goat manure. / Prirodoobustroystvo. 2021. No. 2. Pp. 29-35.
13. Sverguzoza S. V., Shaykhiev I. G. Manure processing using larvae of the fly *Hermetia Illucens*. In: Safety, protection and conservation of the natural environment: fundamental and applied research: Proc. All-Russian Sci. Conf. 2021. Pp. 262-268. https://elibrary.ru/download/elibrary_46814937_24774911.pdf
14. Batubara S. F., Santoso A. B., El Ramija K. Potential of goat manure as organic fertilizer in North Sumatera. BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 33. P. 05001.
15. Shalavina E. V., Vasilev E. V. Study of bio-fermentation of organic waste from the pig complex with subsequent drying and granulation. 2019. No. 2 (99). Pp. 310-317.
16. Su J-J., Huang H-C., Chen Y-C., Shih M-Y. A design of a solar fermentation system on chicken manure by fuzzy logic temperature control. Applied Sciences. 2021. Vol. 11 (22). P. 10703.
17. Khairunisa B. H., Loganathan U., Ogejo J. A., Mukhopadhyay B. Nitrogen transformation processes catalyzed by manure microbiomes in earthen pit and concrete storages on commercial dairy farms. Environmental Microbiome. 2023. Vol. 18 (32).

18. Mengqi Z., Shi A., Ajmal M., Ye L., Awais M. Comprehensive review on agricultural waste utilization and high temperature fermentation and composting. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2021. V. 13. Pp. 5445-5468.

19. Salomon E., Tidåker P., Bergström Nilsson S. Flows and budgets of nutrients and potentially toxic elements on four Swedish organic farms using digestate from agricultural residues. *Organic Agriculture*. 2022. Vol. 12 (3). Pp. 279-292.

Информация об авторах

Брюханов Александр Юрьевич, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, директор Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиала Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (Российская Федерация, 196634, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътовское ш., д. 3), e-mail: sznii@ya.ru

Шалавина Екатерина Викторовна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела анализа и прогнозирования экологической устойчивости агроэкосистем Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, 196634, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътовское ш., д.3), e-mail: shalavinaev@mail.ru

Васильев Эдуард Вадимович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела анализа и прогнозирования экологической устойчивости агроэкосистем Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, 196634, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътовское ш., д. 3), e-mail: sznii6@ya.ru

Author's Information

Briukhanov Aleksander Yuryevich, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering Sciences, Director of Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Shosse, 3), e-mail: sznii@yandex.ru

Shalavina Ekaterina Viktorovna, Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher, Department of Analysis and Forecasting of Environmental Sustainability of Agroecosystems, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Shosse, 3), e-mail: shalavinaev@mail.ru

Vasilev Eduard Vadimovich, Candidate of Engineering Sciences, Leading Researcher, Department of Analysis and Forecasting of Environmental Sustainability of Agroecosystems, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (Russian Federation, 196634, Saint Petersburg, Tiarlevo, Filtrovskoje Shosse, 3), e-mail: sznii6@ya.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-35

POTENTIAL POSSIBILITIES OF INTERFEROMETRY FOR THE ANALYSIS OF BLACK CURRANT HYBRIDS

^{1,2}Budagovskaya O. N., ¹Zhidekhina T. V.

¹*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center named after I. V. Michurin»*

²*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education*

«Michurinsk State Agrarian University»

Michurinsk, Russian Federation

Corresponding author E-mail: budagovsky@mail.ru

Received 28.05.2024

Submitted 18.07.2024

The research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of I.V. Michurin Federal Scientific Center (theme No. FNSU-2022-0001)

Summary

The article presents the results of using the interferometric method to diagnose the type of splitting in hybrid black currant families based on morphological characteristics. It was revealed that the splitting of light scattering coherence is almost identical to the splitting of the ratio of the thickness of columnar parenchyma to spongy parenchyma, and the intensity of light scattering is identical to the thickness of the leaf. The interferometric method for assessing the intensity and degree of coherence of light scattering from leaves can be recommended both for early non-destructive diagnostics of the splitting of morphological characteristics of hybrids instead of labor-intensive anatomical ones, and for assessing the constancy and uniformity of black currant varieties and breeding samples.

Abstract

Introduction. It consists of studying the potential of interferometry as a non-destructive method for assessing the type of splitting of hybrids based on leaf thickness and the ratio of the heights of columnar and spongy parenchyma, instead of labor-intensive anatomical ones. **Object.** Hybrids obtained from crossing black currant varieties characterized by consistently high [B] (Seedling Golubki, els 15-14-29), medium [C]

(Bagira, Sozvezdie) and low [H] (Ben Alder) level of net photosynthetic productivity (NPF) leaves. **Materials and methods.** The studies were carried out at experimental sites of the department of berry crops of the Federal State Budgetary Institution "FSC I. V. Michurin." In the second ten days of July (phase of autotrophic development), the following indicators were studied in hybrids: leaf thickness, ratio of height of columnar to spongy parenchyma, optical parameters of light scattering in the mode of transmitting laser radiation through the leaf blade. The thickness of the leaves and the height of the columnar and spongy parenchyma were measured tenfold using a BIOLAM microscope equipped with a screw eyepiece micrometer MOV-1-15. To assess the degree of spatial coherence and the average intensity of light scattering, a modified polarization shear interferometer developed at the Engineering Center of the I. V. Michurin Federal Scientific Center was used. **Results and conclusion.** It was revealed that the dominant-recessive type of splitting 3:1 in optical and anatomical indicators responsible for the NPF of leaves in favor of the gene that controls high productivity is satisfied only by the B×B crossing options. For hybrids of all crossing options, the splitting of light scattering coherence (G) is almost identical to the splitting of the ratio of the thickness of columnar parenchyma to spongy parenchyma, and the splitting of light scattering intensity is identical to the leaf thickness. The interferometric method for analyzing the intensity and degree of coherence of light scattering by leaves can be recommended both for express diagnostics of hybrid offspring, and for assessing the constancy and homogeneity of black currant varieties and breeding samples, as well as for studying their morphological features.

Keywords: black currant, hybridological analysis, hybrids of black currant, black currant varieties, selection of black currant.

Citation. Budagovskaya O. N., Zhidekhina T. V. Potential possibilities of interferometry for the analysis of black currant hybrids. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 320-327 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-35.

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

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

УДК 634.721:631.526.325:631.787

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ГИБРИДОВ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ

^{1,2}Будаговская О. Н., доктор технических наук, ведущий научный сотрудник
¹Жидехина Т. В., кандидат сельскохозяйственных наук, зам. директора по науке

¹ФГБНУ "Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина"

²ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»
г. Мичуринск, Российская Федерация

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ "Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина" (тема № FNSU-2022-0001)

Актуальность. Заключается в изучении потенциальных возможностей интерферометрии в качестве неразрушающего метода оценки типа расщепления гибридов по толщине листа и отношению высот столбчатой и губчатой паренхим взамен трудоемких анатомических. **Объекты.** Гибриды, полученные от скрещивания сортов смородины черной, характеризующихся стабильно высоким [B] (Сеянец Голубки, 15-14-29), средним [C] (Багира, Созвездие) и низким [H] (Ben Alder) уровнем чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) листьев. **Материалы и методы.** Исследования выполняли на экспериментальных участках отдела ягодных культур ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина». Во второй декаде июля (фаза аутотрофного развития) у гибридов были исследованы следующие показатели: толщина листьев, отношение высоты столбчатой к губчатой паренхиме, оптические параметры светорассеивания в режиме пропускания лазерного излучения через листовую пластинку. Толщину листьев и высоту столбчатой и губчатой паренхим измеряли в десятикратной повторности с помощью микроскопа БИОЛАМ, оснащенного окулярным винтовым микрометром МОВ-1-15. Для оценки степени пространственной когерентности и средней интенсивности светорассеивания использовали модифицированный поляризационный интерферометр сдвига, разработанный в Инженерном Центре ФНЦ им. И. В. Мичурина. **Результаты и выводы.** Выявлено, что доминантно-рецессивному типу расщепления 3:1 по оптическим и анатомическим показателям, отвечающим за ЧПФ листьев в пользу гена, контролирующего высокую продуктивность, удовлетворяют только варианты скрещивания В×В. Для гибридов всех вариантов скрещивания расщепление когерентности светорассеяния (G) практически идентично расщеплению отношения толщины столбчатой паренхимы к губчатой паренхиме, а расщепление интенсивности светорассеяния – толщине листа. Интерферометрический ме-

тод анализа интенсивности и степени когерентности светорассеяния листьями может быть рекомендован как для экспресс-диагностики гибридного потомства, так и для оценки постоянства и однородности сортов смородины черной и селекционных образцов, а также для изучения их морфологических особенностей.

Ключевые слова: смородина черная, гибридологический анализ, гибриды смородины черной, сорта смородины черной, селекция смородины черной.

Цитирование. Будаговская О. Н., Жидехина Т. В. Потенциальные возможности интерферометрии для анализа гибридов смородины черной. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 320-327. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-35.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Современная задача создания новых сортов смородины черной – получение форм, обладающих высокой и стабильной продуктивностью, устойчивостью к вредителям и болезням, отличным качеством плодов [1, 2, 3]. Известно, что сорта, удовлетворяющие вышеуказанным требованиям, отличаются высоким уровнем чистой продуктивности фотосинтеза листьев, которое, в свою очередь, зависит от таких морфофизиологических характеристик, как размер и толщина листовой пластинки, содержание хлорофилла и соотношение высоты столбчатой к губчатой паренхиме. Последний параметр чрезвычайно важен, и пока нет, кроме трудоемкого анатомического препарирования, другой альтернативы для его оценки. В последнее время уделяют большое внимание оптическим неразрушающим методам экспресс-диагностики различных морфофизиологических параметров растений [4, 5, 6]. Они позволяют существенно сократить объемы трудоемких и дорогостоящих операций, а также сохранить объекты для последующего анализа. В этом отношении весьма перспективны методы интерферометрии, основанные на использовании фазовых характеристик рассеянного объектом лазерного излучения, так как они отличаются высокой чувствительностью [7, 8, 9]. Ранее было показано, что интенсивность и когерентность лазерного излучения, отраженного листьями различных растений, тесно связаны с микроструктурными особенностями их строения и в значительной степени зависят от вида, сорта растений и их функционального состояния (Будаговская О. Н. Лазерно-оптические методы и технические средства многопараметрической диагностики растений и плодов // Дисс... д.т.н. – Москва, 2013. – 407 с.).

Цель исследований – изучение потенциальных возможностей интерферометрического метода для ранней диагностики типа наследования морфологических параметров в гибридных семьях смородины черной.

Научная новизна. Впервые показана связь параметров светорассеяния лазерного пучка с морфофизиологическими показателями растительной ткани, обуславливающими уровень чистой продуктивности фотосинтеза. Расщепление когерентности светорассеяния (G) практически идентично расщеплению отношения толщины столбчатой паренхимы к губчатой, что позволяет провести гибридологический анализ новых генотипов, не прибегая к трудоемкой методике анатомического препарирования листьев.

Материалы и методы. Объектом исследования служили гибриды, полученные от скрещивания сортов смородины черной, характеризующихся стабильно высоким [B] (Сеянец Голубки, элс 15-14-29), средним [C] (Багира, Созвездие) и низким [H] (Ben Alder) уровнем чистой продуктивности фотосинтеза листьев. Исследования выполняли на экспериментальных участках отдела ягодных культур ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина». Почва опытного участка черноземно-луговая, тяжелосуглинистая с содержанием гумуса 4,4%, со слабокислой (рН=5,7 ед.) реакцией. Содержание легкогидролизуемого азота в гумусовом горизонте составляет 107,2 мг/кг почвы, подвижных форм фосфора и калия – 181,0 и 126,0 мг/кг почвы, соответственно. Главными положительными особенностями погодных условий в период проведения исследований были мягкая зима и высокая сумма тепла, накопленного за вегетационный период, отрицательными – весенние холода в апреле, избыток влаги в III декаде апреля – декаде мая и засушливые условия июля-августа.

Во второй декаде июля (фаза аутотрофного развития) у экспериментальных растений были исследованы следующие показатели: толщина листьев, соотношение высоты столбчатой к губчатой паренхиме, оптические параметры светорассеивания в режиме пропускания лазерного излучения через листовую пластинку. Толщину листьев и высоту столбчатой и губчатой паренхимы измеряли в десятикратной повторности с помощью микроскопа БИОЛАМ, оснащенного окулярным винтовым микрометром МОВ-1-15. Для исследований использовали третий-четвертый лист от начала однолетнего прироста по всей окружности кроны куста, всего – 45-50 листьев.

Для анализа параметров светорассеивания использовали модифицированный поляризационный интерферометр сдвига [10], разработанный в Инженерном Центре ФНЦ им. И. В. Мичурина. Он позволяет одновременно регистрировать как амплитудные (энергетические), так и фазовые (статистические) характеристики рассеянного листьями излучения. В качестве источника зондирующего когерентного излучения использовали полупроводниковый лазер типа HLDPM (Huey Jann Electronics, Китай), с длиной волны зондирующего излучения 650 нм, диаметром пучка 4 мм и мощностью 3 мВт. Сущность интерферометрического метода измерений заключается в Фурье-преобразовании пространственного спектра плоской монохроматической волны, рассеянной исследуемым объектом¹. В результате получается интерференционная картина (ИК), контраст которой прямо пропорционален степени пространственной когерентности светорассеяния (G). С помощью фотоприемника определяли максимум и минимум интенсивности светорассеяния интерференционной картины (I_{max} , I_{min}), затем рассчитывали среднюю интенсивность светорассеяния: $I_{aver} = (I_{max} + I_{min})/2$ и степень пространственной когерентности светорассеяния: $G = (I_{max} - I_{min})/(I_{max} + I_{min})$. Для измерений использовали наиболее типичные листья (по три с опытного растения) без видимых признаков механических или биологических повреждений. Параметры светорассеяния измеряли в режиме пропускания в средней зоне листа, между крупными жилками. Для каждого гибридного сеянца оптические характеристики определяли по результатам усреднения не менее, чем 16 зон измерения в средней части листа. Число растений, полученных в вариантах скрещиваний В × В, составило 23 ед.; в вариантах В × С и С × В – 30 шт. и в вариантах скрещивания В × Н и Н × В было исследовано 29 гибридных сеянца.

Математический анализ и обработку данных осуществляли с помощью программы Excel.

Результаты и их обсуждение. Исследования продуктивности растений, в том числе и смородины черной, в первую очередь касаются изучения фотосинтетических особенностей сортов [11-14], реже – перспектив их использования в селекционном процессе [15-18]. В ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина» проведены исследования, когда в селекционном процессе, в каждой комбинации скрещивания использовали сорта, характеризующиеся стабильно высокими показателями чистой продуктивности фотосинтеза листьев. Это обусловлено тем, что в гибридном потомстве стремятся добиться доминантно-рецессивного расщепления фенотипических показателей, отвечающих за ЧПФ листьев в пользу гена, контролирующего высокую продуктивность. Из литературных источников известно, что листья сортов, отличающихся высоким уровнем ЧПФ, характеризуются более высоким соотношением высоты столбчатой паренхимы к губчатой, они толще и содержат больше хлорофилла.

В связи с этим все исследуемые показатели листьев гибридов были распределены на два класса (кармана): достаточно высокий уровень (ДВУ) и недостаточно высокий уровень (НВУ) и затем рассчитывали число «попаданий» измеренных показателей в тот или иной класс (карман). Как известно, для доминантно-рецессивного расщепления характерно известное соотношение фенотипических показателей 3:1.

Потомство варианта скрещивания В × В отличается наибольшим совпадением по желаемому типу расщепления как по толщине листа, так и по соотношению паренхим (таблица 1). Это хорошо согласуется с теоретически ожидаемым результатом гибридо-

¹ Короленко П. В. Когерентная оптика: учебное пособие для вузов. 3-е изд. М.: Юрайт, 2023; 184.

гического анализа потомства от скрещивания двух сортов с высокими уровнями ЧПФ листьев как со стороны материнской, так и отцовской форм. По остальным вариантам скрещивания гипотеза преимущественного наследования фенотипических признаков продуктивных сортов подтверждается по одному показателю.

Таблица 1 – Частота наблюдения фенотипических и оптических показателей гибридов
Table 1 – Frequency of observation of phenotypic and optical characteristics of hybrids

Значения показателей / Indicator values	Наблюдавшаяся частота f_o (ожидаемая частота f_e) / Observed frequency f_o (Expected frequency f_e)		
	$B \times B$	$C \times B + B \times C$	$B \times H + H \times B$
Столбч / губч $\leq 1,5$ / Column / sponge ≤ 1.5	6 (5)	16 (8)	7 (8)
Столбч / губч $\geq 1,6$ / Column / sponge ≥ 1.6	17 (18)	14 (22)	22 (21)
ДВУ:НВУ	17:6	14:16	22:7
Толщина < 200 мкм / Thickness $< 200 \mu m$	4 (5)	9 (8)	16 (8)
Толщина ≥ 200 мкм / Thickness $\geq 200 \mu m$	19 (18)	21 (22)	13 (21)
ДВУ:НВУ	19:4	21:9	13:16
$G < 35 \%$	6 (5)	17 (8)	5 (8)
$G \geq 35 \%$	17 (18)	13 (22)	24 (21)
ДВУ:НВУ	17:6	13:17	24:5
$I_{aver} \geq 90$ усл.ед. / 90 conventional units	6 (5)	11 (8)	18 (8)
$I_{aver} < 90$ усл.ед. / 90 conventional units	17 (18)	19 (22)	11 (21)
ДВУ:НВУ	17:6	19:11	11:18

Далее проанализируем, какие из оптических показателей можно использовать для первичного генетического анализа (например, для определения типа наследования) взамен трудоемких морфологических. Для этого сравним распределение по классам ДВУ:НВУ каждого из оптических параметров с морфологическими показателями (таблица 1). Максимальное сходство данных мы наблюдаем в паре « G – Столбч/губч», что позволяет проводить гибридологический анализ новых генотипов по этому очень важному морфологическому параметру, не прибегая к трудоемкой методике анатомического препарирования листьев.

Распределение средней интенсивности светорассеяния (I_{aver}) по категориям ДВУ:НВУ максимально совпадает с распределением листьев по толщине. Тоже немаловажный факт, способный существенно сократить трудоемкость анализа гибридов по данному признаку. Толщина листа – важный показатель, отражающий анатомо-морфологический потенциал фотосинтезирующего аппарата растений.

Возникает закономерный вопрос: существует ли какая-то специфика значений оптических показателей в зависимости от комбинации скрещивания? Ответом на этот вопрос могут послужить данные, приведенные в таблице 2.

Наиболее выраженным в этом отношении является показатель " I_{aver} " – он наименьший для комбинаций, где все родители имеют стабильно высокий уровень ЧПФ листьев и наибольший, если один из родителей отличается низким уровнем ЧПФ (достоверность различий $P > 0,99$). Поскольку показатель " I_{aver} " определяется как средняя интенсивность светорассеяния интерференционной картины, полученной в режиме пропускания лазерного пучка с длиной волны 650 нм (в области максимального поглощения хлорофилла) через лист, то он характеризует содержание хлорофилла в листьях [19]. При этом, чем меньше величина I_{aver} , тем больше концентрация хлорофилла.

Таблица 2 – Средние значения оптических и морфологических показателей листьев гибридов смородины черной различных вариантов скрещивания

Table 2 – Average values of optical and morphological parameters of leaves of black currant hybrids of various crossing options

Комбинация Скрещивания (число гибридов) / Crossing Combination (Number of Hybrids)	I_{aver} , усл.ед.	G, %	Ст/губч, отн.ед. / St/gubch, rel.unit.	Толщина, Мкм / Thickness, μ m	Балл поражения мучнистой росой / Powdery mildew injury score
B×B (22)	77,2±3,12	38,04±0,8	1,69±0,05	207,8±2,25	0,86±0,11
B×C (7)	81,8±7,26	45,05±3,3	1,63±0,11	197,3±3,17	0,49±0,12
C×B (23)	80,1±5,74	36,06±1,43	1,53±0,04	206,8±2,37	0,64±0,11
B×H (10)	99,6±5,92	45,08±2,4	1,58±0,09	196,4±3,32	0,54±0,21
H×B (17)	94,4±4,03	39,57±0,62	1,74±0,05	198,0±3,62	1,01±0,08

Оптический показатель "G" наибольший для комбинаций скрещивания B × C и B × H, но это может быть обусловлено также и влиянием грибной инфекции, поскольку гибриды этих групп имеют наименьший балл поражения мучнистой росой.

Заключение. На основе данных измерения морфофизиологических и оптических характеристик листьев 72 гибридных сеянцев смородины черной, полученных в результате различных вариантов скрещивания сортов с высоким (В), средним (С) и низким (Н) уровнем чистой продуктивности фотосинтеза, была проведена оценка типа наследования фенотипических признаков продуктивных сортов. Наибольшее приближение расщепления по доминантно-рецессивному сценарию по всем измеренным показателям дает потомство вариантов скрещивания В × В.

Расщепление оптических параметров интерференционной картины практически совпадают с типом расщепления отношения толщины столбчатой паренхимы к губчатой (для G) и толщиной листа (для I_{aver}), что позволяет получать представление о типе наследования этих важнейших морфологических показателей чистой продуктивности фотосинтезирующего аппарата растений без анатомического препарирования листьев. Неразрушающий принцип метода и его высокая производительность позволяют снизить трудоемкость селекционно-генетических исследований.

Conclusions. Based on data from measuring the morphological and optical characteristics of leaves of 72 hybrid black currant seedlings obtained as a result of various crossings of varieties with high (H), medium (M) and low (L) levels of net photosynthetic productivity, the type of inheritance of phenotypic characteristics was assessed characteristics of productive varieties. The closest approximation of splitting according to the dominant-recessive scenario according to all measured indicators is produced by the offspring of the H×H crossing variants.

The splitting of the optical parameters of the interference pattern practically coincides with the type of splitting of the ratio of the thickness of the columnar parenchyma to the spongy parenchyma (for G) and the thickness of the leaf (for I_{aver}), which makes it possible to obtain an idea of the type of inheritance of these most important morphological indicators of the net productivity of the photosynthetic apparatus of plants without anatomical dissection of the leaves. The non-destructive principle of the method and its high productivity make it possible to reduce the labor intensity of selection and genetic research.

Библиографический список

1. Бахотская А. Ю., Князев С. Д. Предварительная оценка нового гибридного материала смородины черной на устойчивость к биотическим факторам. Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 6. С. 37-39.
2. Васильев А. А., Гасымов Ф. М., Глаз Н. В. Ассортимент сортов черной смородины для Южного Урала. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 4. С. 200-204.

3. Sorokopudov V. N., Melkumova E. A., Sorokopudova O. A., Knyazeva I. V., Bamatov I. M. Modern genetic approaches in breeding black currant for resistance to patocomplex. AIP Conference Proceedings. 2022. V. 2467. No 1. P. 020020.
4. Лисицин Е. М., Чуракова С. А. Работа фотосистемы II листьев ярового ячменя под воздействием ионов марганца. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. Т. 24. № 1. С. 66-76.
5. Жука Е. Д., Выродов Д. А., Выродова А. П. Спектры отражения у плодов томата (*Lycopersicon Tourn.*), маркированных разными генами окраски, и их использование в селекции. Сельскохозяйственная биология. 2013. № 1. С. 87-94.
6. Sharma S., Uttam K. N. Early stage detection of stress due to copper on maize (*Zea mays* L.) by laser induced fluorescence and infrared spectroscopy. Journal of applied spectroscopy. 2018. V. 85. No 4. Pp. 771-780.
7. Kim H., Du X., Kim S., Kim P., Wijesinghe R. E., Yun B. J., Kim J. Non-invasive morphological characterization of rice leaf bulliform and aerenchyma cellular regions using low coherence interferometry. Applied Sciences. 2019. V. 9. No 10. P. 2104.
8. Ebrahimi S., Moreno-Pescador G., Persson S., Jauffred L., Bendix P. M. Label-free optical interferometric microscopy to characterize morphodynamics in living plants. Frontiers in Plant Science. 2023. V. 14. P. 1156478.
9. Rajagopalan U. M., Kadono H., Kabir M. Ultrahigh accurate statistical interferometric technique utilizing uniformity of speckle phase in the study of plant physiology. Optical Interactions with Tissue and Cells XXXI. SPIE. 2020. V. 11238. Pp. 144-154.
10. Budagovskaya O. N., Budagovsky A. V. Nondestructive Laser Testing of Fruit. Russian Journal of Nondestructive Testing. 2015. V. 51. No 4. Pp. 236-244.
11. Шавыркина М. А., Чекалин Е. И., Князев С. Д. Оценка фотосинтетической активности сортов и отборных форм смородины черной. Плодоводство и ягодоводство России. 2015. № 4. С. 371-374.
12. Drier S. M., Lawson T., Andralojc P. J., Raines C. A., Parry M. A. J. Natural variation in photosynthetic capacity, growth, and yield in 64 field-grown wheat genotypes. Journal of Experimental Botany. 2014. V. 65. Pp. 4959-4973.
13. Salas-Fernandez M. G., Strand K., Hamblin M. T., Westgate M., Heaton E., Kresovich S. Genetic analysis and phenotypic characterization of leaf photosynthetic capacity in a sorghum (*Sorghum* spp.) diversity panel. Genetic Resources and Crop Evolution. 2015. V. 62. Pp. 939-950.
14. Amelin A. V., Chekalin E. I., Zaikin V. V., Fesenko A. N., Fesenko I. N. Higher yielding varieties of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) with determinate growth habit (single mutation det) manifest higher photosynthesis rate at stage of grain filling. Acta Agriculturae Slovenica. 2020. V. 115. No 1. Pp. 59-65.
15. Zhidyokhina T. Peculiarities of black currant breeding for improvement of photosynthetic parameters of productivity. Horticulture and vegetable growing. Baktai. 2001. V. 20. No 3. Pp. 110-117.
16. Амелин А. В., Фесенко А. Н., Заикин В. В., Чекалин Е. И. О возможности использования в селекции гречихи показателей фотосинтетической деятельности растений. Вестник аграрной науки. 2022. Т. 96. № 3. С. 18-24.
17. Kalaji M. H., Pietkiewicz S. Review: Some physiological indices to be exploited as a crucial tool in plant breeding. Plant Breed and Seeds Science. 2004. V. 49. Pp. 19-39.
18. Calzadilla P. I., Carvalho F. E. L., Gomez R., Neto M. L., Signorelli S. Assessing photosynthesis in plant systems: A cornerstone to aid in the selection of resistant and productive crops. Environmental and Experimental Botany. 2022 V. 201. P. 104950.
19. Shibaeva T. G., Mamaev A. V., Sherudilo E. G. Evaluation of a SPAD-502 plus chlorophyll meter to estimate chlorophyll content in leaves with interveinal chlorosis. Russian Journal of Plant Physiology. 2020. V. 67. Pp. 690-696.

References

1. Bakhotskaya A. Yu., Knyazev S. D. Preliminary Evaluation of a New Hybrid Material of Black Currant for Resistance to Biotic Factors. Bulletin of the Russian Agricultural Science. 2021. № 6. Pp. 37-39.
2. Vasilyev A. A., Gasimov F. M., Glaz N. V. Assortment of Black Currant Varieties for the Southern Urals. Works on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2020. V. 181. № 4. Pp. 200-204.
3. Sorokopudov V. N., Melkumova E. A., Sorokopudova O. A., Knyazeva I. V., Bamatov I. M. Modern genetic approaches in breeding black currant for resistance to patocomplex. AIP Conference Proceedings. 2022. V. 2467. No 1. P. 020020.
4. Lisitsin E. M., Churakova S. A. Photosystem of Spring Barley Leaf II Operation Under the Influence of Manganese Ions. Agrarian Science of the Euro-North-East. 2023. V. 24. № 1. Pp. 66-76.
5. Zhuzha E. D., Vyrodov D. A., Vyrodova A. P. Reflection Spectra in Tomato (*Lycopersicon Tourn.*) Fruits Marked with Different Color Genes and Their Use in Breeding. Agricultural biology. 2013. № 1. Pp. 87-94.
6. Sharma S., Uttam K. N. Early stage detection of stress due to copper on maize (*Zea mays* L.) by laser induced fluorescence and infrared spectroscopy. Journal of applied spectroscopy. 2018. V. 85. No 4. Pp. 771-780.
7. Kim H., Du X., Kim S., Kim P., Wijesinghe R. E., Yun B. J., Kim J. Non-invasive morphological characterization of rice leaf bulliform and aerenchyma cellular regions using low coherence interferometry. Applied Sciences. 2019. V. 9. No 10. P. 2104.
8. Ebrahimi S., Moreno-Pescador G., Persson S., Jauffred L., Bendix P. M. Label-free optical interferometric microscopy to characterize morphodynamics in living plants. Frontiers in Plant Science. 2023. V. 14. P. 1156478.
9. Rajagopalan U. M., Kadono H., Kabir M. Ultrahigh accurate statistical interferometric technique utilizing uniformity of speckle phase in the study of plant physiology. Optical Interactions with Tissue and Cells XXXI. SPIE. 2020. V. 11238. Pp. 144-154.
10. Budagovskaya O. N., Budagovsky A. V. Nondestructive Laser Testing of Fruit. Russian Journal of Nondestructive Testing. 2015. V. 51. No 4. Pp. 236-244.

11. Shavyrkina M. A., Chekalin E. I., Knyazev S. D. Assessment of photosynthetic activity of varieties and selected forms of black currant. Fruit and berry growing in Russia. 2015. № 4. Pp. 371-374.
12. Driever S. M., Lawson T., Andralojc P. J., Raines C. A., Parry M. A. J. Natural variation in photosynthetic capacity, growth, and yield in 64 field-grown wheat genotypes. Journal of Experimental Botany. 2014. V. 65. Pp. 4959-4973.
13. Salas-Fernandez M. G., Strand K., Hamblin M. T., Westgate M., Heaton E., Kresovich S. Genetic analysis and phenotypic characterization of leaf photosynthetic capacity in a sorghum (*Sorghum* spp.) diversity panel. Genetic Resources and Crop Evolution. 2015. V. 62. Pp. 939-950.
14. Amelin A. V., Chekalin E. I., Zaikin V. V., Fesenko A. N., Fesenko I. N. Higher yielding varieties of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) with determinate growth habit (single mutation det) manifest higher photosynthesis rate at stage of grain filling. Acta Agriculturae Slovenica. 2020. V. 115. No 1. Pp. 59-65.
15. Zhidyokhina T. Peculiarities of black currant breeding for improvement of photosynthetic parameters of productivity. Horticulture and vegetable growing. Baktai. 2001. V. 20. No 3. Pp. 110-117.
16. Amelin A. V., Fesenko A. N., Zaikin V. V., Chekalin E. I. On the Possibility of Using Indicators of Photosynthetic Activity of Plants in Buckwheat Breeding. Bulletin of Agrarian Science. 2022. V. 96. № 3. Pp. 18-24.
17. Kalaji M. H., Pietkiewicz S. Review: Some physiological indices to be exploited as a crucial tool in plant breeding. Plant Breed and Seeds Science. 2004. V. 49. Pp. 19-39.
18. Calzadilla P. I., Carvalho F. E. L., Gomez R., Neto M. L., Signorelli S. Assessing photosynthesis in plant systems: A cornerstone to aid in the selection of resistant and productive crops. Environmental and Experimental Botany. 2022 V. 201. P. 104950.
19. Shibaeva T. G., Mamaev A. V., Sherudilo E. G. Evaluation of a SPAD-502 plus chlorophyll meter to estimate chlorophyll content in leaves with interveinal chlorosis. Russian Journal of Plant Physiology. 2020. V. 67. Pp. 690-696.

Информация об авторах

Будаговская Ольга Николаевна, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Инженерного Центра ФГБНУ "Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина" (Российская Федерация, 393774, Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Мичурина, д. 30А), ведущий научный сотрудник научно-исследовательской проблемной лаборатории "Биофотоника" ФГБОУ ВО "Мичуринский государственный аграрный университет" (Российская Федерация, 393760, Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 110), e-mail: budagovsky@mail.ru

Жидехина Татьяна Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе ФГБНУ "Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина"; (Российская Федерация, 393774, Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Мичурина, д. 30А), e-mail: info@fnc-mich.ru

Author's Information

Budagovskaya Olga Nikolaevna, Doctor of Engineering Sciences, leading researcher at the Engineering Center of the "Federal Scientific Center named after I. V. Michurin" (Russian Federation, 393774, Tambov region, Michurinsk, Michurin St., 30A), leading researcher at the research problem laboratory "Biophotonics" of the "Michurinsk State Agrarian University" (Russian Federation, 393760, Tambov region, Michurinsk, Internatsionalnaya St., 110), e-mail: budagovsky@mail.ru

Zhidekhina Tatyana Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, Deputy Director for Research "Federal Scientific Center named after I. V. Michurin" (Russian Federation, 393774, Tambov region, Michurinsk, Michurin St., 30A), e-mail: info@fnc-mich.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-36

OPTIMIZATION OF THE ENERGY CONSUMPTION OF THE FLUIDIZATION MODE WHEN FREEZING BLACK CURRANT BERRIES

Korotkiy I. A., Rasshchepkin A. N., Korotkaya E. V., Usov A. V., Osintsev A. M.

*Kemerovo State University
Kemerovo, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: krot69@mail.ru

Received 04.05.2024

Submitted 26.06.2024

Summary

This paper examines the issue of optimizing energy costs when freezing black currant berries in a fluidization quick-freezer under different fluidization modes. Air temperature and air speed are the parameters that determine the duration of freezing and the energy costs required to implement the process.

Abstract

Introduction. Optimization of energy costs when freezing black currant berries in a fluidization quick-freezer is largely a determining condition for increasing the energy efficiency of the process and ensuring high quality indicators of the frozen product. Air temperature and air speed are the parameters that determine the duration of freezing and the energy costs required to implement the process. **Object.** The object of research is the berries of six Siberian varieties of black currant: Cherny`j zhemchug, Pamyat` Lisavenko, Seyanecz golubki, Krasa Altaya, Pamyat` Shukshina, Pushistaya. **Materials and methods.** When solving the problem of optimizing the parameters characterizing the process of fluidization freezing, the theory of similarity and criterion equations of heat transfer under conditions of forced convection were used. Equations were also used to determine the aerodynamic resistance of the fluidized layer, the boundaries of the fluidization regime with critical speeds w' , w'' , and the amount of energy (La) required to ensure circulation

of the required amount of air at a given speed. **Results and conclusion.** Based on the results of determining the critical fluidization rates, graphs were constructed for various varieties of black currant berries. In addition, graphs are presented for the duration of freezing of various varieties of berries under various low-temperature treatment modes, which allows optimizing the process and ensuring high efficiency of freezing products. The work determines the energy costs for creating and maintaining a fluidization regime in the working area of a quick-freezer for freezing black currant berries, depending on the speed and air temperature. The calculation results presented in the article for black currant berries indicate that the optimal speed of air movement in the temperature range from minus 20°C to minus 45°C, at which the energy costs for organizing the fluidization regime in the working area of the freezer will be minimal, is 6÷7 m/s.

Keywords: black currant, fluidization, quick freezing of berries, quick freezers, duration of freezing of berries, low-temperature processing of berries, shock freezing of berries.

Citation. Korotkiy I. A., Rasshchepkin A. N., Korotkaya E. V., Usov A. V., Osintsev A. M. Optimization of the energy consumption of the fluidization mode when freezing black currant berries. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 327-337 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-36.

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 66.096.5-932.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ РЕЖИМА ФЛЮИДИЗАЦИИ ПРИ ЗАМОРАЖИВАНИИ ЯГОД ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ

Короткий И. А., доктор технических наук, профессор

Расщепкин А. Н., доктор технических наук, доцент

Короткая Е. В., доктор технических наук, доцент

Усов А. В., кандидат технических наук, доцент

Осинцев А. М., доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

г. Кемерово, Российская Федерация

Актуальность. Оптимизация энергетических затрат при замораживании ягод черной смородины в флюидизационном скороморозильном аппарате в значительной мере является определяющим условием повышения энергетической эффективности процесса и обеспечения высоких качественных показателей замороженного продуктов. Температура воздушной среды и скорость движения воздуха являются параметрами, определяющими продолжительность замораживания и энергетические затраты, необходимые на реализацию процесса. **Объект.** Объектом исследований являются ягоды шести сибирских сортов черной смородины: Черный жемчуг, Память Лисавенко, Сеянец голубки, Краса Алтая, Память Шукшина, Пушистая. **Материалы и методы.** При решении задачи оптимизации параметров, характеризующих процесс флюидизационного замораживания использовалась теория подобия и критериальные уравнения теплообмена в условиях принудительной конвекции. Также использовались уравнения для определения аэродинамического сопротивления псевдооживленного слоя, границ режима флюидизации с критическими скоростями w' , w'' , количества энергии (La), необходимой для обеспечения циркуляции требуемого количества воздуха с заданной скоростью. **Результаты и выводы.** По результатам определения критических скоростей флюидизации построены графики для различных сортов ягод черной смородины. Кроме этого, представлены графики продолжительности замораживания различных сортов ягоды при различных режимах низкотемпературной обработки, что позволяет оптимизировать процесс и обеспечивает высокую эффективность замораживания продукции. В работе определены затраты энергии на создание и поддержание режима флюидизации в рабочей зоне скороморозильного аппарата для замораживания ягод черной смородины в зависимости от скорости и температуры воздушной среды. Результаты расчетов, приведенные в статье для ягод черной смородины, указывают на то, что оптимальная скорость движения воздуха в температурном диапазоне от минус 20°C до минус 45°C, при которой энергетические затраты на организацию режима флюидизации в рабочей зоне скороморозильном аппарате будут минимальны, составляет 6÷7 м/с.

Ключевые слова: черная смородина, флюидизация, быстрое замораживание ягод, скороморозильные аппараты, продолжительность замораживания ягод, низкотемпературная обработка ягод, шоковая заморозка ягод.

Цитирование. Короткий И. А., Расщепкин А. Н., Короткая Е. В., Усов А. В., Осинцев А. М. Оптимизация энергетических затрат режима флюидизации при замораживании ягод черной смородины. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 327-337. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-36.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Черная смородина – это широко распространенное ягодное растение. Она произрастает в лесных и лесостепных зонах Европейской России, на Урале, в Сибири и других районах Евразии. Черная смородина является одной из наиболее популярных ягодных культур как на промышленных плантациях, так и в приусадебных хозяйствах. Глобальное производство ягод черной смородины составляет от 300 до 400 тысяч тонн в год.

Черная смородина отличается достаточно высокой продуктивностью. На коммерческих плантациях урожайность ягод некоторых сортов может достигать до 10 тонн с гектара. При этом ягоды черной смородины являются богатым источником витаминов, минералов и других ценных компонентов: фруктоза и другие сахара, органические кислоты, пектины, дубильные вещества, микроэлементы [1].

Содержание аскорбиновой кислоты в ягодах черной смородины варьируется в диапазоне 1,4%÷4%. Помимо витамина С, черная смородина содержит витамины группы В, Р и провитамина А (каротина) [2].

Особенностью ягод черной смородины является то, что витамины С и Р, содержащиеся в них, взаимно усиливают полезный эффект друг друга. Кроме того, в ягодах черной смородины содержатся стабильные формы витамина С, что позволяет сохранить его полезные свойства даже при обработке или хранении при низких температурах [3].

Черная смородина имеет очень ограниченный период плодоношения, поэтому чрезвычайно важным для уменьшения потерь урожая является быстрая его переработка.

Замораживание является оптимальным способом длительного хранения ягод черной смородины, при этом быстрое замораживание позволяет наилучшим образом сохранить ценные компоненты и структуру плодов [4].

Оптимальным, с точки зрения технической реализации процесса, а также сохранения товарного вида и органолептических характеристик ягод, является флюидизационное замораживание [5]. При этом необходимо иметь в виду, что размер плодов смородины редко превышает 1,5 см, к тому же содержание воды в них составляет порядка 90%, поэтому ягоды черной смородины обладают нежной, подверженной механическим повреждениям структурой.

При этом флюидизационное замораживание является достаточно энергоемким процессом, поскольку требуется не только создать условия для эффективного теплоотвода от объекта замораживания при низких температурах, но и обеспечить эффективную циркуляцию и теплообмен больших объемов воздуха в ограниченном пространстве скороморозильного аппарата [6].

Материалы и методы. Массогабаритные характеристики, необходимые для проектирования процессов быстрого замораживания различных сортов ягод черной смородины, приведены в таблице 1.

Границы режима флюидизации задаются критическими скоростями w' , w'' [7].

Первая критическая скорость w' характеризует начало левитации ягод в потоке проходящего через них воздуха и определяется как функция кинематической вязкости воздуха (ν_a , m^2/c) и диаметра d ягоды (m)

$$w' = \frac{\nu_a}{d} \times \frac{Ar}{1400 + 5,22\sqrt{Ar}} \quad (1)$$

Таблица 1 – Массогабаритные характеристики ягод черной смородины
Table 1 – Weight and size characteristics of black currant berries

Сорт ягоды / Berry variety		Средние характеристики единичного объекта / Average characteristics of a single object			Насыпные характеристики / Bulk characteristics	
		масса, грамм / Weight, grams	диаметр, мм / Diameter, mm	плотность, кг/м ³ / Density, kg/m ³	плотность, кг/м ³ / Density, kg/m ³	Пористость / Porosity
1	Черный жемчуг / Chernyi Zemchug	1,7	14÷15	1075	746	0,306
2	Память Лисавенко / Pameati Lisavenko	1,4	13÷14	1067	741	0,298
3	Сеянец голубки / Seyanets golubki	1,1	12÷13	1082	751	0,293
4	Краса Алтая / Krasa Altai	1,1	12÷13	1059	735	0,295
5	Память Шукшина / Pameati Shukshina	0,9	11÷12	1070	743	0,290
6	Пушистая / Pushistaya	0,8	11÷12	1063	738	0,291

Критерий Архимеда (Ar) определяемый через соотношение плотностей продукта (ρ_{np} , кг/м³) и проходящего через него воздуха (ρ_a , кг/м³), определяется по формуле

$$Ar = \frac{g \cdot d \cdot \rho_{np}}{\nu_a^2 \cdot \rho_a}, \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения.

Вторая критическая скорость движения воздуха w'' характеризует скорость, при которой возможен унос ягод из рабочей зоны аппарата.

$$w'' = \frac{\nu_a}{d} \times \frac{Ar}{18 + 0,6 \cdot \sqrt{Ar}}. \quad (3)$$

Продолжительность замораживания ягод черной смородины с достаточно высокой точностью можно определить по формуле Планка [8]. Для продуктов сферической формы, диаметром d (м), как раз соответствующей ягодам черной смородины, формула Планка учитывает коэффициент теплоотдачи от продукта к воздуху (α , Вт/(м²·К)), теплопроводность замороженной части продукта (λ_z , Вт/(м·К)), плотность продукта (ρ_{np} , кг/м³) и удельную теплоту, отводимую от продукта в процессе замораживания (q_z , Дж/кг):

$$\tau_z = \frac{q_z \cdot \rho_{np}}{t_{кр} - t_a} \times \frac{d}{6} \left(\frac{d}{4\lambda_z} + \frac{1}{\alpha} \right), \quad (4)$$

где $t_{кр}$ – криоскопическая температура продукта, °С.

Коэффициент теплоотдачи α можно представить как функцию критерия Нуссельта (Nu), теплопроводности воздуха (λ_a) и диаметра продукта (d) по формуле:

$$\alpha = Nu \cdot \lambda_a / d. \quad (5)$$

Критерий Нуссельта для теплоотдачи при флюидизации зависит от критериев Прандтля Pr и Рейнольдса Re и определяется по уравнению:

$$Nu = 0,03 \cdot Pr^{1/3} \cdot Re \quad (6)$$

Критерий Прандтля, в свою очередь, зависит от параметров воздуха – динамической вязкости (μ_a , Па·с), удельной величины изобарной теплоемкости (c_p , Дж/(кг·К)) и теплопроводности (λ_a):

$$Pr = \mu_a c_p / \lambda_a . \quad (7)$$

Критерий Рейнольдса определяется динамическими характеристиками воздушного потока – скоростью (ω , м/с), плотностью (ρ_a , кг/м³), динамической вязкостью (μ_a), и диаметром продукта (d):

$$Re = \omega \cdot d \cdot \rho_a / \mu_a . \quad (8)$$

Теплота, отводимая при воздушном замораживании от ягоды, передается воздуху, поэтому при расчете процесса низкотемпературной обработки необходимо рассчитать количество воздуха (m_a , кг), способное воспринять эту теплоту [9].

Определить количество воздуха для замораживания килограмма ягоды можно по формуле:

$$m_a = \frac{\Delta h}{c_p \cdot \Delta t_a} , \quad (9)$$

где Δh – разность энтальпий ягоды при изменении ее температуры от +10°C до -18°C, Дж/кг; Δt_a – изменение температуры воздуха после теплового взаимодействия с продуктом, К.

Изменение энтальпии ягоды при замораживании в заданном температурном диапазоне определяется исходя из известного компонентного состава ягод [10], а также из теплоты фазового перехода влаги, присутствующей в ягоде. Δh соответствует произведению коэффициента теплоотдачи α от ягоды к воздуху, площади поверхности ягоды F_{np} и среднелогарифмической разности температуры Δt_m :

$$\Delta h = \alpha \cdot F_{np} \cdot \Delta t_m . \quad (10)$$

Среднелогарифмическая разность температур определяется по формуле:

$$\Delta t_m = \frac{t_{\epsilon 2} - t_{\epsilon 1}}{\ln \frac{t_{kp} - t_{\epsilon 1}}{t_{kp} - t_{\epsilon 2}}} , \quad (11)$$

где $t_{\epsilon 1}$ – температура воздуха на входе в рабочую зону, $t_{\epsilon 2}$ – температура воздуха на выходе из рабочей зоны, t_{kp} – криоскопическая температура ягоды [11].

Температура воздуха на выходе из рабочей зоны определяется методом последовательных приближений из формулы (12).

Объем воздуха V_a , соответствующий требуемой массе, определенной по формуле (9) определяется по формуле:

$$V_a = m_a / \rho_a . \quad (12)$$

Количество энергии (L_a), необходимое для обеспечения циркуляции требуемого количества воздуха с заданной скоростью определяется по формуле:

$$L_a = V_a \cdot \Delta P / \eta_e \quad (13)$$

где η_e – к.п.д. вентилятора; ΔP – аэродинамическое сопротивление системы циркуляции воздуха.

Наибольшая величина потерь в аэродинамическом контуре имеет место в псевдоожиженном слое, сетчатом поддоне для замораживаемой ягоды, а также в оребренных секциях испарителя [12]. Потери давления в других элементах аэродинамического контура относительно невелики, поэтому их можно учесть аэродинамическим к.п.д. вентилятора [13].

Аэродинамическое сопротивление псевдоожиженного слоя (ΔP_ϕ , Па) зависит от характеристик потока воздуха и параметров продукта, определяется по формуле:

$$\Delta P_\phi = 1,67 \left(Re \frac{H_c}{d} \right)^{0,2} \times \frac{G_{np}}{F_n}, \quad (14)$$

где H_c – высота псевдоожиженного слоя, м; F_n – площадь, занимаемая ягодой на сетчатом поддоне, m^2 ; G_n – масса ягоды на сетчатом поддоне.

Высота псевдоожиженного слоя определяется по формуле:

$$H_c = H_0 \left(\frac{1 - \varepsilon_0}{1 - \varepsilon} \right), \quad (15)$$

где H_0 – высота слоя продукта на поддоне до режима флюидизации, м; ε_0 – пористость ягоды (в соответствии с табл. 1); $\varepsilon = \left(\frac{18Re + 0,36Re^2}{Ar} \right)^{0,21}$ – пористость ягоды в режиме флюидизации.

Аэродинамическое сопротивление сетчатого поддона (ΔP_n , Па) определяется по эмпирической формуле:

$$\Delta P_n = 13,72 \cdot w^2 - 43,12 \cdot w + 119,36 \quad (16)$$

где w – скорость потока воздуха, м/с.

Аэродинамическое сопротивление оребренной секции испарителя (ΔP_u , Па) находится по формуле:

$$\Delta P_u = 1,35 \cdot A \cdot Re^{-0,24} \rho_a \cdot w^2, \quad (17)$$

где A – коэффициент, учитывающий характеристики секции испарителя.

Гидравлическое сопротивление аэродинамического контура определяется как сумма значимых аэродинамических сопротивлений с учетом дополнительно возникающих сопротивлений расчет которых не производился, $\xi=1,1$:

$$\Delta P = \xi (\Delta P_\phi + \Delta P_n + \Delta P_u). \quad (18)$$

Результаты и обсуждение. Результаты определения критических скоростей флюидизации рассчитанные по формулам (1-3) для различных сортов ягод черной смородины, представлены на графиках (рисунки 1, 2).

Диапазон скоростей, в котором имеет место флюидизация воздуха в рабочей зоне аппарата для всех изученных сортов составляет от 2,65 до 17,7 м/с в диапазоне температур воздуха -45÷-15°C.

Учитывая индивидуальные характеристики каждого сорта ягод черной смородины [14], определен диапазон скоростей, который рекомендован для быстрого замораживания ягод черной смородины в скороморозильном аппарате воздушного типа. Диапазон скоростей, воздуха, гарантирующий возникновение эффекта флюидизации и исключающий унос ягод из рабочей зоны для черной смородины составляет 2,1÷14 м/с.

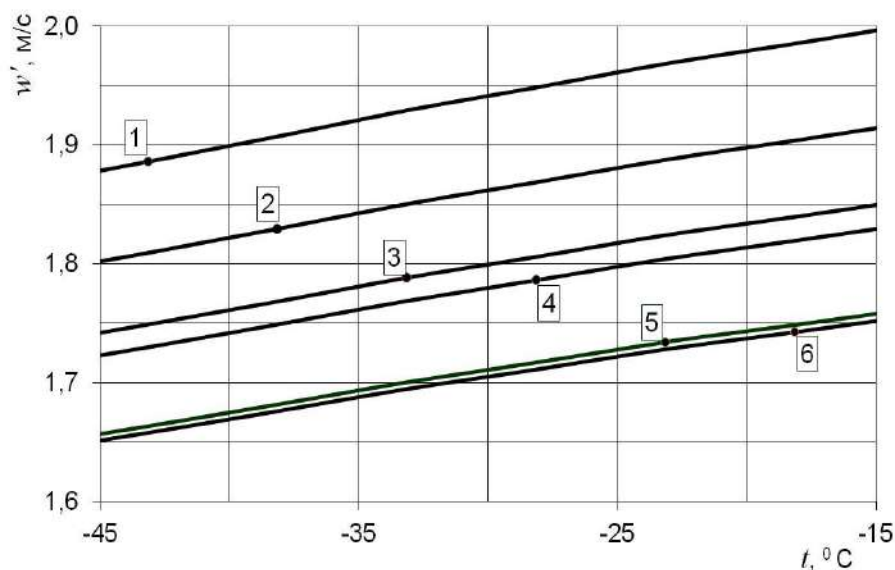


Рисунок 1 – График зависимости первой критической скорости w' от температуры воздуха t
1÷6 – сорта ягоды в соответствии с таблицей 1
Figure 1 – Graph of the dependence of the first critical speed w' on air temperature t
1÷6 – berry varieties in accordance with table 1

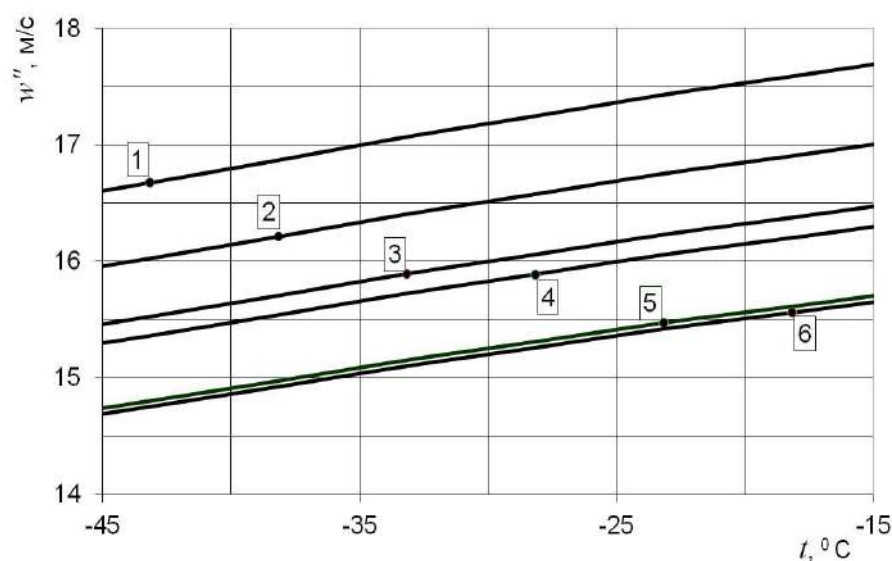
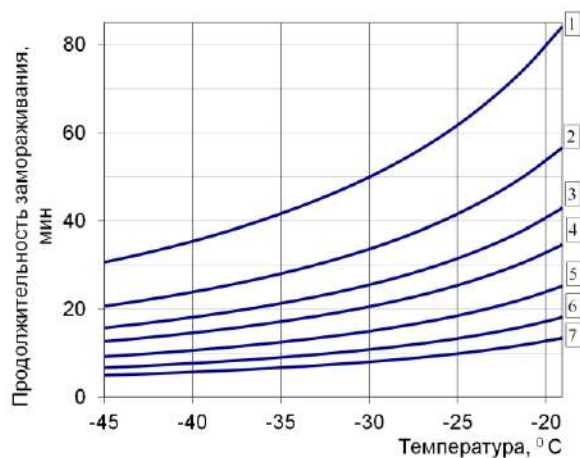
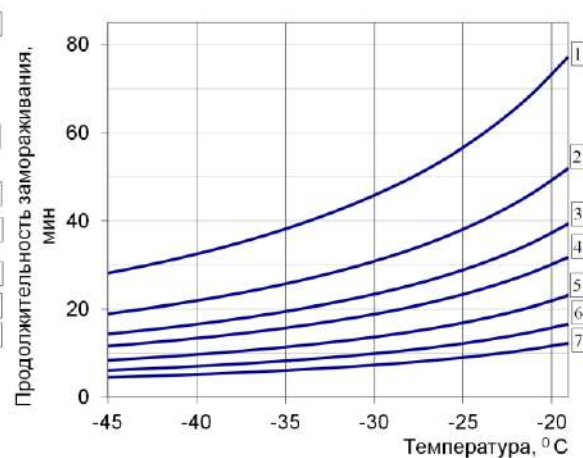


Рисунок 2 – График зависимости второй критической скорости w'' от температуры воздуха t
1÷6 – сорта ягоды в соответствии с таблицей 1
Figure 2 – Graph of the dependence of the second critical speed w'' on air temperature t
1÷6 – berry varieties in accordance with table 1

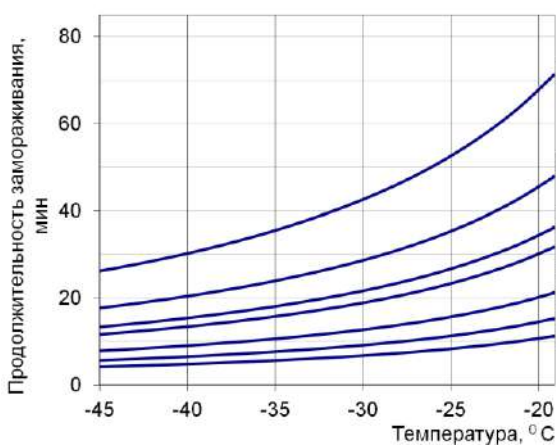
Расчет продолжительности замораживания различных сортов ягоды при различных режимах низкотемпературной обработки позволяют оптимизировать процесс и обеспечить высокую эффективность замораживания продукции [15]. Результаты расчетов, выполненные по формулам (4-8), представлены на графиках (рисунок 3).



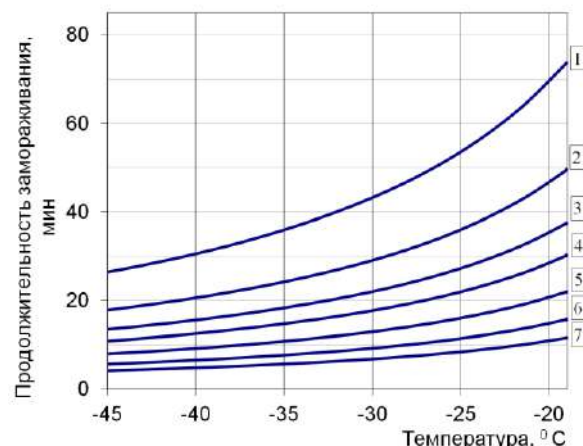
3.1)



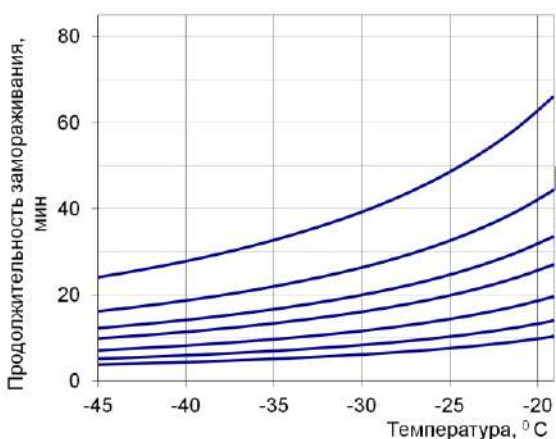
3.2)



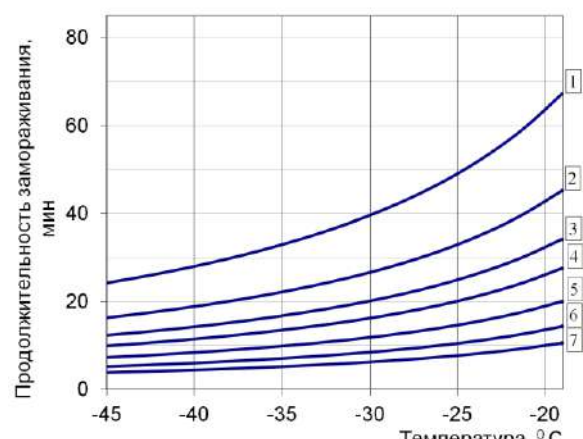
3.3)



3.4)



3.5)



3.6)

Рисунок 3 – Продолжительность замораживания (3.1-3.6 сорта ягоды в соответствии с таблицей 1) при скорости движения воздуха 1-2 м/с, 2-3 м/с, 3-4 м/с, 4-5 м/с, 5-7 м/с, 6-10 м/с, 7-14 м/с

Figure 3 – Duration of freezing (3.1-3.6 berry varieties in accordance with Table 1) at an air speed of 1-2 m/s, 2-3 m/s, 3-4 m/s, 4-5 m/s, 5-7 m/s, 6-10 m/s, 7-14 m/s

С помощью формул (9-17) были определены затраты энергии на создание и поддержание режима флюидизации в рабочей зоне скороморозильного аппарата для замораживания ягод черной смородины в зависимости от скорости и температуры воздушной

среды. Начальная температура ягоды (t_n) принималась 10°C , конечная температура замораживаемой ягоды (t_k) принималась равной -18°C . Полученные зависимости приведены на рисунке 4.

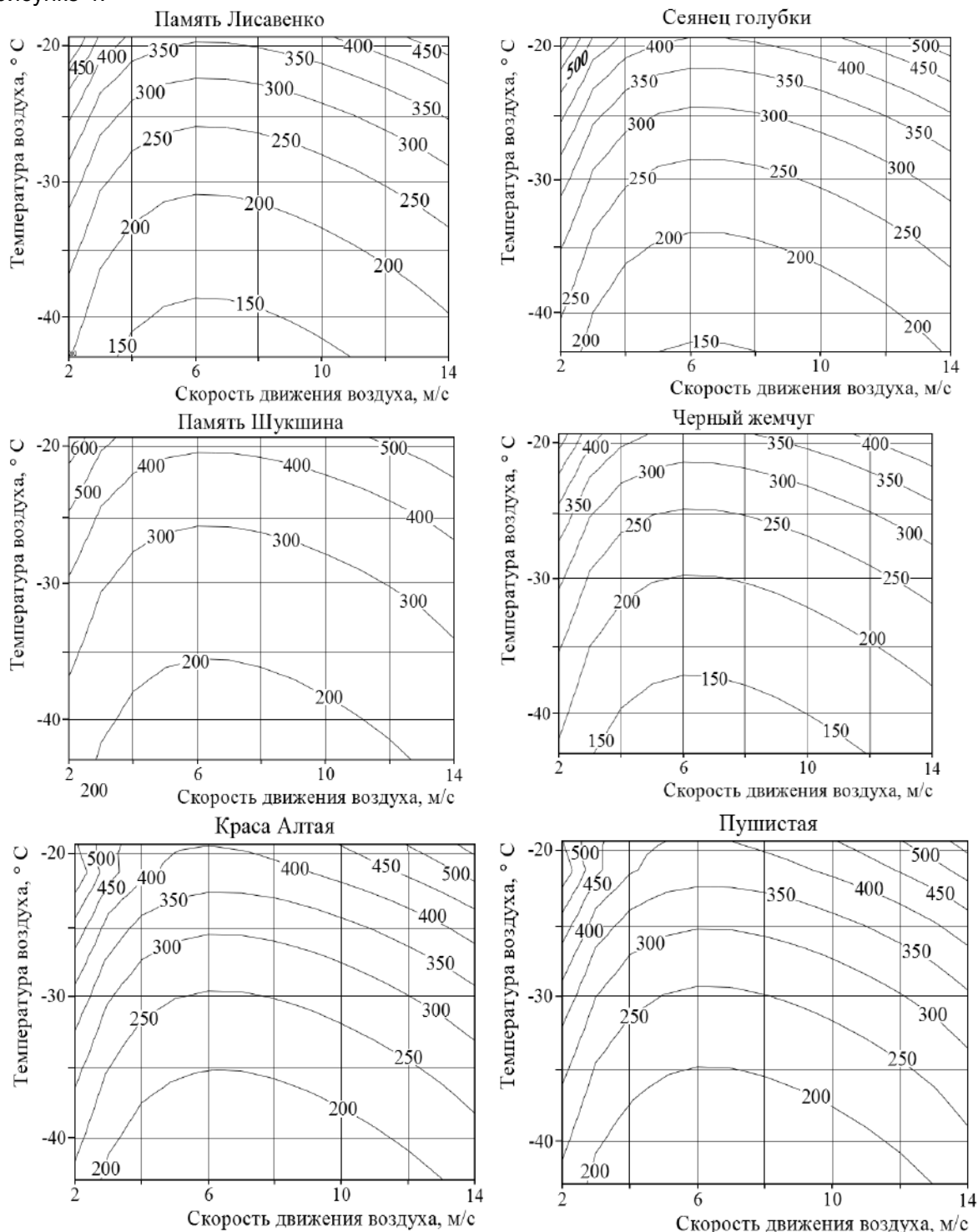


Рисунок 4 – Удельные затраты энергии (кДж/кг), требуемые для обеспечения режима флюидизации в скороморозильном аппарате при замораживании ягод черной смородины в диапазоне температур $10^{\circ}\text{C} \div -18^{\circ}\text{C}$

Figure 4 – Specific energy consumption (kJ/kg) required to ensure fluidization mode in a quick freezer when freezing black currant berries in a temperature range $10^{\circ}\text{C} \div -18^{\circ}\text{C}$

Результаты расчетов свидетельствуют о том, что для ягод черной смородины диапазон скоростей флюидизации, в котором энергозатраты на обеспечение циркуляции воздуха в скороморозильном аппарате минимальны и составляют $6\div 7$ м/с.

Закключение. Увеличение скорости движения воздуха в псевдоожиженном слое интенсифицирует теплообмен, уменьшает продолжительность замораживания ягоды и, таким образом, уменьшает расход энергии на обеспечение режима флюидизации. При этом с увеличением скорости движения растут пропорционально квадрату скорости аэродинамические потери в циркуляционном контуре скороморозильного аппарата. В этом контексте увеличение скорости движения воздушной среды увеличивает энергетические затраты на организацию движения воздушной среды. Соответственно при относительно малых скоростях увеличение скорости движения воздуха уменьшает удельные энергетические затраты, требуемые для замораживания ягоды. При относительно высоких скоростях движения воздуха увеличение энергетических затрат, необходимое для компенсации возрастающих аэродинамических потерь, превышает положительный эффект от увеличения эффективности теплообмена при низкотемпературной обработке ягоды.

Результаты расчетов свидетельствуют о том, что для ягод черной смородины диапазон скоростей флюидизации, в котором энергозатраты на обеспечение циркуляции воздуха в скороморозильном аппарате минимальны и составляют $6\div 7$ м/с.

Conclusions. Increasing the speed of air movement in the fluidized bed intensifies heat exchange, reduces the duration of freezing of berries and, thus, reduces energy consumption to ensure the fluidization regime. At the same time, with an increase in the speed of movement, the aerodynamic losses in the circulation circuit of the fast-freezing apparatus increase in proportion to the square of the speed. In this context, an increase in the speed of air movement increases the energy costs for organizing air movement. Accordingly, at relatively low speeds, an increase in air speed reduces the specific energy costs required for freezing berries. At relatively high air speeds, the increase in energy costs required to compensate for increasing aerodynamic losses exceeds the positive effect of increasing the efficiency of heat transfer during low-temperature processing of berries.

The calculation results indicate that for blackcurrant berries the range of fluidization speeds in which the energy consumption for ensuring air circulation in the freezer is minimal is $6\div 7$ m/s.

Библиографический список

1. Короткий И. А. Сибирская ягода. Физико-химические основы технологий низкотемпературного консервирования. Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет), 2007. 146 с.
2. Li M., Hu J., Yang M., et al. Quality Attributes and Dielectric Properties of Sea Buckthorn Berries under Differing Freezing Regimes and Their Interrelationships. *Foods*. 2022. Vol. 11. No. 23. P. 3825.
3. Овсянников В. Ю., Кондратьева Я. И., Бостынец Н. И., Денежная А. Н. Исследование процесса замораживания и размораживания плодовых соков. *Вестник Международной академии холода*. 2015. № 3. С. 23-27.
4. Короткий И. А. Исследование влияния режимов замораживания и низкотемпературного хранения на качественные показатели ягод черной смородины. *Вестник КрасГАУ*. 2008. № 2. С. 291-294.
5. Колодязная В. С., Румянцева О. Н., Кипрушкина Е. И. История и перспективы развития холодильной технологии продуктов. *Вестник Международной академии холода*. 2023. № 1. С. 47-54.
6. Венгер К. П., Цибульских В. Е. Экспериментальные исследования процесса флюидизации при замораживании растительной продукции в низкотемпературном воздушном потоке. *Вестник науки*. 2020. Т. 5. № 5 (26). С. 213-219.
7. Van Der Sman R. G. M. Impact of Processing Factors on Quality of Frozen Vegetables and Fruits. *Food Engineering Reviews*. 2020. Vol. 12. No. 4. Pp. 399-420.
8. Korotkiy I. A. Analysis of the energy efficiency of the fast freezing of blackcurrant berries. *Foods and Raw Materials*. 2014. Vol. 2. No. 2. Pp. 3-14.
9. Николаев Н. С., Корниенко В. Н., Плешешник П. И., Донецких А. Г. Определение режимов замораживания пищевых продуктов. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2020. Т. 82. № 2 (84). С. 17-24.
10. Короткий И. А., Сахабутдинова Г. Ф., Ибрагимов М. И. Определение теплофизических свойств компонентов плодовоовощной смеси в процессе замораживания. *Техника и технология пищевых производств*. 2016. № 1(40). С. 81-86.
11. Короткий И. А., Неверов Е. Н., Короткая Е. В., Лапшакова О. Ю. Методика определения криоскопической температуры для различных плодов и ягод. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2022. № 2 (66). С. 202-208.
12. Грибов Д. И. Технологический расчет инновационного флюидизационного скороморозильного аппарата для плодовоовощной продукции. *Холодильная техника*. 2020. № 5. С. 30-33.
13. Остроумов Л. А., Буянов О. Н., Короткий И. А. Исследование процессов замораживания плодов и ягод. *Техника и технология пищевых производств*. 2009. № 1 (12). С. 32-36.

14. Расщепкин А. Н., Короткий И. А., Короткая Е. В. Влияние режимов низкотемпературной обработки на качественные показатели ягод черной смородины. Техника и технология пищевых производств. 2014. № 1 (32). С. 101-105.

15. Короткий И. А., Расщепкин А. Н. Энергетическая эффективность низкотемпературных систем. Молочная промышленность. 2023. № 2. С. 54-57.

References

1. Korotkiy I. A. Sibirskaya yagoda [Siberian berry]. Physical and chemical foundations of low-temperature preservation technologies. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry (University), 2007. 146 p.

2. Li M., Hu J., Yang M., et al. Quality Attributes and Dielectric Properties of Sea Buckthorn Berries under Differing Freezing Regimes and Their Interrelationships. Foods. 2022. Vol. 11. No 23. P. 3825.

3. Ovsyannikov V. Yu., Kondratyeva Y. I., Bostynets N. I., Denezhnaya A. N. Study of the process of freezing and defrosting fruit juices. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2015. № 3. Pp. 23-27.

4. Korotkiy I. A. Study of the effect of freezing and low-temperature storage regimes on the quality indicators of black currant berries. Vestnik KrasGAU. 2008. № 2. Pp. 291-294.

5. Kolodyaznaya V. S., Rumyantseva O. N., Kipushkina E. I. History and prospects for the development of refrigeration technology of food products. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2023. № 1. Pp. 47-54.

6. Venger K. P., Tsubulskikh V. E. Experimental Studies of the Fluidization Process in Freezing of Plant Products in a Low-Temperature Air Flow. Bulletin of Science. 2020. V. 5. No 5 (26). Pp. 213-219.

7. Van Der Sman R. G. M. Impact of Processing Factors on Quality of Frozen Vegetables and Fruits. Food Engineering Reviews. 2020. Vol. 12. No 4. Pp. 399-420.

8. Korotkiy I. A. Analysis of the energy efficiency of the fast freezing of blackcurrant berries. Foods and Raw Materials. 2014. Vol. 2. No 2. Pp. 3-14.

9. Nikolaev N. S., Kornienko V. N., Plyasheshnik P. I., Donetskikh A. G. Determination of Food Products Freezing Regimes. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2020. V. 82. № 2 (84). Pp. 17-24.

10. Korotkiy I. A., Sakhabutdinova G. F., Ibragimov M. I. Determination of Thermophysical Properties of Fruit and Vegetable Mixture Components in the Freezing Process. Equipment and technology of food production. 2016. № 1(40). Pp. 81-86.

11. Korotkiy I. A., Neverov E. N., Korotkaya E. V., Lapshakova O. Y. Method for determining cryoscopic temperature for various fruits and berries. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 2 (66). Pp. 202-208.

12. Gribov D. I. Technological calculation of an innovative fluidization quick-freezing apparatus for fruit and vegetable products. Refrigeration equipment. 2020. № 5. Pp. 30-33.

13. Ostroumov L. A., Buyanov O. N., Korotkiy I. A. Issledovanie protsessov frozeniya plodov i yagodov [Study of the processes of freezing fruits and berries]. Equipment and technology of food production. 2009. № 1 (12). Pp. 32-36.

14. Raschepkin A. N., Korotkiy I. A., Korotkaya E. V. Influence of low-temperature treatment modes on the quality indicators of black currant berries. Equipment and technology of food production. 2014. № 1 (32). Pp. 101-105.

15. Korotkiy I. A., Raschepkin A. N. Energy efficiency of low-temperature systems. Dairy industry. 2023. № 2. Pp. 54-57.

Информация об авторах

Короткий Игорь Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теплохладотехники ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (Российская Федерация, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6), e-mail: krot69@mail.ru

Расщепкин Александр Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры теплохладотехники, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (Российская Федерация, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6), e-mail: tehnoholod@mail.ru

Короткая Елена Валерьевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры общей и неорганической химии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (Российская Федерация, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6), e-mail: korotkayael@mail.ru

Усов Андрей Васильевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теплохладотехники, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (Российская Федерация, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6), e-mail: usov-kemtipp@rambler.ru

Осинцев Алексей Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теплохладотехники ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (Российская Федерация, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6), e-mail: olex1@mail.ru

Author's Information

Korotkiy Igor Alekseevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Heat and Refrigeration Engineering Kemerovo State University (Russian Federation, 650000, Kemerovo, Krasnaya str., 6), e-mail: krot69@mail.ru

Raschepkin Aleksander Nikolaevich, Doctor of Engineering Sciences, assistant professor, Professor of the Department of Heat and Refrigeration Engineering Kemerovo State University (Russian Federation, 650000, Kemerovo, Krasnaya str., 6), e-mail: tehnoholod@mail.ru

Korotkaya Elena Valerievna, Doctor of Engineering Sciences, Assistant Professor, Professor of the Department of General and Inorganic Chemistry Kemerovo State University (Russian Federation, 650000, Kemerovo, Krasnaya str., 6), e-mail: korotkayael@mail.ru

Usov Andrey Vasilievich, Associate Professor, Assistant Professor of Heat and Refrigeration Engineering Kemerovo State University (Russian Federation, 650000, Kemerovo, Krasnaya str., 6), e-mail: usov-kemtipp@rambler.ru

Osintsev Aleksey Mikhailovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Department of Heat and Refrigeration Engineering Kemerovo State University (Russian Federation, 650000, Kemerovo, Krasnaya str., 6), e-mail: olex1@mail.ru

**INFORMATION SYSTEM ARCHITECTURE AND ARCHITECTURE OF A CROP ENTERPRISE
USING IOT TECHNOLOGY****Kochetkova O. V.***Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: kov555@bk.ru

Received 10.04.2024

Submitted 03.07.2024

Abstract

Introduction. The production of high-yielding crop products requires solving the multifactorial problem of effective management of production resources, which is complicated by such factors as climate change, reduced land fertility, and the need for strict traceability of products. The introduction of modern digital technologies, which are aimed at improving the environmental and economic sustainability of the enterprise, the efficiency of planning processes, monitoring and control of the production environment, storage and transportation of products, will help to alleviate the solution of some problems. To increase the pace of digitalization of agricultural crop enterprises, the management of these enterprises needs to understand how digital technologies will work, how to ensure a balance between IT efficiency and innovation in the agricultural business. Managers must have a holistic picture of the results of the transformation of the enterprise through modern information technologies. The solution to this problem is to create an enterprise architecture that makes extensive use of modern digital technologies. To develop the architectures of the information system and the plant growing enterprise, the methods of system analysis and system engineering, international standards and reference models of the Internet of Things technology, the TOGAF enterprise architecture management methodology and the Archi Mate architectural language were used. For a deep understanding of the mechanisms for implementing IoT technology, the study reflects in detail on a specific example not only the business architecture, but also detailed models for implementing object management through IoT sensors and actuators. **Conclusion.** The elaborated models allow you to see the whole digital enterprise, reflecting the interaction of its individual architectural elements from strategy to a detailed description of the enterprise infrastructure. It enables the secure adoption of digital technologies and ensures that the organization's needs for an integrated IT strategy are met and ensure a unified strategic IT evolution in line with business requirements.

Keywords: *architecture of information systems, digitalization of crop production, Internet of things.*

Citation. Kochetkova O.V. information system architecture and architecture of a crop enterprise, using IOT technology. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 338-347 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-37.

The author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution or analysis of this study. The author of this article has read and approved the submitted final version.

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

УДК 004.738.5:631.35

**АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И АРХИТЕКТУРА
РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕГО ТЕХНОЛОГИЮ ИОТ****Кочеткова О. В., доктор технических наук, профессор***ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация*

Аннотация. Производство высокоурожайной продукции растениеводства требует решения многофакторной проблемы эффективного управления производственными ресурсами, которая осложняется такими факторами, как изменение климата, снижение плодородия земель, необходимость строгой прослеживаемости продукции. Облегчить решение части проблем поможет внедрение современных цифровых технологий, которые направлены на повышение экологической и экономической устойчивости предприятия, эффективности процессов планирования, мониторинга и контроля среды производства, хранения и транспортировки продукции. Для повышения темпов цифровизации сельскохозяйственных растениеводческих предприятий требуется понимание руководством этих предприятий, каким образом будет обеспечиваться работа цифровых технологий, как обеспечить баланс между эффективностью ИТ и инновациями в аграрном бизнесе. Руководители должны

иметь целостную картину результатов трансформации предприятия посредством современных информационных технологий. Решение этой проблемы заключается в создании архитектуры предприятия, широко использующего современные цифровые технологии. Для разработки архитектур информационной системы и предприятия растениеводства использованы методы системного анализа и системной инженерии, международные стандарты и эталонные модели технологии интернета вещей, методология управления архитектурой предприятия TOGAF и архитектурный язык ArchiMate. Для глубокого понимания механизмов реализации технологии IoT в исследовании подробно отражены на конкретном примере не только бизнес-архитектура, но и подробные модели реализации управления объектами посредством датчиков и исполнительных механизмов IoT. Разработанные модели позволяют увидеть цифровое предприятие целиком, отражая взаимодействие её отдельных архитектурных элементов от стратегии до подробного описания инфраструктуры предприятия. Это дает возможность обеспечить безопасное внедрение цифровых технологий и гарантирует, что потребности организации для интегрированной стратегии в сфере IT удовлетворены и обеспечивают единое стратегическое развитие IT в соответствии с требованиями бизнеса.

Ключевые слова: архитектура информационных систем, цифровизация растениеводства, интернет вещей.

Цитирование. Кочеткова О. В. Архитектура информационной системы и архитектура растениеводческого предприятия, использующего технологию IoT. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 338-347. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-37.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Introduction. Nowadays, the agricultural complex, which previously had a significant backlog in the field of informatization, is the largest consumer of digital solutions already. Moreover, the capability of the development of digital solutions in the agro-industrial complex of the Russian Federation remains one of the highest among the sectors of the Russian economy.

From the point of view of systems theory and system analysis, a modern agricultural enterprise can be represented as a complex open system in which there is a multifactorial problem of effective management of production resources to ensure high crop yields. One of the root causes of an under-reported problem is the low level of digital technologies utilization. At the same time, in practice, the undeniable advantages of using information and communication technologies in agriculture to improve production efficiency have already been identified. They include reducing the time of production operations [1]; improving the efficiency of decision support by automating the collection, processing, transmission and deep analysis of data [2]; reduction of production costs due to better tracking of production processes and rational use of resources [3].

Along with this came the understanding that only the coordination of business requirements and the capabilities of information and communication technologies (ICT) will ensure effective enterprise management.

It is known [4], that the management of agricultural enterprises is cautious about the introduction of digital technologies. It takes them a long time to learn how to get the most out of digital technology. Farmers want to understand how digital technologies will work, what information will help them make the right management decisions, how many disparate documented and automated processes in an integrated environment will provide a balance between IT efficiency and innovation in the agricultural business.

Therefore, in order to visualize and understand the activities of an agricultural enterprise using digital technologies, it is necessary to represent the enterprise architecture in the form of a formalized multilayer model that displays its activities in a complete but sufficiently detailed way.

When designing software-intensive systems, an architectural view of the system is important to provide an analysis of the system as a whole, as well as an understanding of the software architecture and business processes by stakeholders.

The software architecture identifies a high-level structure as an abstract representation of the interconnection of system elements and relationships to support a specific task.

In principle, the architecture of IoT-based systems should not differ from traditional architectures, but it should contain objects that reflect the capabilities of remote identification, detection and control of objects through sensors and actuators.

At present, a reference model has already been developed that provides a high-level representation of the capabilities of the Internet of Things infrastructure [5], a reference model for achieving IoT semantic interoperability [6], a unified OPC architecture [7]. These models focus primarily on the technical aspects of the architecture, but do not provide a complete business viewpoint and do not represent the information modeling process from business model development to detailed implementation models.

The aim of the work is to develop the architecture of the information system of a plant growing enterprise based on the Internet of Things, which properly reflects not only the business architecture, but also detailed models for the implementation of object management through IoT sensors and actuators.

Standard enterprise architectures and methodologies are known to define the activities “necessary to manage, understand, define, describe, design, execute, maintain and decommission any enterprise entity” [8]. The ISO 15704 [8] standard distinguishes two types of architectures: systems architectures, which reflect the design of some applied information system, and enterprise architectures, which reflect the integration of the entire enterprise.

Enterprise Architecture is a systems model that optimizes many disparate processes in an integrated environment, providing a holistic view of the ever-changing needs of the agricultural enterprise environment, allowing you to control and manage the inherent complexity of systems in a changing environment [9]. The enterprise architecture allows you to make strategic decisions for the development of IT systems, change management, «achieve the right balance between IT efficiency and business innovation, as well as manage project risks» [9].

The architecture allows you to formalize the problems and requirements for IT from the business side; shows how specific tasks are solved and how business requirements are implemented in IT systems, which is of interest in our research.

Materials and methods. The architecture of an enterprise, like the architecture of an information system, is a complex system consisting of a set of subsystems that interact with each other. Therefore, the studies were based on the methods of system analysis and system engineering, which consider the architecture in its components, their relationships with each other and with the environment, taking into account the complexity of the functions performed by the system [9]. The use of these approaches was based on ISO/IEC 15288:2008, ISO15704:2000, ISO14258, ANSI/IEEE Std 1471-2000. Reference models were used: to provide a high-level view of the capabilities of the IoT infrastructure; reference model for achieving IoT semantic interoperability, OPC unified architecture, and others. The research used functional and logical analysis, architectural approach to organization management, study, analysis and generalization of domestic and foreign theory and practice of creating enterprise architecture and information systems, as well as the results presented in the works of leading world experts in the field under study. The Unified Modeling Language (UML) was used to represent the execution architecture of the information system, its topology and information transfer routes between the hardware nodes of the system. To create the enterprise architecture, the TOGAF universal platform and the ArchiMate language were used [10].

Results and Discussion. Enterprise architecture according to The Open Group Architecture Framework (TOGAF) is usually depicted in one on one diagram, which includes several layers. As part of this study, we have developed such an architecture model. Figure 1 shows a model of the architecture of a plant-growing enterprise using IoT technology. The model includes several levels.

The business layer describes the business elements and their relationships within the scope of the business architecture. The application layer supports the business layer and describes the software application architecture elements and their relationships. The infrastructure layer describes the domain elements of the IT architecture and the relationship between software and hardware.

To fill the business layer at the levels of business functions and business processes, a lot of preliminary work was required to study the activities of crop growing enterprises, formalize and analyze the business processes occurring in them [11]. As a result of the work done, the main business functions of the enterprise were identified: management of enterprise digital services, marketing research, planning and design work, production of products and services, storage and sale of products, interaction with customers.

The architecture developed in our study allows us to see the whole enterprise, to demonstrate the impact of individual elements of the development strategy on the services provided and business processes, as well as their dependence on information systems. The presented architecture of the plant growing enterprise is the basis for the synchronization of all objects within the organization, ensures the consistency of IT infrastructure and business goals; collection, integrity, analysis and consistency of data that support managerial decision-making [9].

The basis of the IT architecture is the Internet of Things and distributed ledger technologies, which provide digital services for monitoring, security, traceability, and analytics. The blockchain-based infrastructure will significantly reduce the cost of its maintenance and reduce the numerous risks associated with security. Blockchain technology increases the efficiency of ongoing processes, since it allows you to replace numerous data agreement models and thus significantly speed up any processes [12].

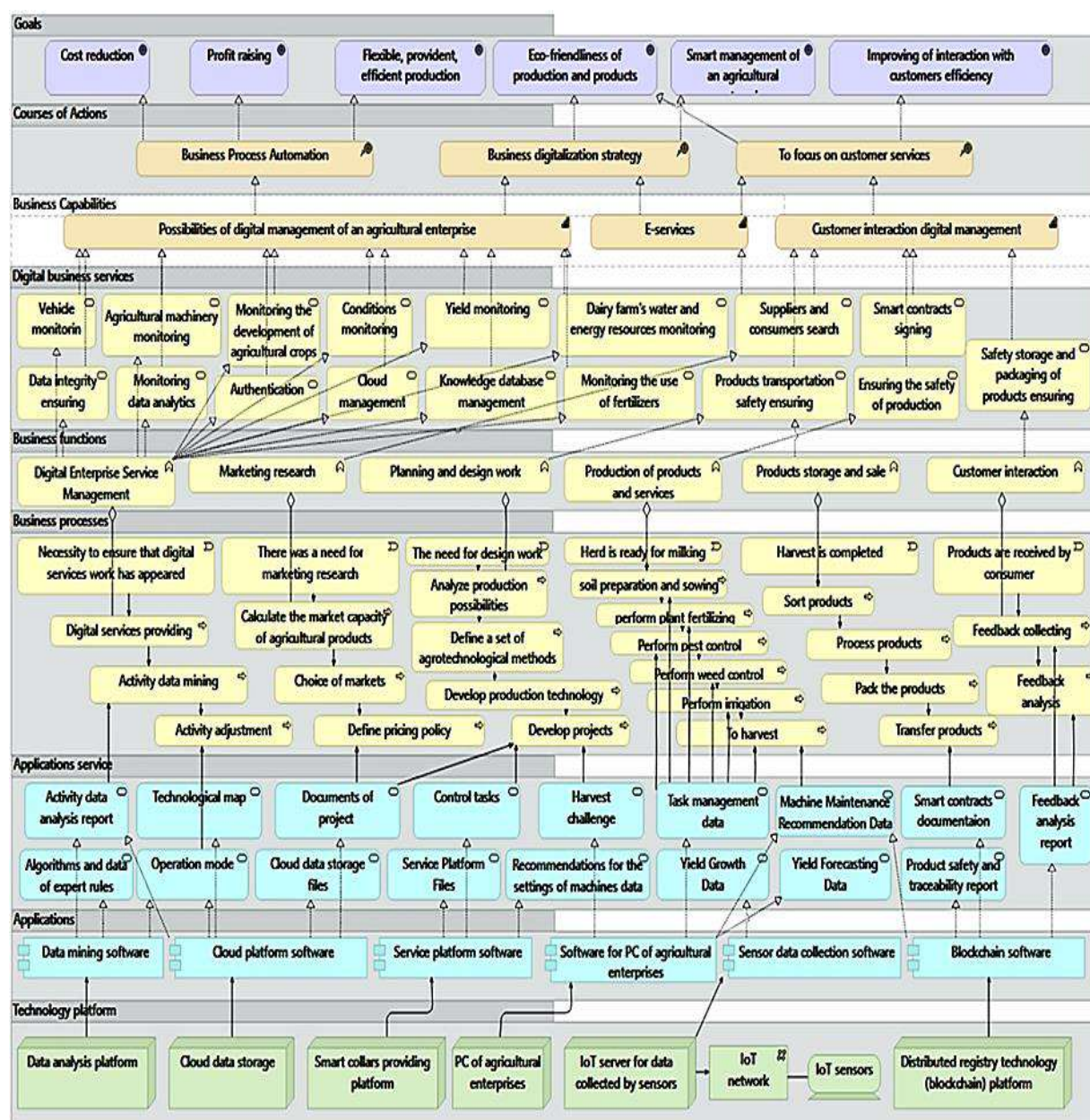


Figure 1 – Architecture of an agricultural crop enterprise using digital technologies

Рисунок 1 – Архитектура сельскохозяйственного растениеводческого предприятия с использованием цифровых технологий

Despite the noted undoubted advantages of the enterprise architecture, it should be noted that for information and software-rich enterprises it is impossible to display in sufficient detail the representation of how objects are perceived and controlled by IoT technologies at various technical levels, from the device level to the application level.

As part of this study, the task was to develop an information system architecture for an agricultural crop enterprise, which will properly reflect not only the business architecture, but also detailed models for implementing object management through IoT sensors and actuators.

The ANSI/IEEE Std 1471-2000 standard makes it possible to describe a system's architecture from a variety of stakeholder perspectives. In this case, each point of view on the architecture of the system corresponds to a certain view, but the standard does not specify specifically what these views should be. Of significant interest to us is the architecture of IoT software systems, which provides an overview of the technical architecture and reflects the functionality of the IoT at various technical levels, ranging from the device level to the application level. To represent the architecture of IoT software systems, we use the IoT Y.2060 ITU-T reference model.

The basis for creating an enterprise information system architecture is a multi-level architecture with a different set of layers, each of which is a group of modules offering a single set of services. The reference architecture includes the following layers (Figure 2): device layer, network layer, session layer, application layer and business layer, management layer and security layer.

The device layer (physical layer) represents two types of operations – collecting information through sensors and performing mechanical work by actuators. The specificity of sensors used in agriculture is their operation in an unprotected natural environment in the open air, in rain and strong winds, with temperature changes and, in addition, their use in remote areas. Therefore, the sensors must be weather resistant, non-volatile and have a stable internet connection.

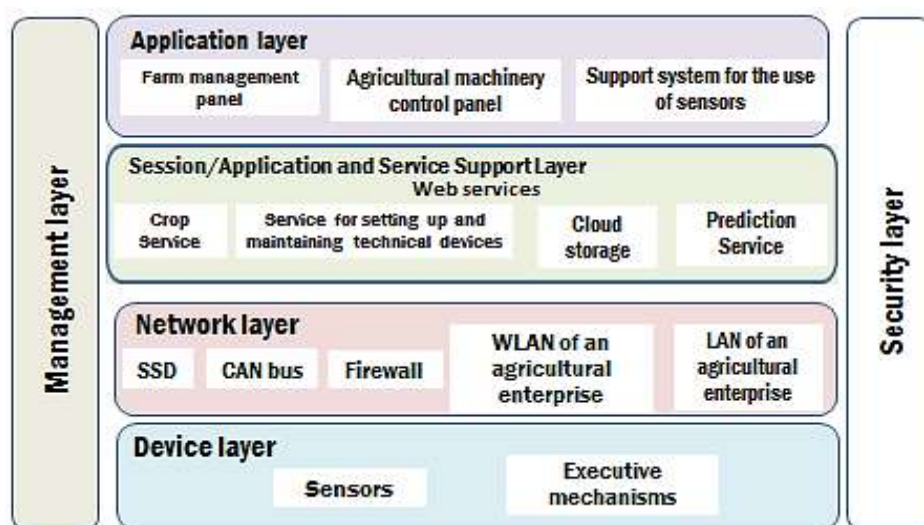


Figure 2 – IoT Reference Architecture

Рисунок 2 – Эталонная архитектура интернета вещей

Executive mechanisms of IoT solutions activate engines, selsyns; regulate water supply, lighting, temperature. The main function of this layer is to receive information from the environment and transmit data to another layer.

The network layer is the interface between the device layer and the application and service support layer. In IoT devices, the network layer is implemented using various communication technologies such as 4G, Wi-Fi, LPWAN, LoRa, RFID, and others.

In rural areas, cable networks cannot cover all the necessary spaces, and the Internet connection is not always stable. Therefore, it is advisable to use the technology of data transmission via radio signals without the presence of cable connections Wireless Local Area Network (WLAN). The presence of special modules in smartphones and computers of users allows them to receive a stable signal within the boundaries of coverage even when moving.

To provide communication to the network of intelligent input / output devices, sensors and actuators of a certain mechanism, the CAN bus (Control Area Network) is used. It is characterized by a protocol for organizing highly reliable low-cost communication channels in distributed control systems. At the same time, it is possible to have several master devices on the bus that provide real-time data transmission and error correction, as well as high noise immunity.

The application layer (application layer) is what the user interacts with. This layer manages all application processes based on information received from the previous layer. It has the right to provide services to applications. The services can be different for each application due to the services based on the information collected by the sensors. For example, in an agricultural enterprise, this level can be represented by enterprise control panels, vehicles, agricultural machinery, and others.

The business layer defines the workflows and domain business logic associated with searching, processing, transforming, and managing data; illustrates the application of business rules and activity policies; ensures the consistency and reliability of the data. This layer provides an understanding of how the use of IoT contributes to the achievement of business goals. The business layer manages the whole system, including applications, business and profit models, and user privacy [13].

For a deep understanding and analysis of the system architecture, it is advisable to have several different representations of it for specific examples of the implementation of IoT technology in the crop industry. As such an example, we chose the option of using the Internet of Things technology to assess the quality of grain in a combine bunker. John Deere created the X Series combines, which are equipped with patented Active Vision camera technology, which allows you to look inside the grain tank of the combine, determine the quality of the grain and, depending on its characteristics, call a vehicle that sends the grain to the elevator or warehouse on the farm [14].

To display the business layer, it is advisable to use the approach presented in the international standard ANSI / ISA-95 for developing an interface between enterprises and control systems. This standard can be used in various types of production, including agricultural, for all types of processes.

The ISA-95 standard represents a five-level model of technologies and business processes for manufacturing enterprises, which reflects not only vertical, but also horizontal data exchange between enterprise subsystems.

Zero level reflects real physical processes. The first level reflects the actions that are associated with the perception and control of physical processes. The second level reflects the required actions to monitor and control physical processes. Level 3 represents the workflow activities to produce the required products. Level 4 reflects the business-related activities that are required to manage manufacturing operations. For example, production planning and scheduling, material usage, shipping and inventory management.

Thus, using the approach set forth in the international standard ANSI / ISA-95, we will depict the business layer as four levels of business processes and their relationships. This will display business processes in the management hierarchy of the agricultural enterprise, the main objects used, as well as the flow of physical products from input materials to final products.

Figure 3 shows the business layer model of the architecture for our example of using IoT technology to assess the quality of the harvested crop in the combine bunker.

Considering the developed model of the business layer from the bottom up, we can note that at the level of physical objects are presented: a field on which a grain crop is grown, a combine harvester and a harvested crop, as well as a vehicle that will move the harvested grain depending on its quality to the elevator or warehouse of the enterprise.

At the level of production control, there are sensors for humidity, quality and grain weight in the combine bunker, a yield monitor and a vehicle control device.

The level of operations execution contains processes that implement the specification, definition and execution of tasks set at the level of management information. The processes of the highest level of management information reflect the stable, long-term management processes typical for the example under consideration for the entire agricultural enterprise. This is planning of production processes and economic indicators of activity, monitoring of vehicles, productivity, etc.

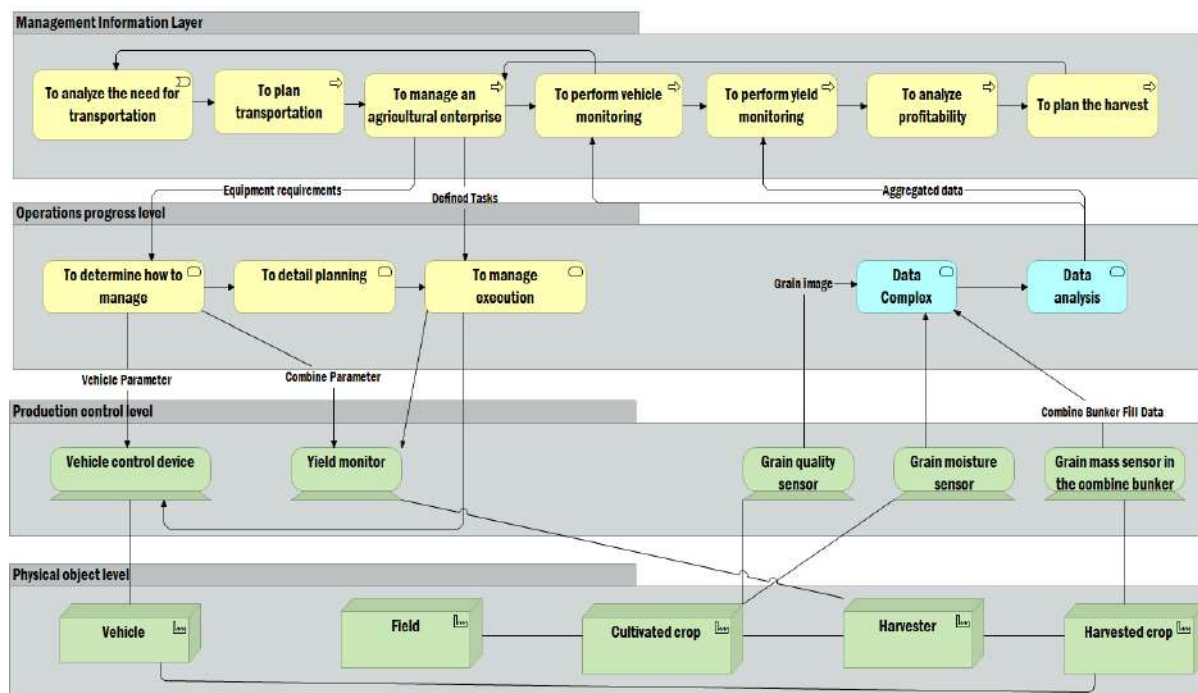


Figure 3 – Model of the business layer of the IS architecture
Рисунок 3 – Модель бизнес-слоя архитектуры

Complex information systems integrated with the Internet can use different database access technologies and run on different hardware. To understand the general configuration and topology of a distributed information system, identify system bottlenecks and create a topology that provides the required performance, it is necessary to have a visual representation of the distribution of system components over its physical nodes and a display of physical links between system nodes.

This task is solved by deployment diagrams, which are the traditional representation for the software architecture of the physical implementation.

Deployment diagrams represent the physical location of the system, describe the binding to specific hosts, types of equipment, environmental characteristics, showing on which physical equipment this or that software component is launched [15]. The elements of a deployment diagram are nodes, components, and relationships between them. A node represents some physically existing element of the system, such as sensors, computers, digital cameras. Information transfer paths between hardware nodes that indicate a physical connection, such as satellite, fiber optic line, in the deployment diagram, display connections represented by lines without arrows. Connections reflect the need to create a communication channel for the exchange of information between the respective nodes.

The deployment diagram represents the modeling of IC-related hardware at a medium to high level of abstraction, but is not a detailed description of the IC hardware.

The deployment diagram presented in this paper focuses on the described aspect of the operation of the combine with sensors in the bunker to determine the quality of the grain and solve the problem with its transportation. Therefore, the deployment diagram presents only those elements that are essential for understanding this particular aspect (figure 4).

Today, in modern high-tech agricultural enterprises, information is an important strategic resource that ensures their effective functioning. To obtain complete information in order to analyze the effectiveness of the use of resources and manage them, it is necessary to have a graphical information model that reflects the need for information by the structural divisions of the enterprise and business processes.

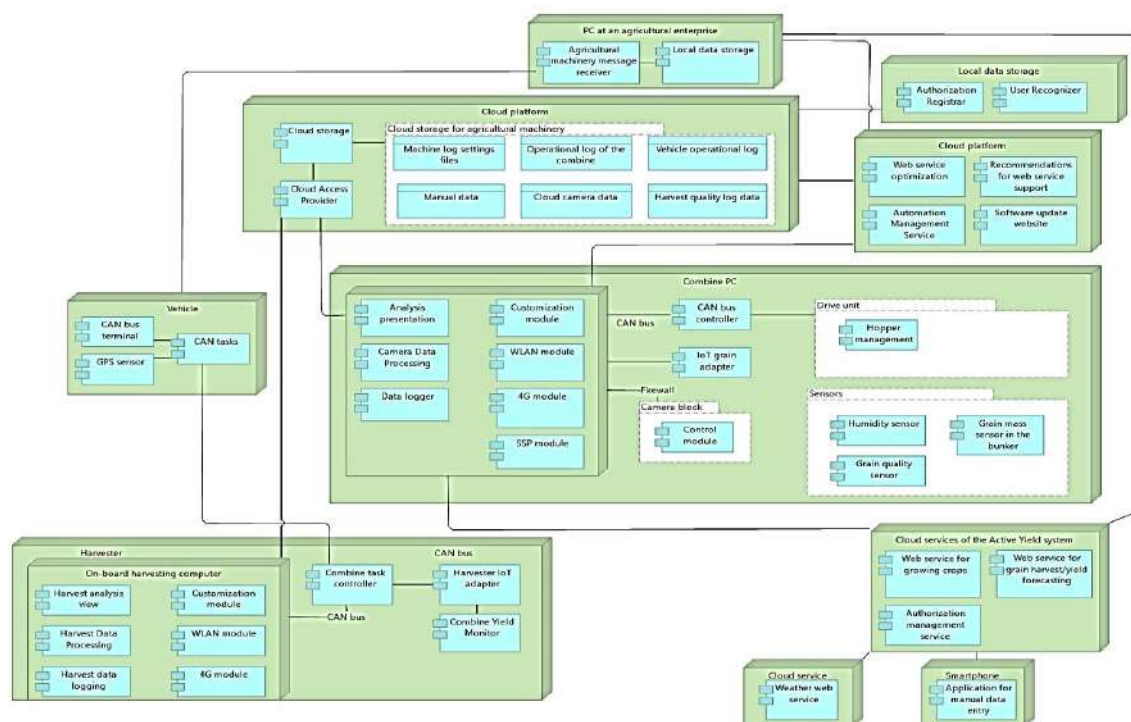


Figure 4 – Deployment diagram for the example under consideration
Рисунок 4 – Диаграмма развертывания для рассматриваемого примера

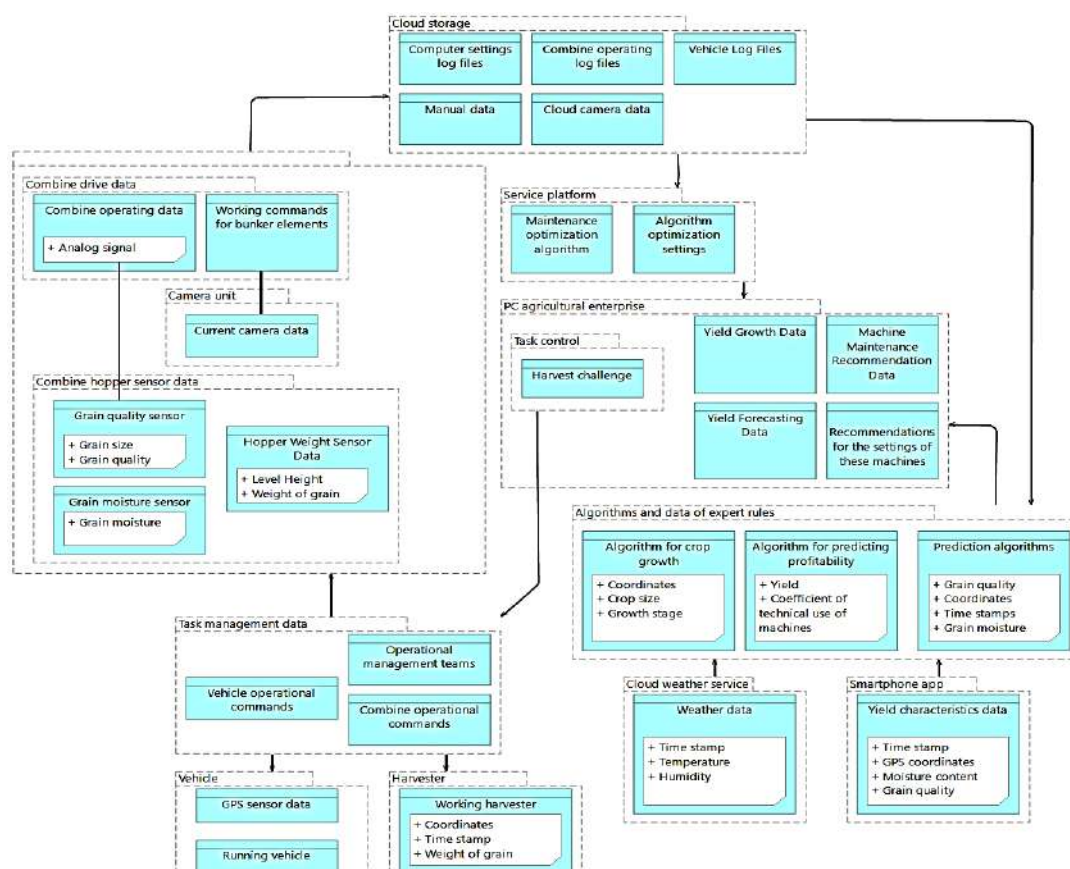


Figure 5 – Information model for the considered example
Рисунок 5 – Информационная модель для рассматриваемого примера

The information model defines key assets associated with various types of information, including operational data flows, algorithms, expert rule data; alerts and forecasts; data to manage.

The information model identifies the available data, determines their sources and procedures for using, while providing not only the visibility of information flows, but also their deep analytics. This eliminates the ambiguity of information, allows you to rationally arrange data, and also reduce the number of technologies used to store and access information.

In principle, any number of charts can be created representing information at the business line level, our study provides a model for our example of determining the quality of a harvested crop in a combine bunker using sensors and IoT technology.

When creating the information model shown in Figure 5, for the example we are considering, information elements involved in the company's business processes were identified. The model is consistent with the business process hierarchy model and the deployment model.

Conclusions. The research presents a system model of enterprise architecture that allows you to control the inherent complexity of systems, manage it in a changing environment, and also provide a common vision of the structure and functions of business systems and IT systems throughout the organization. The development of an enterprise architecture made it necessary to carefully consider the presence of its modules and layers, to establish appropriate links so that the resulting architecture models clearly show the consistency of IT infrastructure and business goals, as well as proper support for business processes by software.

The basis of the IT architecture is the Internet of Things and distributed ledger technologies, which provide digital services for monitoring, security, traceability, and analytics. The architecture of the agricultural plant-growing enterprise presented in the study ensures the collection, integrity, analysis and consistency of data that support managerial decision-making.

When developing the architecture of the enterprise information system, models were created that carefully and in detail describe the equipment and system software, detailed models for the implementation of object management through IoT sensors and actuators, as well as information flows for a specific example of using IoT technology in grain harvesting.

The models presented in the study make it possible to formalize the problems and requirements for IT on the part of the agricultural business; show how specific tasks are solved and how these requirements are implemented in IT systems. It opens up the possibility of achieving the mission of the organization through the smooth and efficient functioning of its key business processes within an effective IT environment.

Закключение. В работе представлена системная модель архитектуры предприятия, которая позволяет контролировать присущую системам сложность, управлять ею в изменяющейся среде, а также обеспечить общее видение структуры и функций бизнес-систем и ИТ-систем в рамках всей организации. Разработка архитектуры предприятия заставила тщательно продумывать наличие её модулей и слоев, устанавливать соответствующие связи, чтобы в полученных моделях архитектуры хорошо прослеживалась согласованность ИТ инфраструктуры и бизнес-целей, а также надлежащая поддержка бизнес-процессов программным обеспечением.

Основой ИТ архитектуры являются технологии интернета вещей и распределенного реестра, обеспечивающие предоставление цифровых сервисов мониторинга, безопасности, прослеживаемости, аналитики. Представленная в исследовании архитектура сельскохозяйственного растениеводческого предприятия обеспечивает сбор, целостность, анализ и непротиворечивость данных, которые поддерживают принятие управленческих решений.

При разработке архитектуры информационной системы предприятия были созданы модели, тщательно и детально описывающие оборудование и системный софт, подробные модели реализации управления объектами посредством датчиков и исполнительных механизмов IoT, а также информационные потоки для конкретного рассматриваемого примера использования технологии интернета вещей при уборке зерновых культур.

References

1. Jinyuan Xu, Baoxing Gu, Guangzhao Tian IoT Agricultural Technology Review. Künstliche Intelligenz in der Landwirtschaft. 2022. V. 6. Pp. 10-22.
2. Internet der Dinge in der Landwirtschaft: Umsetzung, Anwendung, Probleme und Potenziale. Biosystemtechnik. 2020. V. 191. Pp. 60-84.
3. Maheshwar R., Kanagachidambaresan G. R. Nachhaltige Entwicklung durch das Internet der Dinge. Drahtloses Netzwerk. 2020. N. 26. Pp. 2305-2306.

4. Ferrandez-Pastor F. J., Garcia-Chamiso J. M., Nieto-Hidalgo M., Mora-Pascual H., Mora-Martínez H. Developing a Ubiquitous Sensor Network Platform Using the Internet of Things: Precision Agriculture Applications/Sensors (Basel). 2016. № 16 (7).
5. Recommendation ITUT Y.2060. IoT Reference Model, IoT Overview. ITU Telecommunication Standardization Sector. <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=Y.2060>
6. AIOTI, 2018. High Level Architecture (HLA), version 2.1. IoT Innovation Alliance Working Group 03, P. 20. https://aioti.eu/wp-content/uploads/2017/03/AIOTI-WG3-IoT-High-Level-Architecture-Release_2_1.pdf.
7. OPC, 2017. Unified Architecture, OPC 10000-1 – Part 1: Overview and Concepts, Version 1.04. <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture/part-1-overview-and-concepts/>
8. Industrial automation systems – Requirements for enterprise-reference architectures and methodologies: ISO 15704:2000.
9. Kochetkova O. V., Shiryayeva E. V. Promising Architecture of Dairy Farming Enterprises Using Modern Digital Technologies for Sustainable Development. Earth and Environmental Sciences, Volume 965, AgroINNOVATION: Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex. Volgograd, 2021. V. 965.
10. Gill A. K. Modeling of Flexible Enterprise Architecture: Assessing the Applicability and Integration of Six Modeling Standards. Information and software technologies. 2015. № 67. Pp. 196-206.
11. Kochetkova O. V., Matveev A. S., Arkov D. P., Shiryayeva E. V. Functional models of grain production in basic farms of agricultural university. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2019. N. 4 (56). Pp. 237-246.
12. Kostukova H. N. Blockchain and Directions of its Using in Logistics in the Conditions of Digital Transformation. Cifrovaja transformacija. 2020. N. 3 (12). Pp. 39-44.
13. Pallavi Sethi, Smruti R. Sarangi Internet of Things: Architectures, Protocols and Applications Journal of Electrical and Computer Engineering. 2017. N. 1. Pp. 1-25.
14. John Deere brings high-capacity X-Series combines to Europe. <https://www.deere.co.uk/en/our-company/news-and-media/press-releases/2020/june/news-high-capacity-x-series-combines-to-europe.html>
15. UML language. User guide. Part VI – Architectural modeling. Chapter 30. Deployment Diagrams.

Библиографический список

1. Цзиньюань Сюй, Баосин Гу, Гуанчжао Тянь Обзор сельскохозяйственных технологий Интернета вещей. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве. 2022. Т. 6. С. 10-22.
2. Вилла-Хенриксен А., Гарет Т. К. и др. Интернет вещей в земледелии: внедрение, применение, проблемы и потенциал. Биосистемная инженерия. 2020. Т. 191. С. 60-84.
3. Махешвар Р., Канагачидамбаресан Г. Р. Устойчивое развитие через Интернет вещей. Беспроводная сеть. 2020. № 26. С. 2305-2306.
4. Феррандес-Пастор Ф. Дж., Гарсиа-Чамисо Х. М., Ньето-Идальго М., Мора-Паскуаль Х., Мора-Мартинес Х. Разработка повсеместной платформы сенсорной сети с использованием Интернета вещей: применение в точном земледелии/Датчики (Базель). 2016. № 16 (7).
5. Рекомендация МСЭ-Т Y.2060. Эталонная модель Интернета вещей, Обзор Интернета вещей. Сектор стандартизации электросвязи МСЭ. <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=Y.2060>
6. AIOTI, 2018. Архитектура высокого уровня (HLA), версия 2.1. Рабочая группа Альянса инноваций Интернета вещей 03. С. 20. https://aioti.eu/wp-content/uploads/2017/03/AIOTI-WG3-IoT-High-Level-Architecture-Release_2_1.pdf.
7. OPC, 2017. Унифицированная архитектура, OPC 10000-1 – Часть 1: Обзор и концепции, Версия 1.04. <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture/part-1-overview-and-concepts/>
8. Системы промышленной автоматизации. Требования к эталонным корпоративным архитектурам и методологиям: ISO 15704:2000.
9. Кочеткова О. В., Ширяева Е. В. Перспективная архитектура предприятий молочного животноводства, использующих современные цифровые технологии для устойчивого развития. Науки о Земле и окружающей среде, Том 965, АгроИННОВАЦИЯ: Инновационные решения в агропромышленном комплексе. Волгоград, 2021. Т. 965.
10. Гилл А. К. Моделирование гибкой архитектуры предприятия: оценка применимости и интеграции шести стандартов моделирования. Информационные и программные технологии. 2015. № 67. С. 196-206.
11. Кочеткова О. В., Матвеев А. С., Арьков Д. П., Ширяева Е. В. Функциональные модели производства зерна в базовых хозяйствах аграрного университета. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 4 (56). С. 237-246.
12. Костюкова Н. Н. Блокчейн и направления его использования в логистике в условиях цифровой трансформации. Цифровая трансформация. 2020. Т. 3 (12). С. 39-44.
13. Паллави Сетхи, Смурути Р. Саранги Интернет вещей: архитектура, протоколы и приложения. Журнал электротехники и вычислительной техники. 2017. № 1. С. 1-25.
14. John Deere привозит в Европу высокопроизводительные комбайны серии X. <https://www.deere.co.uk/en/our-company/news-and-media/press-releases/2020/june/news-high-capacity-x-series-combines-to-europe.html>
15. Язык UML. Гид пользователя. Архитектурное моделирование. Глава 30. Диаграммы развертывания. Ч. VI.

Информация об авторе

Кочеткова Ольга Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры "Информационные системы и технологии", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: kov555@list.ru

Author's Information

Kochetkova Olga Vladimirovna, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: kov555@list.ru

**SIMULATION OF THE PROCESS OF INTERACTION OF SOIL PARTICLES WITH
THE SURFACE OF THE WORKING BODY STRENGTHENED WITH A LONGITUDINAL
REINFORCING ROLLER****Subbotin S. I., Fomin S. D., Gapich D. S.***Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: fsd_58@mail.ru

Received 26.05.2024

Submitted 11.07.2024

Abstract

Introduction. The improvement of working bodies for agricultural machinery plays an important role in increasing the efficiency of production of surfacing reinforcing rollers during the hardening of parts significantly changes the profile of the contact surface with the soil, making adjustments to the behavior of force factors acting on the part when it is moved. The profile ceases to be flat, so there is an increase in the resulting resistance force to the movement of the working body, especially when plowing heavy soils. To determine the increase in this force, the authors analyzed the movement of soil particles around the roller. In the course of the study, the issue of determining the resistance force to the movement of a soil particle along the surface of a reinforcing roller, taking into account its wear and its speed of movement, is considered.

Object. The object of the study is the working body of a chisel plow, made in the form of a chisel. The aim of the study is to increase the durability of the working bodies of chisel tools by optimizing their geometric parameters. **Materials and methods.** The research methods are based on the theoretical justification of the proposed measures carried out using the classical laws of agricultural mechanics, applied mechanics, and the theory of vibrations of solids. **Results and conclusions.** The processes of interaction of soil particles with the surface of the working body of the chisel, reinforced with transverse and longitudinal reinforcement rollers, are considered. The use of cross-reinforced rollers made of surfaced material as hardening is not advisable from an energy point of view, since it leads to an increase in the resistance force to the movement of the working body. Mathematical dependences are obtained that allow us to estimate the increase in the resistance force. Criteria conditions were obtained to avoid sticking of soil particles between longitudinal reinforcing rollers. An analytical equation of the optimal trajectory of the soil particle along the surface of the reinforcement roller is obtained, which allows to obtain its geometric dimensions.

Keywords: *chisel ploughs, chisel plough bit, abrasive wear, experimental plough tools.*

Citation. Subbotin S. I., Fomin S. D., Gapich D. S. Simulation of the process of interaction of soil particles with the surface of the working body strengthened with a longitudinal reinforcing roller. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 348-355 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-38.

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

УДК 631.316.22

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ ПОЧВЫ
С ПОВЕРХНОСТЬЮ РАБОЧЕГО ОРГАНА, УПРОЧНЕННОГО ПРОДОЛЬНЫМ
АРМИРОВОЧНЫМ ВАЛИКОМ****Субботин С. И., аспирант****Фомин С. Д., доктор технических наук, доцент****Гапич Д. С., доктор технических наук, профессор***ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация*

Актуальность. Совершенствование рабочих органов для сельскохозяйственной техники играет важную роль в повышении эффективности производства. Наплавка армирующих валиков при упрочнении деталей существенным образом меняет профиль поверхности контакта с почвой, внося коррективы в поведение силовых факторов, действующих на деталь при ее перемещении. Профиль перестаёт быть плоским, поэтому наблюдается рост результирующей силы сопротивления движению рабочего органа, особенно при вспашке тяжёлых почв. Для определения увеличения этой силы авторы проанализировали движение частиц почвы, огибающей валик. В процессе исследования рассмотрен вопрос определения силы сопротивления перемещению частицы почвы по поверхности армирующего

валика с учетом его изнашивания и ее скорости движения. **Объект.** Объектом исследования является рабочий орган чизельного плуга, выполненный в виде долота. **Целью** исследования является повышение долговечности рабочих органов чизельных орудий за счет оптимизации их геометрических параметров. **Материалы и методы.** Методы исследования базируются на теоретическом обосновании предложенных мер, выполненных с применением классических законов земледельческой механики, прикладной механики, теории колебаний твердых тел. **Результаты и выводы.** Рассмотрены процессы взаимодействия частиц почвы с поверхностью рабочего органа долота, упрочненной поперечными и продольными армировочными валиками. Использование в качестве упрочнения поперечно-армированных валиков из наплавляемого материала нецелесообразно с энергетической точки зрения, т.к. приводит к увеличению силы сопротивления движению рабочего органа. Получены математические зависимости, позволяющие оценить приrost силы сопротивления. Получены критериальные условия, позволяющие избежать залипания частиц почвы между продольными армирующими валиками. Получено аналитическое уравнение оптимальной траектории движения частицы почвы по поверхности армировочного валика, позволяющее получить его геометрические размеры.

Ключевые слова: чизельные плуги, долото чизельного плуга, абразивный износ, экспериментальные рабочие органы плугов.

Цитирование. Субботин С. И., Фомин С. Д., Гапич Д. С. Моделирование процесса взаимодействия частиц почвы с поверхностью рабочего органа, упрочненного продольным армировочным валиком. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 348-355. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-38.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Основной причиной выхода из строя машин и техники является износ их основных деталей, что подтверждается выявленными закономерностями процессов трения и изнашивания деталей машин [1-6]. Анализ работ этих исследователей показывает, что основным видом изнашивания деталей сельскохозяйственной техники является абразивный. Основным сдерживающим фактором увеличения доли деталей, восстановленных по существующим технологиям, является их недостаточная долговечность, повышение которой может быть достигнуто путем разработки и применения новых эффективных технологий, позволяющих довести их послеремонтный ресурс до ресурса новых и даже превзойти его [7-13]. Поэтому разработка инновационных технологий упрочнения актуальна. Данные обстоятельства являются основной мотивацией разработки научно-производственных направлений восстановления и упрочнения рабочих органов почвообрабатывающей техники с прогнозируемым и управляемым ресурсом.

Метод увеличения ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин за счет применения поперечного наплавочного армирования на рабочих поверхностях рассмотрен в работах [14-19]. К основным задачам, которые решались в рамках анализированных работ относятся: установление величины прироста сопротивления движению рабочего органа в почве при наличии армированных валиков; анализ сил, действующих на частицу почвы, перемещающейся по криволинейной поверхности; изучение интенсивности износа поперечно армированной поверхности рабочего органа.

Наплавка армирующих валиков при упрочнении деталей существенным образом меняет профиль поверхности контакта с почвой, внося коррективы в поведение силовых факторов, действующих на деталь при ее перемещении. Профиль перестает быть плоским, поэтому наблюдается рост результирующей силы сопротивления движению рабочего органа, особенно при вспашке тяжелых почв.

Для определения увеличения этой силы авторы проанализировали движение частиц почвы, огибающей валик. В процессе исследования рассмотрен вопрос определения силы сопротивления перемещению частицы почвы по поверхности армирующего валика с учетом его изнашивания и ее скорости движения.

Материалы и методы. Методы исследования базируются на теоретическом обосновании предложенных мер, выполненных с применением классических законов земледельческой механики, прикладной механики, теории колебаний твердых тел.

Результаты и обсуждения. Рассмотрим процесс взаимодействия частиц почвы с поверхностью рабочего органа, упрочненного продольным армировочным валиком.

На рисунке 1 представлен фрагмент носовой части долота, упрочненного продольным армировочным валиком.

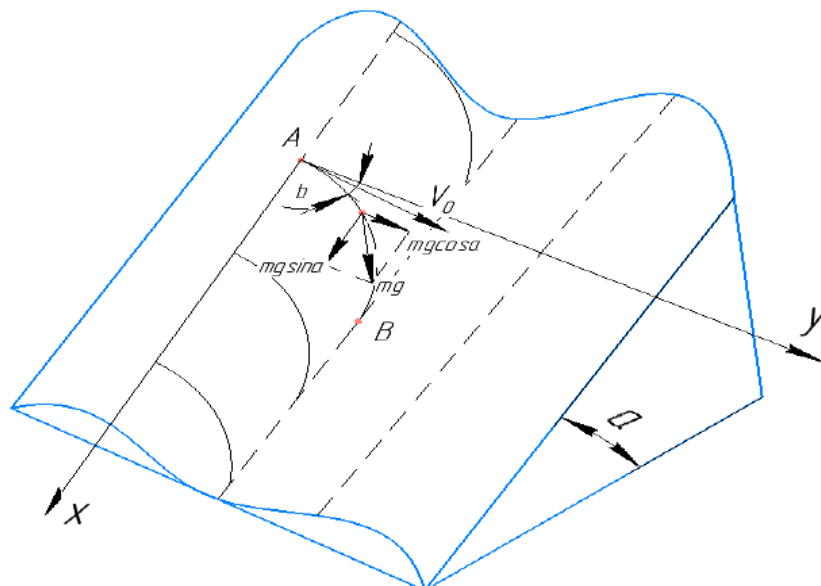


Рисунок 1 – Кинематическая схема взаимодействия носовой части долота с частицей почвенного фона

Figure 1 – Kinematic scheme of interaction of the nose of the bit with a soil particle

В какой-то момент времени частица движется с начальной скоростью V_0 по данному направлению. В силу наличия действующих сил и сил трения траектория движения будет происходить по некоторой кривой линии S . Дифференциальное уравнение частицы в проекциях на оси декартовых координат запишется в виде:

$$\begin{aligned} m \frac{d^2 x}{dt^2} &= -fmg \cos(\alpha) \cos(\beta) \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} &= mg \sin(\alpha) - fmg \cos(\alpha) \sin(\beta) \end{aligned} \quad (2.1)$$

Если пренебречь силой трения, то уравнения 2.1 примут вид:

$$\begin{aligned} m \frac{d^2 x}{dt^2} &= 0 \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} &= mg \sin(\alpha) \end{aligned} \quad (2.2)$$

Решение уравнений 2.2. при заданных начальных условиях: $t=0$, $V=V_0$; $x=y=0$; имеет вид

$$\begin{aligned} x &= V_0 t \cos(\beta_0); \\ y &= V_0 t \sin(\beta_0) + \frac{gt^2}{2} \sin(\alpha), \end{aligned} \quad (2.3)$$

т.е. движение частицы происходит по параболе.

Скорость частицы определится выражением:

$$V^2 = V_0^2 + 2gysin(\alpha). \quad (2.4)$$

Если учитывать силу трения, возникающую между частицей почвы и поверхностью рабочего органа, скорость частицы определится выражением:

$$V^2 = V_0^2 + 2gysin(\alpha) - 2fgscos(\alpha). \quad (2.5)$$

В этом случае скорость движения частицы является функцией от двух зависимых координат y и s , что резко усложняет поставленную задачу. В этом случае целесообразно дифференциальные уравнения движения частицы записать в проекциях на естественные оси. Такие уравнения будут иметь вид:

$$\begin{aligned} m \frac{dV}{dt} &= mg \sin(\alpha) \sin(\beta) - fmg \cos(\alpha) \\ m \frac{V^2}{\rho} &= \pm mg \sin(\alpha) \cos(\beta) \end{aligned} \quad (2.6)$$

Знак $+$ во второй зависимости выражения 2.6 относится к случаю, когда траектория движения частицы обращена вогнутостью в сторону положительного направления оси ординат и $-$ в противоположном случае.

Учитывая, что

$$\rho = \pm \frac{ds}{d\beta} = \pm V \frac{dt}{d\beta}, \quad (2.7)$$

получим

$$dt = \frac{V}{mg} \cdot \frac{d\beta}{\cos\beta}. \quad (2.8)$$

Полученные выражения позволяют определить скорость движения частицы в функции угла β , после чего можно получить зависимость изменения координат x и y в функции угла β , используя соотношения:

$$\begin{aligned} dx &= V \cos\beta dt \\ dy &= V \sin\beta dt \end{aligned} \quad (2.9)$$

Задачу можно существенно упростить, если ввести новую переменную

$$\delta = tg \left(45^\circ - \frac{\beta}{2} \right). \quad (2.10)$$

Тогда

$$\frac{d\beta}{\cos\beta} = -\frac{d\delta}{\delta}, \sin\beta = \frac{1-\delta^2}{1+\delta^2}, \cos\beta = \frac{2\delta}{1+\delta^2} \quad (2.11)$$

следовательно, уравнение 2.8 запишется в виде

$$dt = -\frac{V}{mg} \cdot \frac{d\delta}{\delta}.$$

Подставив данное выражение в уравнения 2.6, 2.9 получим

$$\begin{aligned} \frac{dV}{V} &= -\frac{1-\delta^2}{1+\delta^2} \cdot \frac{d\delta}{\delta} + k_1 \frac{d\delta}{\delta} \\ dx &= \frac{2V^2 d\delta}{mg(1+\delta^2)} \\ dy &= \frac{V^2(1-\delta^2)d\delta}{mg(1+\delta^2)\delta} \end{aligned} \quad (2.12)$$

Интегрируя выражение 2.12 получим

$$V = C \delta^{fctga-1} (1+\delta^2) \quad (2.13)$$

$$x = -\frac{2C}{g \sin\alpha} \left(\frac{\delta^{2fctga-1}}{2fctga-1} + \frac{\delta^{2fctga+1}}{2fctga+1} \right) + A \quad (2.14)$$

$$y = -\frac{C^2}{g \sin\alpha} \left(\frac{\delta^{2fctga-2}}{2fctga-2} + \frac{\delta^{2fctga+2}}{2fctga+2} \right) + B \quad (2.15)$$

$$t = \frac{C}{g \sin\alpha} \left(\frac{\delta^{fctga-1}}{fctga-1} + \frac{\delta^{fctga+1}}{fctga+1} \right) + T \quad (2.16)$$

где A , B и T – произвольные постоянные.

Произвольные постоянные определяются по начальным условиям: $t=0$, $V=V_0$; $x=y=0$.

$$C = \frac{V_0}{\delta^{fctga-1}(1+\delta^2)} \quad (2.17)$$

$$A = \frac{2V_0^2}{gsin\alpha[\delta^{fctga-1}(1+\delta^2)]^2} \left(\frac{\delta^{2fctga-1}}{2fctga-1} + \frac{\delta^{2fctga+1}}{2fctga+1} \right) \quad (2.18)$$

$$B = \frac{2V_0^2}{gsin\alpha[\delta^{fctga-1}(1+\delta^2)]^2} \left(\frac{\delta^{2fctga-2}}{2fctga-2} + \frac{\delta^{2fctga+2}}{2fctga+2} \right) \quad (2.19)$$

$$T = \frac{V_0}{gsin\alpha[\delta^{fctga-1}(1+\delta^2)]} \left(\frac{\delta^{fctga-1}}{fctga-1} + \frac{\delta^{fctga+1}}{fctga+1} \right) \quad (2.20)$$

Если

$$fctga < 1,$$

то скорость V , согласно уравнению 2.13 обращается в 0 при $\delta=0$. Тогда координаты точки будут равны $x=A$ и $y=B$. Данное положение частица почвы достигнет в момент времени $t=T$. Если длина $y=B$ и ширина продольного армирующего валика $x=A$ будет больше указанных размеров, то частицы почвы будут останавливаться на границе валика и произойдет затор.

В случае $fctga > 1$, скорость частицы не может обратиться в ноль ни при каком значении δ . Поэтому в случае избежания залипания частиц между армирующими валиками следует использовать следующее критериальное условие $ctga < 1$.

Общее уравнение траектории частицы почвы

$$\delta^{x1+y1} = \delta^{x1}\delta^{y1}$$

Тогда

$$\delta^{2fctga-1} = \delta^{2fctga}\delta^{-1}$$

Обозначив

$$\begin{aligned} \delta^{2fctga} &= w \\ \delta^{2fctga-1} &= w\delta^{-1} = \frac{w}{\delta} \end{aligned}$$

Тогда выражение 2.14 запишется в виде

$$x = -\frac{2C}{gsin\alpha} \left(\frac{w}{\delta(2fctga-1)} + \frac{w}{\delta(2fctga+1)} \right) + A$$

или

$$\begin{aligned} \frac{2Cw}{gsin\alpha\delta} \left(\frac{4fctga}{(2fctga)^2-1} \right) &= A-x \\ \frac{8Cfwctga}{gsin\alpha\delta(4f^2ctg^2\alpha-1)} &= A-x \end{aligned}$$

Откуда

$$w = \frac{(A-x)gsin\alpha\delta(4f^2ctg^2\alpha-1)}{8Cfwctga}$$

Выражение 2.15 представим в виде

$$y = -\frac{C^2}{gsin\alpha} \left(\frac{w}{\delta^2(2fctga-2)} + \frac{w}{\delta^2(2fctga+2)} \right) + B$$

или

$$y = -\frac{C^2w}{\delta^2gsin\alpha} \left(\frac{4fctga}{4f^2ctg^2\alpha-4} \right) + B$$

подставим значение w

$$y = -\frac{C^2}{\delta^2gsin\alpha} \left(\frac{4fctga}{4f^2ctg^2\alpha-4} \right) (A-x) \frac{gsin\alpha\delta(4f^2ctg^2\alpha-1)}{8Cfwctga} + B$$

После сокращения, окончательно получим

$$y = -(A-x) \frac{C}{2\delta} \frac{(4f^2ctg^2\alpha-1)}{(4f^2ctg^2\alpha-4)} + B$$

Заключение. 1. Рассмотрены процессы взаимодействия частиц почвы с поверхностью рабочего органа долота, упрочненной поперечными и продольными армировочными валиками.

2. Использование в качестве упрочнения поперечно-армированных валиков из наплавляемого материала нецелесообразно с энергетической точки зрения, т.к. приводит к увеличению силы сопротивления движению рабочего органа. Получены математические зависимости, позволяющие оценить прирост силы сопротивления.

3. Получены критериальные условия, позволяющие избежать залипания частиц почвы между продольными армирующими валиками.

4. Получено аналитическое уравнение оптимальной траектории движения частицы почвы по поверхности армировочного валика, позволяющее получить его геометрические размеры.

Conclusions. 1. The processes of interaction of soil particles with the surface of the working body of the chisel, reinforced with transverse and longitudinal reinforcement rollers, are considered.

2. The use of cross-reinforced rollers made of surfaced material as hardening is impractical from an energy point of view, since it leads to an increase in the resistance force to the movement of the working body. Mathematical dependences are obtained that allow us to estimate the increase in the resistance force.

3. Criteria conditions were obtained to avoid sticking of soil particles between longitudinal reinforcing rollers.

4. An analytical equation of the optimal trajectory of the soil particle along the surface of the reinforcement roller is obtained, which allows obtaining its geometric dimensions.

Библиографический список

1. Ульянова Н. Д. и др. Анализ износов правого и вертикального ножей скоростного плуга ПСКУ и методы по увеличению их долговечности. Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. 2022. № 1. С. 54-65.
2. Михальченков А. М. и др. Анализ исполнительных органов глубокихрыхлителей по их стойкости к абразивному изнашиванию. Вестник Брянской ГСХА. 2018. № 1 (65). С. 50-57.
3. Кожухова Н. Ю. и др. Геометрическая форма износа отвалов скоростных плугов ПСКУ, методы его устранения и торможения. Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. 2022. № 1. С. 65-74.
4. Михальченков А. М. и др. Изнашивание восстановленных отвальных поверхностей трения при воздействии на них среды с высоким содержанием диоксида кремния. Вестник Брянской ГСХА. 2019. № 6 (76). С. 65-69.
5. Михальченков А. М. и др. Изменение микроструктуры и микротвердости стали 65Г после термоупрочнения и наплавки малоуглеродистым электродом. Технический сервис машин. 2021. № 1 (142). С. 107-114.
6. Кожухова Н. Ю., Синяя Н. В. Влияние армирования поверхности лемехов на их изнашивание по толщине. Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 9. С. 31-34.
7. Кожухова Н. Ю. Влияние армирования рабочей поверхности плужного лемеха на расход топлива. Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2013. № 1 (12). С. 163-168.
8. Кожухова Н. Ю., Емельянов С. С., Ищенко Н. В. Изменение ширины лучевидного износа армированных малоуглеродистым углеродом лемехов при эксплуатации на суглинках. Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1 (65). С. 45-50.
9. 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.
10. Фесиков С. А. и др. Методические особенности проведения экспериментов по повышению ресурса долот глубокихрыхлителей. Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. 2021. № 1. С. 35-47.
11. Михальченков А. М. и др. Механические свойства термоупрочненной стали 65Г, поверхностно-армированной наплавкой твердым сплавом. Агроинженерия. 2021. № 3 (103). С. 63-68.
12. Михальченков А. М., Козарез И. В., Горбачев Р. В. Влияние наплавочного армирования на изнашивание восстановленных лемехов компании Фогель и Ноот. Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 111. № 1. С. 50-55.
13. Михальченков А. М., Козарез И. В., Тюрева А. А. Способы упрочнения и упрочняющего восстановления лемехов плугов с сопутствующей термообработкой (аналитическое рассмотрение). Вестник Брянской ГСХА. 2017. № 2 (60). С. 24-27.
14. Михальченков А. М., Комогорцев В. Ф., Тюрева А. А. Факторы, влияющие на повышение долговечности плужных лемехов при наплавочном армировании. Упрочняющие технологии и покрытия. 2010. № 3 (63). С. 39-43.
15. Михальченков А. М., Прудников С. Н., Ковалев А. П. Износостойкость отвалов плугов после восстановления и упрочнения наплавочным армированием. Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2011. № 11. С. 41-45.
16. Михальченков А. М. Использование способа термоупрочненных компенсирующих элементов для восстановления лемехов импортного производства. Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. 2017. № 1. С. 28-71.

17. Серов Н. В., Серов А. В., Бурак П. И. Технология упрочнения лемехов плуга электроконтактной приваркой. Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 287-290.

18. Титов Н. В., Хамзин А. В., Слободчиков Д. А. Перспективная технология восстановления и упрочнения лемехов плугов. Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 3 (18). С. 218-222.

19. Тюрева А. А., Феськов С. А. Восстановление лап культиваторов методом "компенсирующих элементов" с использованием наплавочного армирования. Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. 2017. № 1. С. 101-119.

References

1. Analysis of wear of the right and vertical knives of the PSKU high-speed plough and methods to increase their durability. Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology of the Bryansk State Agrarian University. 2022. № 1. Pp. 54-65.

2. Mikhachenkov A. M., et al. Analysis of Subsoiler Actuators by Their Resistance to Abrasive Wear. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2018. № 1 (65). Pp. 50-57.

3. Kozhukhova N. Y., et al. Geometric Form of Wear of Dumps of High-Speed Plows PSU, Methods of Its Elimination and Braking. Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology of the Bryansk State Agrarian University. 2022. № 1. Pp. 65-74.

4. Mikhachenkov A. M., et al. Wear of Restored Friction Dump Surfaces When Exposed to Environments with High Silicon Dioxide Content. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2019. № 6 (76). Pp. 65-69.

5. Mikhachenkov A. M., et al. Change of Microstructure and Microhardness of 65G Steel after Heat Hardening and Surfacing with a Low-Carbon Electrode. Technical service of machines. 2021. № 1 (142). Pp. 107-114.

6. Kozhukhova N. Yu., Sinyaya N. V. Effect of Reinforcement of the Surface of Ploughshares on Their Wear in Thickness. Tractors and agricultural machines. 2016. № 9. Pp. 31-34.

7. Kozhukhova N. Y. Effect of Reinforcement of the Working Surface of a Plow Share on Fuel Consumption. Design, use and reliability of agricultural machines. 2013. № 1 (12). Pp. 163-168.

8. Kozhukhova N. Yu., Emelyanov S. S., Ishchenko N. V. Change in the Width of Radial Wear of Low-Carbon Carbon-Reinforced Ploughshares in Operation on Loam. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2018. № 1 (65). Pp. 45-50.

9. Kostyleva L. V., Gapich D. S., Borisenko I. B. Problematic Issues of Operation of Chisel Tools Working Bodies and Ways to Solve Them. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2015. № 3 (39). Pp. 176-179.

10. Feskov S. A. et al. Methodological Features of Conducting Experiments to Increase the Life of Subsoiler Bits. Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology of the Bryansk State Agrarian University. 2021. № 1. Pp. 35-47.

11. Mikhachenkov A. M., et al. Mechanical Properties of Heat-Strengthened Steel 65G Surfaced by Hard Alloy. Agricultural engineering. 2021. № 3 (103). Pp. 63-68.

12. Mikhachenkov A. M., Kozarez I. V., Gorbachev R. V. Effect of Surfacing Reinforcement on Wear and Wear of Restored Shares of Vogel & Noot. Proceedings of GOSNITI. 2013. V. 111. № 1. Pp. 50-55.

13. Mikhachenkov A. M., Kozarez I. V., Tyureva A. A. Methods of Hardening and Strengthening Restoration of Plow Shares with Accompanying Heat Treatment (Analytical Consideration). Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2017. № 2 (60). Pp. 24-27.

14. Mikhachenkov A. M., Komogortsev V. F., Tyureva A. A. Factors Influencing the Increase in the Durability of Plow Shares in Surfacing Reinforcement. Hardening technologies and coatings. 2010. № 3 (63). Pp. 39-43.

15. Mikhachenkov A. M., Prudnikov S. N., Kovalev A. P. Wear Resistance of Plough Dumps after Restoration and Hardening by Surfacing Reinforcement. Repair. Restoration. Modernization. 2011. № 11. Pp. 41-45.

16. Mikhachenkov A. M. Use of the Method of Heat-Strengthened Compensating Elements for the Restoration of Imported Shares. Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology of the Bryansk State Agrarian University. 2017. № 1. Pp. 28-71.

17. Serov N. V., Serov A. V., Burak P. I. Technology of Ploughshare Hardening by Electrocontact Welding. Proceedings of GOSNITI. 2015. V. 121. Pp. 287-290.

18. Titov N. V., Khamzin A. V., Slobodchikov D. A. Promising Technology of Restoration and Strengthening of Ploughshares. Innovations in agriculture. 2016. № 3 (18). Pp. 218-222.

19. Tyureva A. A., Feskov S. A. Restoration of Cultivator Shares by the Method of "Compensating Elements" Using Surfacing Reinforcement. Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology of the Bryansk State Agrarian University. 2017. № 1. Pp. 101-119.

Информация об авторах

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

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

Author's Information

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

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

Gapich Dmitry Sergeevich, 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

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-39

EXPERIMENTAL STUDIES OF A CHISEL UNIT EQUIPPED WITH WORKING BODIES WITH IMPROVED GEOMETRIC CHARACTERISTICS

Subbotin S. I., Gapich D. S., Fomin S. D.

Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: fsd_58@mail.ru

Received 26.05.2024

Submitted 12.07.2024

Abstract

Introduction. The improvement of working bodies for agricultural machinery plays an important role in improving production efficiency. As a result of the analysis, a promising method for strengthening the tillage working bodies of a chisel plow has been established by melting reinforcement rollers made of high-carbon alloys onto the working surface of the chisel. **Object.** The object of the study is the working organ of the chisel plow. The aim of the study is to increase the durability of the working bodies of chisel tools by optimizing their geometric parameters. **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.** 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 use in real operating conditions. High-carbon alloy HF-50 was chosen as the main material for the manufacture of experimental bits. The experimental bits, after machining operations, were subjected to heat treatment consisting of isothermal quenching and low tempering. A chisel machine-tractor unit consisting of a tractor DT – 75M and a chisel plow OCHO-5 was chosen as the object of research.

Keywords: chisel plow, chisel plow chisel, experimental chisel plow working body.

Citation. Subbotin S. I., Gapich D. S., Fomin S. D. Experimental studies of a chisel unit equipped with working bodies with improved geometric characteristics. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 355-364 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-39.

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 631.316.22

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧИЗЕЛЬНОГО АГРЕГАТА, ОБОРУДОВАННОГО РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ С УЛУЧШЕННЫМИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

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. Совершенствование рабочих органов для сельскохозяйственной техники играет важную роль в повышении эффективности производства. В результате анализа установлен перспективный способ упрочнения почвообрабатывающих рабочих органов чизельного плуга за счет наплавления армированных валиков, выполненных из высокоуглеродистых сплавов на рабочую поверхность долота. **Объект.** Объектом исследования является рабочий орган чизельного плуга. **Целью** исследования является повышение долговечности рабочих органов чизельных орудий за счет оптимизации их геометрических параметров. **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.** Разработана программа экспериментальных исследований чизельного агрегата, оборудованного рабочими органами с улучшенными геометрическими характеристиками, позволяющая оценить эффективность их применения в реальных условиях эксплуатации. 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. В качестве объекта исследования был выбран чизельный машинно-тракторный агрегат, состоящий из трактора ДТ – 75М и чизельного плуга ОЧО-5.

Ключевые слова: чизельный плуг, долото чизельного плуга, экспериментальный рабочий орган чизельного плуга.

Цитирование. Субботин С. И., Гапич Д. С., Фомин С. Д. Экспериментальные исследования чизельного агрегата, оборудованного рабочими органами с улучшенными геометрическими характеристиками. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 355-364. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-39.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Возрастающая интенсивность эксплуатации парка техники в аграрных хозяйствах повышает скорость изнашивания ее ресурсопределяющих деталей, что обуславливает снижение количественных показателей долговечности техники [1-4]. Установлено, что работоспособное состояние почвообрабатывающих орудий лимитируется техническим состоянием его рабочего органа. Ресурс этой детали ограничен износостойкостью ее рабочих поверхностей и условиями эксплуатации [5-10].

Анализ существующих способов восстановления и упрочнения почвообрабатывающих рабочих органов показывает, что большинство из них не может быть рекомендовано по следующим критериям: технологическому, долговечности, технико-экономическому и экологическому [11-15].

В результате анализа установлен перспективный способ упрочнения почвообрабатывающих рабочих органов чизельного плуга за счет наплавления армировочных валиков, выполненных из высокоуглеродистых сплавов на рабочую поверхность долота [16-22].

Объект исследования – технологический процесс чизельной обработки почвы.

Предмет исследования – показатели долговечности рабочих органов чизельного плуга.

Целью исследования является повышение долговечности рабочих органов чизельных орудий за счет оптимизации их геометрических показателей.

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 обсуждения. Программа экспериментальных исследований чизельного агрегата, оборудованного рабочими органами с улучшенными геометрическими характеристиками, включала в себя несколько основных разделов:

- 1) изготовление опытной партии экспериментальных долот;
- 2) создание экспериментальной установки, позволяющей выполнить тяговые испытания рабочей секции чизельного орудия, оборудованной экспериментальными рабочими органами;
- 3) создание натурного 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 и серийных объектов на износостойкость.

Изготовление опытной партии экспериментальных долот.

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 по средствам 3D печати.

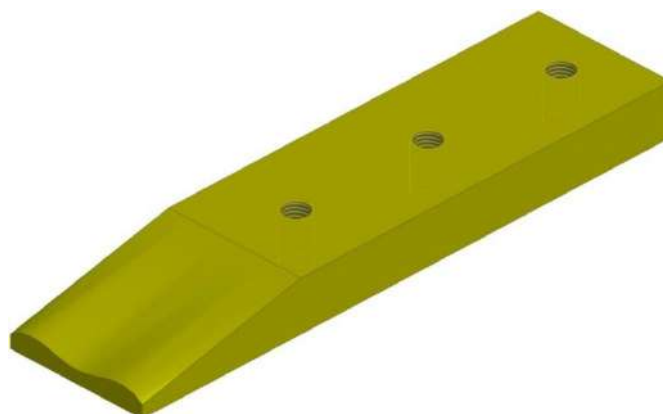


Рисунок 1 – Фрагмент экспериментального долота с улучшенными геометрическими характеристиками рабочей поверхности

Figure 1 – Fragment 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 an experimental working body obtained by means of 3D printing

По полученной 3D модели рабочего органа в литейной лаборатории ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» была отлита партия экспериментальных долот. В качестве основного материала для изготовления экспериментальных долот, согласно рекомендациям [23], был выбран высокоуглеродистый сплав ВЧ-50. Экспериментальные долота, после операций механической обработки, были подвергнуты термической обработке, состоящей из изотермической закалки, и низкого отпуска [23]. Основные режимы термической обработки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы термической обработки, применяемые для упрочнения экспериментальных долот
Table 1 – Heat treatment modes used for hardening of experimental bits

№ партии / No	Закалка / Hardening		Отпуск / Tempering
	Нагрев / Warming	Охлаждение / Cooling	
1	Ступенчатый: до 600°C в печи с шагом 100°C в течение 15 мин. Далее нагрев до 900°C в соляной ванне, время выдержки – 40 мин., затем пе- ренос в соляную ванну t = 400 °C, время выдержки 2 часа. / Staged: up to 600°C in a furnace with a step of 100°C for 15 minutes, then heating to 900°C in a salt bath, holding time – 40 minutes, then transfer to a salt bath t = 400 °C, holding time 2 hours	Воздух / air	Температура отпуска - 240°C Время выдержки – 2 часа / Tempering temperature – 240°C Holding time – 2 hours

*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 установление взаимосвязи новой геометрической поверхности носовой части долота с энергетическими затратами процесса чизелевания.

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 chisel gun
working section



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%.

В процессе исследований разработано и воплощено устройство для измерения горизонтального усилия от сельскохозяйственной машины, навешиваемой на трактор (патент RU 2 776191 C1), а также способ и устройство для определения точки приложения равнодействующей продольной силы, действующей на рабочий орган почвообрабатывающей машины (патент RU 2801775 C1).

Тарирование предложенного устройства осуществлялось в стационарных условиях при помощи динамометра, рисунок 5.



Рисунок 5 – Тарирование устройства для измерения горизонтального усилия от сельскохозяйственной машины, навешиваемой на трактор
Figure 5 – Tare of a device for measuring the horizontal force from an agricultural machine hung on a tractor

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, рисунок 6.



Рисунок 6 – Объект исследования. Работа агрегата в поле
Figure 6 – Object of research. Operation of the unit in the field

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.

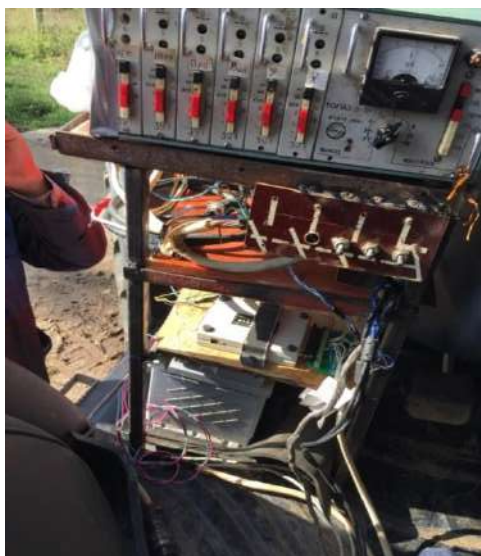


Рисунок 7 – Система регистрации измеряемых параметров
Figure 7 – System for recording measured parameters

Рабочее окно программного продукта «PowerGraph» представлено на рисунке 8, там же показаны осциллограммы измеряемых величин.

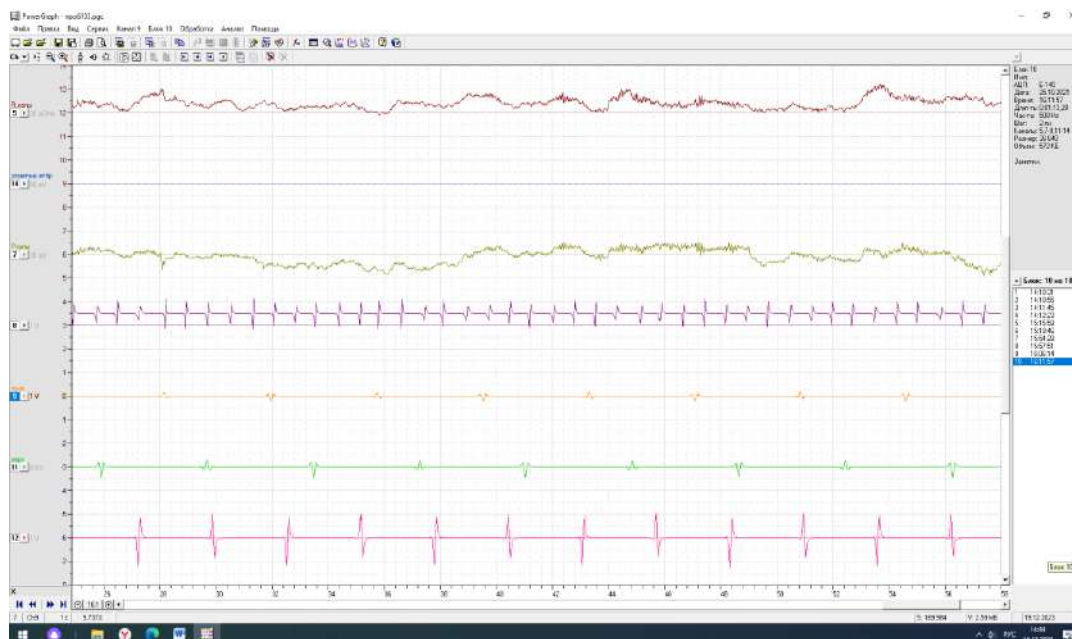


Рисунок 8 – Фрагмент регистрируемых параметров
Figure 8 – Fragment of the registered parameters

Измерение линейных размеров серийных и экспериментальных долот

В процессе проведения экспериментальных исследований фиксировались линейные размеры базовых сечений долот согласно схеме 9.

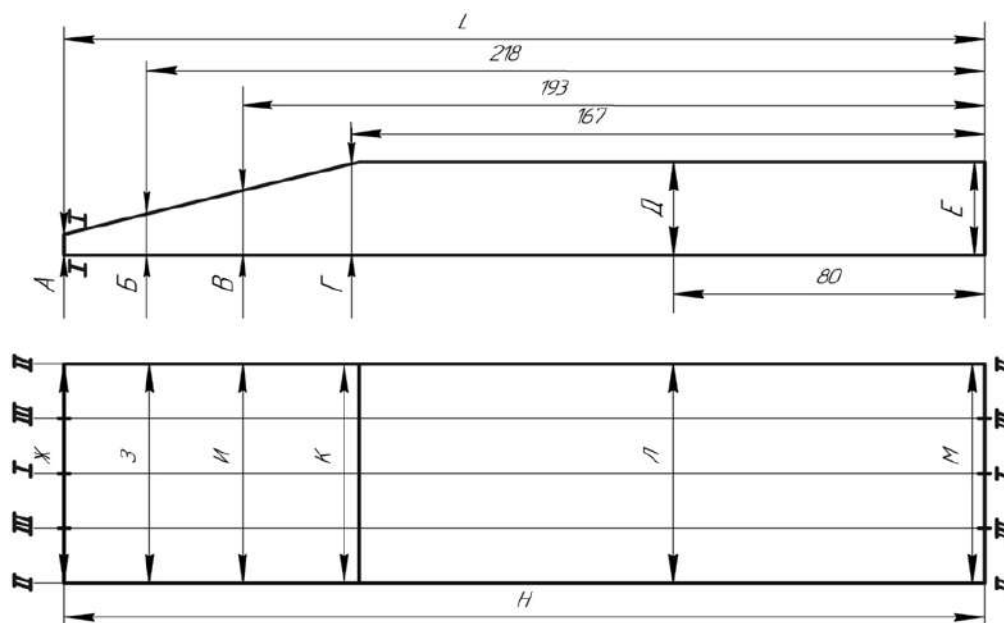


Рисунок 9 – Схема измерения линейных размеров серийных и экспериментальных долот
Figure 9 – Scheme for measuring the linear dimensions of serial and experimental bits

Линейные размеры контролируемых сечений измерялись с шагом наработки 4 га. Выбраковка образцов долот осуществляется по следующим показателям:

- неравномерность глубины обработки;
- выглубление чизельного плуга;
- механическое разрушение долота, вызванное наездом на каменистое препятствие;
- достижение предельного значения износа в контролируемых сечениях.

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 assess the effectiveness of their use.

2. As the main material for the manufacture of experimental bits, a high-carbon alloy VCh-50 was chosen. The experimental bits, after machining operations, were subjected to heat treatment, consisting of isothermal quenching and low tempering.

3. A device for measuring the horizontal force from an agricultural machine hung on a tractor is proposed, 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 makes it possible to expand the functionality of known technical solutions for determining the resultant longitudinal force acting on the working body of a tillage machine.

4. The object of the study was a chisel machine-tractor unit consisting of a DT-75M tractor and an OCHO-5 chisel plow. In the process of full-scale tests, the following parameters were recorded: hook load of the tractor; the actual speed of the unit.

5. For the registration and processing of force and kinematic quantities, in the process of performing the technological process of chiseling, a measuring system consisting of a portable computer was used; analog-to-digital converter E 14-440M; multi-channel signal amplifier TOPAZ-3-01.

Библиографический список

1. Ульянова Н. Д. и др. Анализ износов правого и вертикального ножей скоростного плуга ПСКУ и методы по увеличению их долговечности. Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. 2022. № 1. С. 54-65.
2. Михальченко А. М. и др. Анализ исполнительных органов глубокорыхлителей по их стойкости к абразивному изнашиванию. Вестник Брянской ГСХА. 2018. № 1 (65). С. 50-57.
3. Кожухова Н. Ю. и др. Геометрическая форма износа отвалов скоростных плугов ПСКУ, методы его устранения и торможения. Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. 2022. № 1. С. 65-74.
4. Михальченко А. М. и др. Изменение микроструктуры и микротвердости стали 65Г после термоупрочнения и наплавки малоуглеродистым электродом. Технический сервис машин. 2021. № 1(142). С. 107-114.
5. Михальченко А. М., Феськов С. А., Тюрева А. А. Методы снижения интенсивности изнашивания стрельчатых лап культиваторов на стадии изготовления. Вестник АПК Верхневолжья. 2015. № 3 (31). С. 79-82.
6. Михальченко А. М. Использование способа термоупрочненных компенсирующих элементов для восстановления лемехов импортного производства. Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. 2017. № 1. С. 28-71.
7. Михальченко А. М., Феськов С. А., Карпов М. А. Влияние сопутствующей термообработки на упрочнение лемехов при их восстановлении (критический анализ). Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2023. № 1 (22). С. 52-57.
8. Серов Н. В., Серов А. В., Бурак П. И. Технология упрочнения лемехов плуга электроконтактной приваркой. Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 287-290.
9. Титов Н. В., Хамзин А. В., Слободчиков Д. А. Перспективная технология восстановления и упрочнения лемехов плугов. Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 3 (18). С. 218-222.

10. Тюрева А. А., Феськов С. А. Восстановление лап культиваторов методом "компенсирующих элементов" с использованием наплавочного армирования. Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. 2017. № 1. С. 101-119.
11. Михальченко А. М., Филин Ю. И., Петракова Н. В. Обоснование технологий упрочнения и восстановления деталей рабочих органов скоростного плуга ПСКУ. Наука в центральной России. 2023. № 2 (62). С. 46-53.
12. Кожухова Н. Ю., Синяя Н. В. Влияние армирования поверхности лемехов на их изнашивание по толщине. Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 9. С. 31-34.
13. Кожухова Н. Ю. Влияние армирования рабочей поверхности плужного лемеха на расход топлива. Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2013. № 1 (12). С. 163-168.
14. Комогорцев В. Ф., Кожухова Н. Ю., Михальченкова М. А. Обоснование использования наплавочного армирования для повышения износостойкости деталей рабочих органов почвообрабатывающих орудий применительно к тяжелым почвам. Труды инженерно-технологического факультета. Брянск, 2015. С. 45-79.
15. Кожухова Н. Ю., Емельянов С. С., Ищенко Н. В. Изменение ширины лучевидного износа армированных малоуглеродистым углеродом лемехов при эксплуатации на суглинках. Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1 (65). С. 45-50.
16. Михальченко А. М. и др. Изнашивание восстановленных отвальных поверхностей трения при воздействии на них среды с высоким содержанием диоксида кремния. Вестник Брянской ГСХА. 2019. № 6 (76). С. 65-69.
17. Комогорцев В. Ф., Тюрева А. А. Теоретико-аналитическое рассмотрение движения частиц легкой почвы по армированной поверхности. Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. 2015. № 1. С. 9-43.
18. Феськов С. А. и др. Методические особенности проведения экспериментов по повышению ресурса долот глубокорыхлителей. Труды инженерно-технологического факультета Брянского государственного аграрного университета. 2021. № 1. С. 35-47.
19. Михальченко А. М. и др. Механические свойства термоупрочненной стали 65Г, поверхностно-армированной наплавкой твердым сплавом. Агроинженерия. 2021. № 3 (103). С. 63-68.
20. Михальченко А. М., Козарез И. В., Горбачев Р. В. Влияние наплавочного армирования на изнашивание восстановленных лемехов компании Фогель и Ноот. Тр. ГОСНИТИ. 2013. Т. 111. № 1. С. 50-55.
21. Михальченко А. М., Козарез И. В., Тюрева А. А. Способы упрочнения и упрочняющего восстановления лемехов плугов с сопутствующей термообработкой (аналитическое рассмотрение). Вестник Брянской ГСХА. 2017. № 2 (60). С. 24-27.
22. Михальченко А. М., Комогорцев В. Ф., Тюрева А. А. Факторы, влияющие на повышение долговечности плужных лемехов при наплавочном армировании. Упрочняющие технологии и покрытия. 2010. № 3 (63). С. 39-43.
23. Костылева Л. В., Галич 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.

References

1. Ulyanova N. D., et al. Analysis of wear of the right and vertical knives of the PSKU high-speed plough and methods to increase their durability. Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology of the Bryansk State Agrarian University. 2022. № 1. Pp. 54-65.
2. Mikhachenkov A. M., et al. Analysis of subsoiler actuators by their resistance to abrasive wear. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2018. № 1 (65). Pp. 50-57.
3. Kozhukhova N. Y., et al. Geometric Form of Wear of Dumps of High-Speed Plows PSU, Methods of Its Elimination and Braking. Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology of the Bryansk State Agrarian University. 2022. № 1. Pp. 65-74.
4. Mikhachenkov A. M., et al. Change of Microstructure and Microhardness of 65G Steel after Heat Hardening and Surfacing with a Low-Carbon Electrode. Technical service of machines. 2021. № 1(142). Pp. 107-114.
5. Mikhachenkov A. M., Feskov S. A., Tyureva A. A. Methods for Reducing the Wear Intensity of Arrow Shares of Cultivators at the Manufacturing Stage. Bulletin of the Agro-Industrial Complex of the Upper Volga. 2015. № 3 (31). Pp. 79-82.
6. Mikhachenkov A. M. Use of the Method of Heat-Strengthened Compensating Elements for the Restoration of Imported Shares. Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology of the Bryansk State Agrarian University. 2017. № 1. Pp. 28-71.
7. Mikhachenkov A. M., Feskov S. A., Karpov M. A. Effect of Concomitant Heat Treatment on Ploughshare Hardening during Their Restoration (Critical Analysis). Design, use and reliability of agricultural machines. 2023. № 1 (22). Pp. 52-57.
8. Serov N. V., Serov A. V., Burak P. I. Technology of Ploughshare Hardening by Electrocontact Welding. Proceedings of GOSNITI. 2015. V. 121. Pp. 287-290.
9. Titov N. V., Khamzin A. V., Slobodchikov D. A. Promising Technology of Restoration and Strengthening of Ploughshares. Innovations in agriculture. 2016. № 3 (18). Pp. 218-222.
10. Tyureva A. A., Feskov S. A. Restoration of Cultivator Shares by the Method of "Compensating Elements" Using Surfacing Reinforcement. Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology of the Bryansk State Agrarian University. 2017. № 1. Pp. 101-119.
11. Mikhachenkov A. M., Filin Y. I., Petrakova N. V. Substantiation of Technologies for Hardening and Restoration of Parts of the Working Parts of the PSU High-Speed Plow. Science in Central Russia. 2023. № 2 (62). Pp. 46-53.
12. Kozhukhova N. Yu., Sinyaya N. V. Effect of Reinforcement of the Surface of Ploughshares on Their Wear in Thickness. Tractors and agricultural machines. 2016. № 9. Pp. 31-34.

13. Kozhukhova N. Y. Effect of Reinforcement of the Working Surface of a Plow Share on Fuel Consumption. Design, use and reliability of agricultural machines. 2013. № 1 (12). Pp. 163-168.
14. Komogortsev V. F., Kozhukhova N. Yu., Mikhachenkova M. A. Substantiation of the Use of Surfacing Reinforcement to Improve the Wear Resistance of Parts of Tillage Implements in Relation to Heavy Soils. Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology. Bryansk, 2015. Pp. 45-79.
15. Kozhukhova N. Yu., Emelyanov S. S., Ishchenko N. V. Change in the Width of Radial Wear of Low-Carbon Carbon-Reinforced Ploughshares in Operation on Loam. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2018. № 1 (65). Pp. 45-50.
16. Mikhachenkov A. M., et al. Wear of Restored Friction Dump Surfaces When Exposed to Environments with High Silicon Dioxide Content. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2019. № 6 (76). Pp. 65-69.
17. Komogortsev V. F., Tyureva A. A. Theoretical and Analytical Consideration of the Motion of Light Soil Particles on a Reinforced Surface. Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology of the Bryansk State Agrarian University. 2015. № 1. Pp. 9-43.
18. Feskov S. A., et al. Methodological Features of Conducting Experiments to Increase the Life of Subsoiler Bits. Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology of the Bryansk State Agrarian University. 2021. № 1. Pp. 35-47.
19. Mikhachenkov A. M., et al. Mechanical Properties of Heat-Strengthened Steel 65G Surfaced by Hard Alloy. Agricultural engineering. 2021. № 3 (103). Pp. 63-68.
20. Mikhachenkov A. M., Kozarez I. V., Gorbachev R. V. Effect of Surfacing Reinforcement on Wear and Tear of Restored Shares of Vogel & Noot. Tr. GOSNITI. 2013. V. 111. № 1. Pp. 50-55.
21. Mikhachenkov A. M., Kozarez I. V., Tyureva A. A. Methods of Hardening and Strengthening Restoration of Plow Shares with Accompanying Heat Treatment (Analytical Consideration). Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2017. № 2 (60). Pp. 24-27.
22. Mikhachenkov A. M., Komogortsev V. F., Tyureva A. A. Factors Influencing the Increase in the Durability of Plow Shares in Surfacing Reinforcement. Hardening technologies and coatings. 2010. № 3 (63). Pp. 39-43.
23. Kostyleva L. V., Gapich D. S., Borisenko I. B. Problematic Issues of Operation of Chisel Tools Working Bodies and Ways to Solve Them. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2015. № 3 (39). Pp. 176-179

Информация об авторах

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

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

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

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

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

Gapich Dmitry Sergeevich, 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

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-40

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF APPLES

¹Uspenskiy I. A., ¹Kolotov A. S., ¹Ushanev A. I., ²Fadeev I. V., ¹Filyushin O. V., ¹Pribylov D. O.

¹Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostychev,
Ryazan, Russian Federation

²Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev
Cheboksary, Russian Federation

Corresponding author E-mail: anton.kolotov.89@mail.ru

Received 27.05.2024

Submitted 19.07.2024

Abstract

Introduction. As a result of various mechanical influences during the collection process, during processing and transportation, apples may receive various damages. Also here include scratches, dents, bruises and punctures. Therefore, it becomes relevant to study physical and mechanical properties of apples. Important aspects of technological processes and features of the operation of equipment used for collection, transportation and processing of apples are closely related to the characteristics of the physical and mechanical properties of these fruit. **Object.** The objects of the study were various characteristics of apples, such as

them weight, ability to withstand static loads, shock and cyclic pressure, and friction indicators. **Materials and methods.** For an in-depth analysis of the characteristics of apples, which are key in the development of processing procedures and modification of the equipment used, their physical and mechanical properties were investigated. Parameters such as fruit weight, as well as their resistance to various forms of loads were assessed: impact, cyclic compression, and abrasive effects. **Results and conclusion.** As part of the study, it was possible to identify the main parameters characterizing the physical and mechanical properties of the material. Thanks to the use of high-tech equipment, it was possible to analyze the process of apple deformation when applying static loads of varying intensity to study the variability in the response of varieties. Using precise measuring instruments, the ability of fruits to resist mechanical stress was analyzed, which made it possible to adjust the level of the acting force and record deformations.

Keywords: fruits, characteristics of apples, varieties of apples, dimensions of apples, mechanical effects on fruits.

Citation. Uspenskiy I. A., Kolotov A. S., Ushanev A. I., Fadeev I. V., Filyushin O. V., Pribylov D. O. Physical and mechanical properties of apples. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 364-373 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-40.

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

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

УДК 634.1

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЯБЛОК

¹Успенский И. А., доктор технических наук, профессор

¹Колотов А. С., кандидат технических наук

¹Ушанев А. И., кандидат технических наук

²Фадеев И. В., доктор технических наук, доцент

¹Филюшин О. В., кандидат технических наук

¹Прибылов Д. О., аспирант

¹Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева
г. Рязань, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева»
г. Чебоксары, Российская Федерация

Актуальность. В результате различных механических воздействий в процессе сбора, обработки и транспортировки яблоки могут получить различные повреждения. Сюда также относятся царапины, вмятины, ушибы и проколы. Поэтому становится актуальным изучение физико-механических свойств яблок. Важные аспекты технологических процессов и особенности работы оборудования, использованного для сбора, транспортировки и обработки яблок, тесно связаны с характеристиками физико-механических свойств этих фруктов. **Объект.** Объектами исследования стали различные характеристики яблок, такие как их масса, способность выдерживать статические нагрузки, удары и циклическое давление, а также показатели трения. **Материалы и методы.** Для глубокого анализа характеристик яблок, ключевых в разработке процедур обработки и модификации используемого оборудования, были исследованы их физико-механические свойства. Оценивались такие параметры как масса плодов, а также их устойчивость к разнообразным формам нагрузок: ударные воздействия, циклическое сжатие, и абразивное воздействие. **Результаты и выводы.** В рамках исследования удалось выявить основные параметры, характеризующие физические и механические свойства материала. Благодаря применению высокотехнологичного оборудования было возможно анализировать процесс деформации яблок при приложении статической нагрузки различной интенсивности для исследования вариативности реакции сортов. С использованием точных измерительных инструментов проводилась аналитика способности плодов сопротивляться механическим воздействиям, что позволило настроить уровень воздействующей силы и зафиксировать деформации.

Ключевые слова: фрукты, характеристики яблок, разновидности яблок, габариты яблок, механические воздействия на фрукты.

Цитирование. Успенский И. А., Колотов А. С., Ушанев А. И., Фадеев И. В., Филюшин О. В., Прибылов Д. О. Физико-механические свойства яблок. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 364-373. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-40.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Процесс обращения с яблоками, охватывающий этапы от их сбора до транспортировки и последующего процесса обработки, влечет за собой множество механических воздействий [1-5]. Эти воздействия, в свою очередь, могут приводить к возникновению разнообразных дефектов, таких как вмятины [6-10]. В пределах Российской Федерации проводят глубокие исследования физических и механических характеристик яблок, целями которых являются снижение и предотвращение данных видов повреждений [11-15]. Выдающийся вклад в развитие этой научной дисциплины внесли такие исследователи, как Г. П. Варламов, В. И. Сидоренко, В. И. Сербулов и В. Д. Забросаев. Аналогичные исследования также активно проводятся учеными международного уровня, среди которых выделяются работы В. Мойзенина, Р. Флетчера, К. Нельсона и Н. Хамерле.

Материалы и методы. Для того чтобы яблоки можно было использовать в качестве объекта для калибровки, необходимо определить их ключевые размерные параметры. В первую очередь, это максимальный диаметр $D_{\text{макс}}$, минимальный диаметр $D_{\text{мин}}$ и высота H . Если посмотреть на яблоко в сечении, которое проходит через его центр, то можно увидеть фигуру, близкую к окружности. Два перпендикулярных размера в самом широком сечении обычно называют максимальным и минимальным диаметрами яблока. Их среднее значение – это средний диаметр плода $D_{\text{ср}}$.

Обычно при классификации фруктов их форма играет ключевую роль, в результате чего они группируются в три категории: эллиптическую, сферическую и цилиндрическую. Размерные характеристики фруктов становятся основополагающим критерием при их разделении на эти группы.

$$K_H = \frac{D_{\text{макс}}}{H},$$

где K_H – коэффициент формы: для плоских плодов $K_H > 1$, для округлых $K_H = 1$, для удлинённых $K_H < 1$;
 $D_{\text{макс}}$ – максимальный диаметр плода по поперечной оси, мм; H – высота плода, мм.

В таблице 1 представлена информация, отображающая взаимосвязь между ключевыми характеристиками изученных яблок.

Таблица 1 – Размерные пропорции яблочных плодов
Table 1 – Size proportions of apple fruits

Сорт / Sort	Диаметр сечения плодов, мм / Diameter of the cross-section of fruits, mm				Высота, мм / Height, mm		$m_{\text{д м}}$
	$m_{\text{д макс}}$	$\sigma_{\text{д макс}}$	$m_{\text{д мин}}$	$\sigma_{\text{д мин}}$	m_H	σ_H	m_H
Антоновка / Antonovka	72	8	68	8	56	7	1,24
Гренни Смит / Granny Smith	59	7	57	6	54	6	1,11
Фуджи / Fuji	64	7	64	7	54	6	1,20
Ред Делишес / Red Delicious	66	6	66	8	49	6	1,36
Гала / Gala	67	6	65	8	51	5	1,29
Джонаголд / Jonagold	55	5	52	5	49	4	1,14
Голден / Golden	51	2	47	5	51	4	0,95
Ренет Симиренко / Renet Simirenko	66	7	61	7	58	4	1,13
Белый налив / Beliy Naliv	53	7	54	7	66	7	0,81
Чемпион / Champion	51	6	44	6	52	8	0,90

Одним из важных параметров яблока считается его вес. В результате статистической обработки данных, полученных в ходе эксперимента, мы вывели формулу, которая позволяет установить зависимость между средним весом яблока и его максимальным диаметром.

$$m = A\Delta^n,$$

где A и n – коэффициенты, которые характерны для каждого помологического типа яблок (таблица 1)

Таблица 2 – Уникальные коэффициенты A и n для каждого сорта яблок

Table 2 – Unique coefficients A and n for each apple variety

Сорт / Sort	A	N
Антоновка / Antonovka	0,00038	3,1
Гренни Смит / Granny Smith	0,00158	2,67
Фуджи / Fuji	0,00183	2,67
Ред Делишес / Red Delicious	0,000583	2,93
Гала / Gala	0,000383	3,05
Джонаголд / Jonagold	0,00027	3,08
Голден / Golden	0,000076	3,36
Ренет Симиренко / Renet Simirenko	0,00027	3,14

Результаты и обсуждение. Исследование устойчивости яблок к статической нагрузке проводилось с использованием устройства, которое позволяет определить деформацию при разных уровнях приложенной нагрузки на примере распространенных сортов яблок, включая Антоновка и Пепин Шафрановый.

Испытание механических характеристик пробника включало использование 8-миллиметрового индентора. Для анализа образец был аккуратно разделен на две равные части вдоль оси. Затем одну из половин поместили на механизм, который мог перемещаться вверх и вниз внутри тестового устройства. При активации устройства поднимающийся столик оказывал давление на пробник, усиленное сжатием пружины, которая измеряла прилагаемую силу, воздействуя на испытываемую поверхность пробника. Благодаря этому стало возможным непрерывно контролировать величину нагрузки и деформацию. Самописец регистрировал эти данные в виде графиков на бумажной ленте. На диаграмме, представленной на рисунке 1а, наблюдается характерный график, демонстрирующий изменение деформации образца в процессе постепенного нарастания приложенной нагрузки, начиная от отсутствия силы и заканчивая моментом разрушения материала.

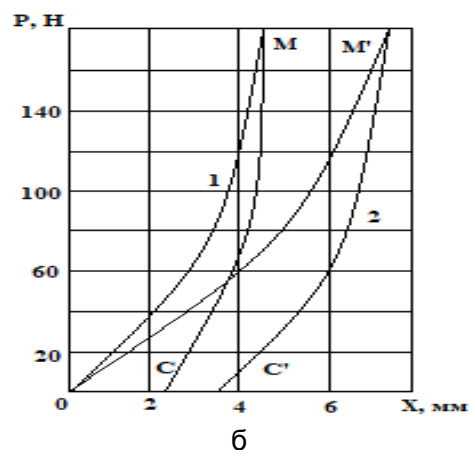
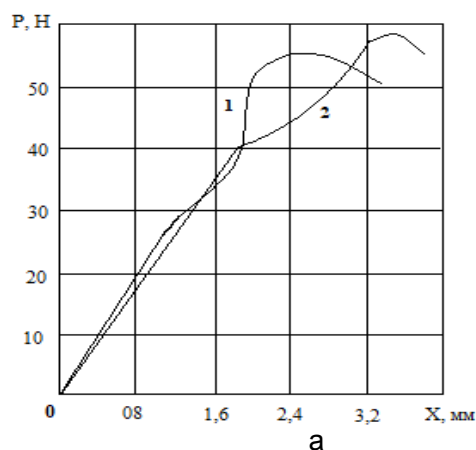


Рисунок 1 – Диаграммы нагрузка-деформация: а) при вдавливании пуансона диаметром 8 мм в фрукты:

1 – Антоновка обыкновенная; 2 – Гренни Смит; б) при сдавливании:

1 – яблоко-стальная пластина; яблоко-яблоко

Figure 1 – Load-deformation diagrams: а) when pressing a punch with a diameter of 8 mm into fruit:

1 – Antonovka ordinary; 2 – Granny Smith; б) when compressed: 1 – apple-steel plate; apple-apple

Изучение диаграмм, которые демонстрируют изменение деформации в ответ на приложенные нагрузки (обращаем внимание на рисунок 1), способствовало выявлению основных атрибутов механического поведения материалов, включая, но не ограничиваясь, такие параметры как прочностной предел, эластичный коэффициент и динамику колебательных процессов. В частности, для исследованных образцов модуль упругости варьировался в диапазоне от 30×10^5 до 33×10^5 Н/м², а частота колебаний составила от 97 до 105 Гц.

Этот показатель представляет особый интерес, поскольку вибрация могла оказывать влияние на образцы.

$$E = \frac{P \cdot (1 - M^2)}{d_{пл} \cdot x}, f_c = \frac{1}{4 \cdot \lambda} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho_{пл}}}$$

где x – перемещение пуансона, м; μ – коэффициент Пуассона; P – усилие, передаваемое через пуансон, Н; $d_{пл}$ – диаметр пуансона, м; E – модуль упругости, Н/м²; $\rho_{пл}$ – плотность плодов, кг/м³; λ – высота слоя плодов, м.

В ходе проведенных экспериментальных исследований, мы анализировали изменение формы образца под влиянием разнообразных экспериментальных условий. Процесс деформации был зарегистрирован при сжатии образца между двумя схожими пробами, а также в контексте его взаимодействия с стальной пластиной, которую предполагается рассматривать как по сути неизменяемую твердую поверхность.

В результате отмечено, что фазы увеличения и уменьшения приложенной нагрузки приводят к различным траекториям изменения деформации. Это демонстрируется на диаграммах, где отрезки, соответствующие процессу нагружения (обозначенные на рисунке как OM и OM¹), иллюстрируют изменение деформации с увеличением приложенной силы. С другой стороны, сегменты MC и M1C1 отражают процесс возврата образца к исходному состоянию при его поэтапном освобождении от нагрузки.

Необходимо особо подчеркнуть, что траектории процессов загрузки и разгрузки не идентичны и формируют фигуру, известную как гистерезисная петля. Эта петля описывает энергетические потери, связанные с необратимыми изменениями в структуре образца, то есть с остаточной деформацией.

В процессе проведения экспериментов мы смогли выявить изменения в деформации, вызванные разнообразными приложенными усилиями, зафиксировать деформацию, которая сохраняется после устранения нагрузок, а также провести анализ площади контакта между тестовыми образцами после их разгрузки, что подробно демонстрируется на втором рисунке.

В процессе экспериментов было установлено, что при сжатии различных сортов яблок величина нагрузки составляет примерно 50 Ньютонов. Однако при сжатии яблок с твердой поверхностью нагрузка увеличивается примерно до 55 Ньютонов.

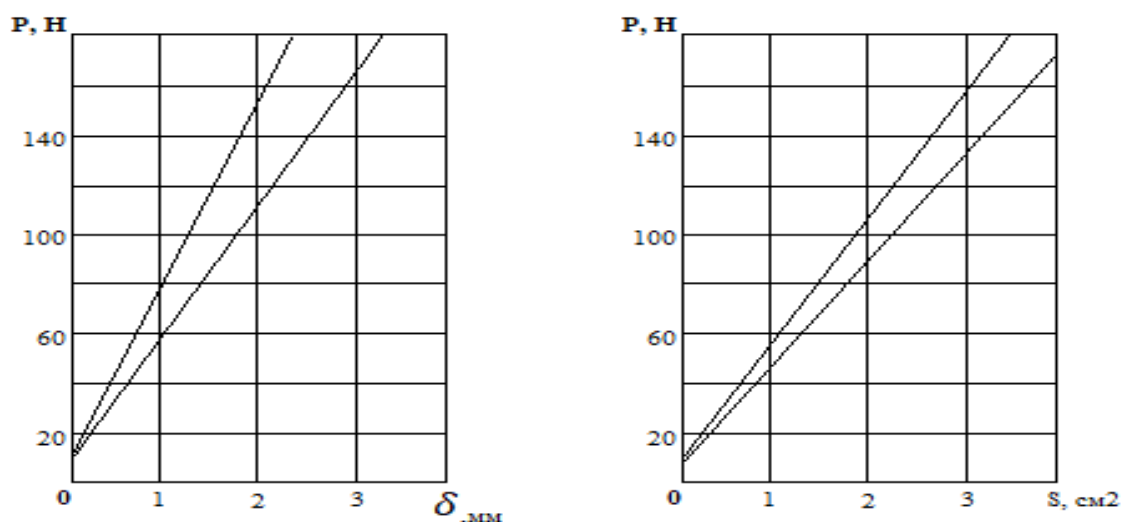


Рисунок 2 – Связь между величиной оставшейся после сжатия деформации и размером контактной области под воздействием различных уровней нагрузки: первый случай сочетает яблоко с металлическим листом, второй – два яблока взаимодействуют друг с другом

Figure 2 – Shows the relationship between the amount of deformation remaining after compression and the size of the contact area under the influence of different load levels: the first case combines an apple with a metal sheet, the second – two apples interact with each other

В процессе анализа устойчивости фруктов к внезапным нагрузкам использовались специфические устройства, которые обеспечивали регулирование энергии удара и фиксацию степени деформирования. Для оценки эластичности фруктов применяется расчет коэффициента восстановления по определенной формуле.

$$K_B = \frac{\sin \varphi_{1/2}}{\sin \varphi/2}$$

где $\varphi, \varphi_{1/2}$ – углы отклонения ударной части соответственно до и после удара. Его значения при соударении яблок с различными поверхностями находятся в диапазоне 0,21...0,35.

В рамках экспериментального исследования целью было выяснить, какое количество энергии необходимо для создания синяка размером в один квадратный сантиметр. Стальная плита использовалась для приложения ударной нагрузки на образцы яблок, причём уровень энергии удара подлежал изменению. Анализ полученных данных показал, что величина ушибов на поверхности яблок коррелирует с кинетической энергией удара, формируя траекторию, аналогичную квадратичной функции, что подробно отражено на графике под номером три. Это взаимосвязь может быть выражена через специфическую математическую модель, основанную на эмпирических данных.

$$T = (KS^2 + F^0) \cdot 10^{-2},$$

где S – площадь ушиба на плоде, см^2 , K – коэффициент пропорциональности ($K = 4,7 \dots 4,9$), $\text{Дж}/\text{см}^4$; $T_0 = (3,1 \dots 5,5)$ Дж.

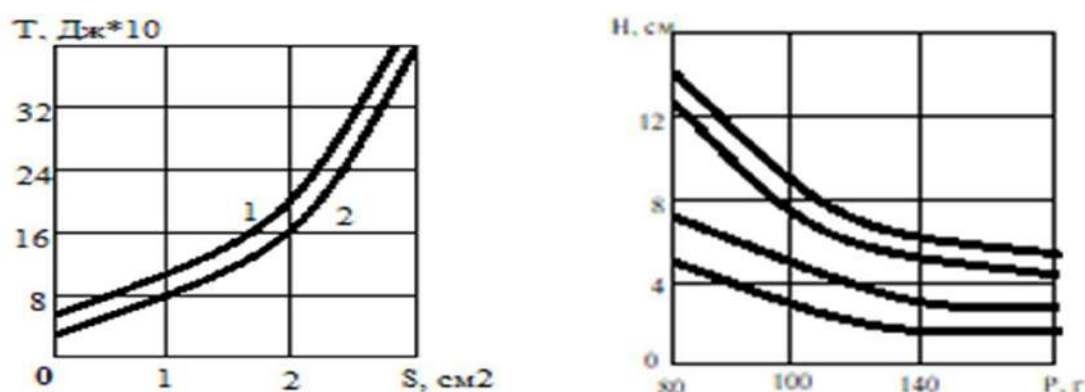


Рисунок 3 – Изучение взаимосвязи между размерами повреждений на поверхности яблок и силой удара выявило следующее: когда яблоко сталкивается с другим яблоком или с металлической поверхностью, величина ушиба зависит от энергии удара

Figure 3 – A study of the relationship between the size of damage on the surface of apples and the force of the impact revealed the following: when an apple collides with another apple or with a metal surface, the magnitude of the bruise depends on the energy of the impact

Помимо этого, исследование демонстрирует, как варьируется максимально безопасная высота падения фруктов в зависимости от их веса, что представлено на четвертом рисунке.

Эти показатели кинетической энергии, которые считаются критическими, служат основанием для расчета предельно разрешенной скорости удара и высоты падения, при которых яблоки остаются без повреждений.

При транспортировке фрукты внутри упаковки сталкиваются с многочисленными внешними влияниями, причём направление и интенсивность этих воздействий могут сильно различаться. Вероятность повреждений и степень воздействия на плоды обусловлены разнообразными аспектами, причем некоторые из них можно регулировать, в то время как другие находятся за пределами контроля.

Исследование воздействия циклической нагрузки на состояние плодов проводилось с применением специализированного оборудования – вибростенда. Этот аппарат позволяет моделировать различные виды соударений, например, между плодом и деревянной или

металлической поверхностью, и многое другое с помощью различных ударных насадок. Программы работы прибора регулируются программным реле времени и различными эксцентриками.

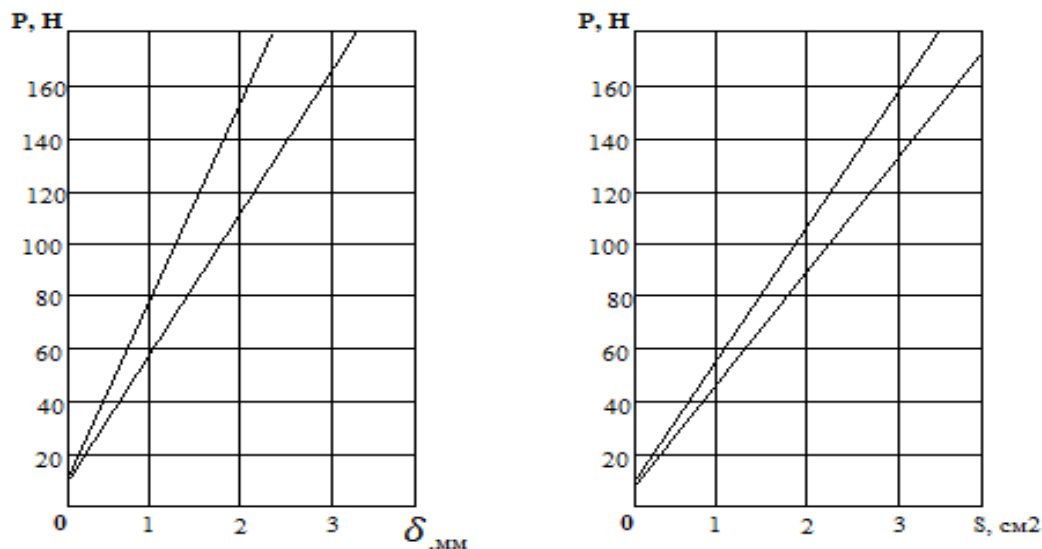


Рисунок 4 – Исследование остаточной деформации и площади нажимов на плодах в зависимости от количества циклов соударения: 1 – Антоновка обыкновенная; Пепин шафранный – 2
Figure 4 – Study of residual deformation and area of pressure on fruits depending on the number of impact cycles: 1 – Antonovka ordinary; Saffron pepin – 2

В рамках проведенного исследовательского эксперимента было проведено наблюдение за тем, как изменяются размеры контактной площади и степень необратимых изменений формы при многократном воздействии ударной нагрузки между образцом и деревянной поверхностью. Испытания регистрировали удары с частотой в 35 ударов в секунду и величиной колебаний в 1,2 миллиметра. Графическое отображение данных эксперимента можно увидеть на пятом изображении. В ходе анализа было выявлено, что до достижения тысячи ударов изменения практически незаметны, но, когда число циклов достигает отметки в 10 000, образцы начинают терять свои исходные упругие характеристики.

Таблица 3 – Исследование углов и коэффициентов трения яблок по различным материалам
Table 3 – Study of angles and coefficients of friction of apples for various materials

Материал / Material	Коэффициент трения скольжения, φ / sliding friction coefficient, φ						Углы качения, α / Rolling angles, α	
	в плоскости поперечного диаметра / in the plane of transverse		в плоскости высоты / in the plane of height		в плоскости поперечного диаметра / in a plane of transverse diameter		с чашечкой / with a cup	
	m_f	δ_f	m_f	δ_f	m_α	δ_α	m_α	δ_α
Алюминий / Aluminium	0,519	0,026	0,514	0,014	5,8	0,5	20,0	2,025
Сталь / Steel	0,463	0,021	0,506	0,026	6,0	0,3	20,6	0,353
Парусина / Sailcloth	0,455	0,021	0,463	0,021	5,8	0,2	19,4	1,436
Прорезиненная лента / Rubberized Tape	0,560	0,030	0,569	0,022	5,0	0,3	18,6	2,121
Поролон / Foam	0,966	0,016	0,961	0,026	5,0	0,3	17,2	1,212
Яблоко / Apple	0,843	0,045	0,795	0,033	-	-	-	-
Дерево / wood	0,396	0,010	0,412	0,013	5,6	0,3	20,2	1,056

Заключение. Коэффициенты трения образцов об использованные нами материалы измерялись на плоскости с наибольшей площадью поперечного сечения, а также в направлении высоты образца. Полученная информация о среднем значении данных коэффициентов для пяти типов образцов представлена в таблице 3. Было обнаружено, что углы трения при качении по большей части зависят от формы образца. Если катить образец с чашечкой, то вначале происходит скольжение по большинству материалов, которые были использованы в исследовании, демонстрируют схожую тенденцию: при небольшом угле наклона движение отсутствует, но при его увеличении начинается движение. Важно подчеркнуть, что при движении по поверхностям одинаковых материалов, значения коэффициентов трения для разнообразных образцов обычно наблюдаются в близких диапазонах и не демонстрируют значительных отличий.

Conclusions. The coefficients of friction of the specimens against the materials we used were measured on the plane with the largest cross-sectional area, as well as in the direction of the specimen height. The information obtained on the average value of these coefficients for five types of samples is presented in Table 3. It was found that the rolling friction angles depend for the most part on the shape of the specimen. If you roll a sample with a cup, then at first there is a slide on most of the materials that were used in the study, which show a similar tendency: at a small angle of inclination, there is no movement, but when it increases, movement begins. It is important to emphasize that when moving on the surfaces of identical materials, the values of friction coefficients for various samples are usually observed in close ranges and do not show significant differences.

Библиографический список

1. Бышов Н. В., Борычев С. Н., Успенский И. А., Юхин И. А., Рябчиков Д. С., Кулик С. Н. Пути дальнейшей модернизации транспортных средств для АПК. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 123. С. 142-168.
2. Бышов Н. В., Борычев С. Н., Успенский И. А., Кокорев Г. Д., Костенко М. Ю., Рембалович Г. К., Костенко Н. А., Юхин И. А., Колотов А. С., Колупаев С. В., Креков С. А., Рябчиков Д. С., Жуков К. А. Некоторые аспекты снижения повреждений плодов при уборочно-транспортных работах. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 121. С. 592-608.
3. Жирков Е. А., Успенский И. А. Кузов для перевозки сельскохозяйственной продукции. Сельский механизатор. 2009. № 7. С. 38-39.
4. Успенский И. А. и др. Алгоритм сохранения качества плодоовощной продукции при уборочно-транспортных работах. Техника и оборудование для села. 2013. № 12. С. 12-15.
5. Byshov N. V., et al. 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. Vol. 13. No. 10. Pp. 3502-3508.
6. Усольцев А. А. и др. Снижение повреждений сельхозпродукции при транспортировке. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2021. Т. 13. № 3. С. 106-111.
7. Юхин И. А. Предпосылки к разработке универсальных транспортных средств для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2013. № 4 (20). С. 88-90.
8. Белю Л. П., Успенский И. А., Юхин И. А., Филюшин О. В., Кутыраев А. А., Митрохина Е. В. Исследование транспортировки яблок в таре по дорогам с различным покрытием. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 526-539.
9. Юхин И. А., Панова А. А. Автоматизированные роботы для сбора урожая яблок. Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации: материалы 72-й международной научно-практической конференции. 2021. С. 471-474.
10. Бышов Н. В., Борычев С. Н., Успенский И. А., Кокорев Г. Д., Юхин И. А., Креков С. А., Шафоростов В. А. Обзор разработок в области сохранения качества яблок при перевозке контейнерным способом. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 133. С. 1280-1299.
11. Успенский И. А. и др. Инновационные решения в технологии и технике транспортировки продукции растениеводства. Техника и оборудование для села. 2013. № 7. С. 10-12.
12. Верещагин Н. И. и др. Современная техника для АПК и перспективы её модернизации. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 120. С. 147-172.
13. Аникин Н. В. и др. Повышение качества перевозки картофеля, плодов и фруктов совершенствованием подвески транспортного средства. Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2009. № 2 (33). С. 38-40.
14. Успенский И. А. и др. Формирование комплекса картофелеуборочных и транспортных машин. Техника и оборудование для села. 2021. № 2 (284). С. 27-31.
15. Костенко М. Ю., Бышов Н. В., Борычев С. Н., Рембалович Г. К., Успенский И. А., Кокорев Г. Д., Юхин И. А., Костенко Н. А., Бышов Д. Н., Голиков А. А., Колупаев С. В., Ахмедов Р. К. Способ контроля скрытых повреждений клубней картофеля. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 120. С. 1166-1187.

References

1. Byshov N. V., Borychev S. N., Uspensky I. A., Yukhin I. A., Ryabchikov D. S., Kulik S. N. Ways of Further Modernization of Vehicles for the Agro-Industrial Complex. Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2016. № 123. Pp. 142-168.
2. Byshov N. V., Borychev S. N., Uspensky I. A., Kokorev G. D., Kostenko M. Yu., Rembalovich G. K., Kostenko N. A., Yukhin I. A., Kolotov A. S., Kolupaev S. V., Krekov S. A., Ryabchikov D. S., Zhukov K. A. Some Aspects of Reducing Fruit Damage during Harvesting and Transport Operations. Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2016. № 121. Pp. 592-608.
3. Zhirkov E. A., Uspensky I. A. Body for the transportation of agricultural products. Rural machine operator. 2009. № 7. Pp. 38-39.
4. Uspensky I. A. et al. Algorithm for Maintaining the Quality of Fruit and Vegetable Products in Harvesting and Transport Works. Machinery and equipment for the village. 2013. № 12. Pp. 12-15.
5. Byshov N. V., et al. 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. Vol. 13. No. 10. Pp. 3502-3508.
6. Usoltsev A. A. et al. Reducing Damage to Agricultural Products during Transportation. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2021. T. 13. № 3. Pp. 106-111.
7. Yukhin I. A. Prerequisites for the development of universal vehicles for on-farm transportation of fruits and vegetables. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2013. № 4 (20). Pp. 88-90.
8. Belyu L. P., Uspensky I. A., Yukhin I. A., Filyushin O. V., Kutyaev A. A., Mitrokhina E. V. Study of Transportation of Containers of Apples on Roads with Different Pavement. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 3 (71). Pp. 526-539.
9. Yukhin I. A., Panova A. A. Automated Robots for Harvesting Apples. Advanced technologies in the modern agro-industrial complex of Russia: traditions and innovations: materials of the 72nd international scientific and practical conference. 2021. Pp. 471-474.
10. Byshov N. V., Borychev S. N., Uspensky I. A., Kokorev G. D., Yukhin I. A., Krekov S. A., Shaforostov V. A. Review of Developments in the Field of Preserving the Quality of Apples during Container Transportation. Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2017. № 133. Pp. 1280-1299.
11. Uspensky I. A., et al. Innovative solutions in the technology and technique of transportation of plant products. Machinery and equipment for the village. 2013. № 7. Pp. 10-12.
12. Vereshchagin N. I., et al. Modern Technology for the Agro-Industrial Complex and Prospects for Its Modernization. Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2016. № 120. Pp. 147-172.
13. Anikin N. V., et al. Improving the quality of transportation of potatoes, fruits and fruits by improving the suspension of a vehicle. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin". 2009. № 2 (33). Pp. 38-40.
14. Uspensky I. A., et al. Formation of a complex of potato harvesters and transport machines. Machinery and equipment for the village. 2021. № 2 (284). Pp. 27-31.
15. Kostenko M. Yu., Byshov N. V., Borychev S. N., Rembalovich G. K., Uspensky I. A., Kokorev G. D., Yukhin I. A., Kostenko N. A., Byshov D. N., Golikov A. A., Kolupaev S. V., Akhmedov R. K. Method of Control of Latent Damage to Potato Tubers. Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2016. № 120. Pp. 1166-1187.

Информация об авторах

Успенский Иван Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта», Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: ivan.uspensckij@ya.ru

Колотов Антон Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническая эксплуатация транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), anton.kolotov.89@mail.ru

Ушанев Александр Игоревич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническая эксплуатация транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: aushaniev@inbox.ru

Фадеев Иван Васильевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой технических дисциплин ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева» (Российская Федерация, 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 38), e-mail: ivan-fadeev-2012@mail.ru

Филишин Олег Владимирович, кандидат технических наук, ассистент кафедры «Техническая эксплуатация транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: olegfil93@mail.ru

Прибылов Дмитрий Олегович, аспирант кафедры «Техническая эксплуатация транспорта, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: pribylov.dima@yandex.ru

Кутыраев Александр Андреевич, лаборант кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», ФГБНУ Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: kutyraev@bk.ru

Author's Information

Uspensky Ivan Alekseevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Engineering Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), e-mail: ivan.uspensckij@ya.ru

Kolotov Anton Sergeevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Engineering Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), e-mail: anton.kolotov.89@mail.ru

Ushanev Aleksander Igorevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Engineering Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), e-mail: aushaniev@inbox.ru

Fadeev Ivan Vasilievich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Engineering Disciplines, Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev (Russian Federation, 428000, Cheboksary, K. Marx str., 38), e-mail: ivan-fadeev-2012@mail.ru

Filyushin Oleg Vladimirovich, Candidate of Engineering Sciences, Assistant of the Department of Engineering Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), e-mail: olegfil93@mail.ru

Pribylov Dmitry Olegovich, postgraduate student of the Department of Engineering Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), e-mail: pribylov.dima@yandex.ru

Kutyraev Alexander Andreevich, laboratory assistant of the Department "Engineering Operation of Transport", Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), e-mail: kutyraev@bk.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-41

**CONCEPTUAL FOUNDATIONS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF DISINFECTION
OF PIG BEDDING MANURE BY DIGITAL SOLUTIONS**¹Shemyakin A. V., ^{1,2}Limarenko N. V., ¹Uspensky I. A., ¹Yukhin I. A., ¹Yumaev D. M.¹Ryazan Agrotechnological University named after P. A. Kostychev
Ryazan, Russian Federation²Don state technical university
Rostov-on-Don, Russian Federation

Corresponding author E-mail: limarenkodstu@yandex.ru

Received 22.05.2024

Submitted 14.06.2024

The study was carried out within the framework of the State Task of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on the topic: "Development of a digital platform for increasing energy efficiency in the disinfection of bespodstyl manure"

Summary

The study was carried out within the framework of the State Assignment of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on the topic: "Development of a digital platform for increasing energy efficiency in the disinfection of bedding-free manure".

Abstract

Introduction. In the conditions of modern agribusiness, the issues of effective management of livestock waste, in particular pig manure and liquid organic waste, are of vital importance. **Object.** The object of this study is a conceptual approach to solving the problem of optimizing the processes of utilization of litter-free manure and associated liquid fractions. The research is based on analysis of previous developments, scientific research and international experience in this field. **Materials and methods.** The study is based on a systematic review and critical comparison of various manure waste management strategies and technologies. **Results and conclusion.** The data studied confirms the critical need for the development and implementation of new, more effective technologies in the field of manure waste management. The use of biogas processing technologies for processing organic waste into biogas opens up opportunities for improving the economic performance of enterprises and significantly reducing the environmental load. The production of biogas as a renewable energy source represents an important direction in the field of sustainable energy and ecology.

Keywords: manure disposal, bedding-free manure, manure runoff, digitalization of animal husbandry.

Citation. Shemyakin A. V., Limarenko N. V., Uspensky I. A., Yukhin I. A., Yumaev D. M. Conceptual foundations for improving the efficiency of disinfection of pig bedding manure by digital solutions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 373-380 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-41.

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

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

УДК 631.862:332.14

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ
СВИНОГО БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА ЦИФРОВЫМИ РЕШЕНИЯМИ**

¹Шемякин А. В., доктор технических наук, профессор
^{1,2}Лимаренко Н. В., доктор технических наук, профессор
¹Успенский И. А., доктор технических наук, профессор
¹Юхин И. А., доктор технических наук, профессор
¹Юмаев Д. М., кандидат технических наук

¹ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева
г. Рязань, Россия

²ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону, Россия

*Исследование выполнено в рамках Госзадания Министерства сельского хозяйства
Российской Федерации на тему: «Разработка цифровой платформы повышения энергетической
эффективности при обеззараживании бесподстилочного навоза»*

Актуальность. В условиях современного агробизнеса вопросы эффективного обращения с отходами животноводства, в частности со свиным навозом и жидкими органическими отходами, приобретают насущную важность. **Объект.** Объектом данного исследования является концептуальный подход к решению проблемы оптимизации процессов утилизации бесподстилочного навоза и ассоциированных с ним жидких фракций. Исследование основывается на аналитике предыдущих работ, научных изысканиях и международном опыте в данной области. **Материалы и методы.** Исследование базируется на систематическом обзоре и критическом сопоставлении разнообразных стратегий и технологий переработки навозных отходов. **Результаты и выводы.** Изученные данные подтверждают критическую необходимость разработки и внедрения новых, более эффективных технологий в сфере управления навозными отходами. Применение технологий биогазовой переработки для переработки органических отходов в биогаз открывает возможности для улучшения экономических показателей предприятий и существенного сокращения экологической нагрузки. Производство биогаза как возобновляемого источника энергии представляет собой важное направление в сфере устойчивой энергетики и экологии.

Ключевые слова: утилизация навоза, бесподстилочный навоз, навозные стоки, цифровизация животноводства.

Цитирование. Шемякин А. В., Лимаренко Н. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Юмаев Д. М. Концептуальные основы повышения эффективности обеззараживания свиного бесподстилочного навоза цифровыми решениями. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 373-380. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-41.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В данной статье раскрываются выводы исследования, в рамках которого были задействованы следующие инструменты и методологии: развертывание чувствительных элементов и систем на базе интернета вещей (IoT) для осуществления постоянного контроля за качеством навоза, его влажностью, температурной составляющей и другими жизненно важными показателями в режиме реального времени; использование методик машинного обучения и анализа данных с помощью инструментов искусственного интеллекта с целью повышения эффективности процедур компостирования и улучшения показателей качества навоза; создание мобильных решений и онлайн-платформ, предоставляющих фермерам возможность.

Материалы и методы. Эффективная утилизация бесподстилочного свиного навоза и навозных стоков в сельском хозяйстве является важной задачей с точки зрения устойчивого развития и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. На основании проведенных предварительных исследований, обобщения результатов многолетних опытов и мировой практики ниже представлена теоретическая концепция эффективной утилизации свиного бесподстилочного навоза и навозных стоков [1-7]. Графическая интерпретация основных блоков концепции приведена ниже на рисунке 1.



Рисунок 1 – Теоретическая концепция эффективной утилизации бесподстильного навоза и навозных стоков

Figure 1 – Theoretical concept for the effective disposal of unlined manure and manure waste

Рассмотрим более подробно каждую составляющую концепции.

1. Компостирование и улучшение качества навоза. Совершенствование биоконверсионных процессов позволит значительно улучшить его качество и уменьшить запахи. Добавление других органических материалов, таких как солома или опилки, может сбалансировать соотношение углерода и азота и улучшить процесс компостирования. Фундаментальная проблема сочетания данных эффектов заключается в том, что индустриальный подход к животноводству требует бесподстильного содержания животных, что приводит к образованию большого количества жидких отходов, соответственно улучшение биоконверсионных свойств зависит напрямую от правильности выбора физических интенсификаторов.

2. Использование энергетического потенциала в сельском хозяйстве. Известно, что свиной навоз можно использовать в качестве органического удобрения для почвы. Однако перед использованием необходимо провести его анализ на содержание питательных веществ, учитывающих потребности конкретных культур. При соблюдении описанных требований навоз можно применять в качестве удобрения для полей, садов, огородов и виноградников.

3. Совершенствование технологий управления азотом и фосфором. Для уменьшения загрязнения водных ресурсов необходимо постоянно контролировать вынос азота и фосфора из навоза в окружающую среду. Эффективные технологии с физическими и химическими интенсификаторами позволят помочь снизить потери этих элементов.

4. Использование эффектов биоконверсии. Одним из вариантов технической реализации эффектов биоконверсии являются био реакторы, частным случаем которых являются биогазовые установки. Использование биогазовых установок для переработки органического материала в биогаз и удобрения может обеспечить дополнительную выгоду и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Биогаз является источником производства энергии или тепла.

5. Непрерывные исследования и образование. Поддержка исследований в области утилизации свиного навоза состоит в разработке инновационных методов обработки и использования, в частности в обосновании параметров физико-химических интенсификаторов, а также создании цифровых продуктов. Обучение фермеров современным методам управления навозом и использования его в сельском хозяйстве также является важной составляющей основ повышения эффективности обеззараживания свиного бесподстильного навоза цифровыми решениями.

6. Законодательство и стимулирование. Разработка соответствующего законодательства и стимулирование фермеров к более эффективному управлению свиным навозом путем вознаграждения их за соблюдение экологических стандартов.

Результаты и обсуждение. Концепция, основанная на интенсификации естественного процесса компостирования, эффективном использовании и соблюдении экологических стандартов, может способствовать более устойчивому и эффективному использованию бесподстилочного свиного навоза в сельском хозяйстве, уменьшая его негативное воздействие на окружающую среду и способствуя росту урожайности. Однако для её реализации необходимы обоснованные параметры устройств, реализующих операционные воздействия, а также регламентированные действующими нормативными документами программы их испытаний.

Интеграция цифровых технологий и обеззараживание ультразвуком могут значительно усилить эффективность и устойчивость концепции утилизации бесподстилочного свиного навоза в сельском хозяйстве.

Мониторинг и управление навозом с использованием цифровых технологий: установка датчиков и IoT-систем для непрерывного мониторинга качества навоза, влажности, температуры и других параметров в реальном времени; применение алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта для оптимизации процессов компостирования и контроля качества навоза; разработка мобильных приложений и платформ для фермеров, которые позволяют им управлять процессом утилизации навоза и мониторить его параметры с помощью смартфонов или планшетов.

Обеззараживание ультразвуком: применение ультразвуковых технологий для обеззараживания навоза и уничтожения патогенных микроорганизмов. Ультразвуковое обеззараживание может быть включено в процесс компостирования или выполняться отдельно перед использованием навоза в сельском хозяйстве.

Цифровые платформы для обмена данными и ресурсами: создание цифровых платформ, где фермеры могут обмениваться навозом или его продуктами, такими как компост, с другими аграрными предприятиями или организациями, что способствует более эффективному использованию ресурсов. Установка системы трекинга и идентификации навоза, чтобы отслеживать его путь от фермы до конечного потребителя [1-4].

Обучение и консультации по цифровым методам: организация обучающих программ и консультаций для фермеров по использованию цифровых технологий при обеззараживании ультразвуком в управлении навозом; создание онлайн-ресурсов и образовательных платформ для доступа к передовым знаниям и практикам в области утилизации навоза.

Интеграция цифровых технологий в обеззараживание ультразвуком не только повышают эффективность процесса утилизации свиного навоза, но и способствуют улучшению его качества и безопасности, что важно для сельскохозяйственных систем и окружающей среды.

Для описания структуры технологической схемы был проведён анализ следующих источников [5-10]. Установлено, что продолжительность первичной выдержки бесподстилочного навоза и стоков оказывает существенное влияние на количество патогенных элементов за счёт происходящей естественной ферментации и окисления, что может привести к снижению уровня патогенных микроорганизмов. Исходя из этой парадигмы сформулированы следующие составляющие эффективности интенсификации обеззараживания, на которые оказывает влияние продолжительность выдержки:

- уменьшение концентрации патогенных бактерий: в начале процесса выдержки свежий навоз может содержать высокие концентрации патогенных бактерий, таких как *Salmonella* или *Escherichiacoli* (*E. coli*), выделенные свиньями. Со временем эти бактерии подвергаются конкуренции с более быстроразмножающимися микроорганизмами, такими как аэробные и анаэробные бактерии, концентрация которых значительно зависит от pH;

- изменение условий окружающей среды: с течением времени выдержки навоза меняются условия окружающей среды: изменение pH, уровня кислорода, содержание влаги и температуры (происходит естественное биотермическое обеззараживание, механизм которого обобщённо описывается слабой жизнеспособностью патогенных микроорганизмов в анаэробной среде);

- подавление патогенов: высокие концентрации бактерий, конкурирующих с патогенами, могут подавить рост и размножение патогенных элементов, что может происходить в результате конкуренции за ресурсы и пространство в навозе;

– окисление и деградация органических материалов: выдержанный более 2-х недель бесподстилочный навоз может подвергаться окислительным процессам и биологическому разложению, что также способствует снижению патогенных микроорганизмов.

Установлено, что продолжительность выдержки варьируется в зависимости от условий и требований конкретного сельскохозяйственного предприятия или региона, а также доступных интенсификаторов обеззараживания. Традиционные технологические решения предусматривают выдерживать свиной бесподстилочный навоз в течение нескольких недель или даже месяцев для обеспечения более безопасного уровня патогенов перед его использованием в сельском хозяйстве. Однако данный подход обладает крайне низкой экологической безопасностью и энергетической эффективностью.

Количественные значения изменения уровня патогенных элементов в свином навозе с течением времени выдержки могут варьировать в зависимости от многих факторов, таких как температура, влажность, начальное содержание патогенов и условия окружающей среды.

На основании проведенного анализа выделены следующие временные интервалы, определяющие принадлежность бесподстилочного к категориям свежести:

- свежий (0...7 дней): концентрация бактерий и вирусов, таких как сальмонелла и коли-бактерии, может быть в пределах $10^5 \dots 10^7$ КОЕ/г (колониеобразующих единиц на грамм);
- выдержанный (2...4 недели или более): снижение концентрации до уровней менее 10^4 КОЕ/г или даже менее;
- длительно-выдержанный (более 1...2 месяцев): в конечном итоге концентрация может снизиться до уровней менее 10^3 КОЕ/г или стать неопределенной.

Детальное значение требует проведение лабораторных исследований в каждом конкретном случае.

В процессе выдержки происходит естественная ферментация и окисление, что может привести к снижению уровня патогенных микроорганизмов. Продолжительность выдержки бесподстилочного навоза и стоков оказывает влияние на количество патогенных элементов следующим образом. В начале процесса выдержки свежий навоз может содержать высокие концентрации патогенных бактерий, таких как сальмонелла или коли-бактерии, выделенные свиньями. Со временем эти бактерии подвергаются конкуренции с более быстроразмножающимися микроорганизмами, такими как аэробные и анаэробные бактерии, которые могут снижать pH и создавать менее благоприятные условия для патогенов. С течением времени выдержки навоза меняются условия окружающей среды. Поэтому сбор бесподстилочного свиного навоза и его свежесть играют важную роль в управлении патогенными элементами и безопасности при его дальнейшем использовании.

Основные структурные составляющие технологической схемы интенсификации обеззараживания приведены ниже. Сбор бесподстилочного свиного навоза. Бесподстилочный навоз собирается с помощью автоматических систем, таких как скребковые системы или конвейеры, расположенные на дне свинарников.

Удаление крупных частиц. В процессе сбора крупные частицы, такие как солома или корм, могут быть отделены от навоза, чтобы предотвратить их попадание в конечный продукт.

Транспортировка. Собранный навоз транспортируется к месту его обработки, обеззараживания или хранения. В некоторых случаях проводится дополнительная сепарация для отделения жидкой и твердой фракций навоза. Это может помочь управлять его консистенцией и содержанием влаги.

Заключение. Технологическая схема обеззараживания свиного навоза ультразвуком с цифровыми технологиями представлена на рисунке 2. Свиной бесподстилочный навоз собирается и подготавливается для процесса обеззараживания. Это включает в себя удаление крупных частиц и примесей, а также подготовку интенсифицирующих процесс химических реагентов. Далее бесподстилочный навоз подается в обеззараживающее устройство, где будет происходить обработка ультразвуком. Ультразвуковые излучатели, установленные внутри устройства, создают вибрации на высокой частоте, генерируя ультразвуковые волны. Ультразвуковые волны пропускаются через навоз, что приводит к разрушению клеточных структур патогенных микроорганизмов и вирусов. Использование датчиков и цифровых систем в мониторинге температуры, времени обработки и других параметров позволяет в значительной мере повысить энергетическую эффективность и экологическую безопасность. Интегрированные аналитиче-

ские инструменты могут выполнять мониторинг качества навоза и степени его обеззараживания. Цифровые технологии и системы управления позволяют точно контролировать параметры ультразвуковой обработки; регулирование частоты, амплитуды и времени обработки может быть выполнено с помощью компьютерного интерфейса.

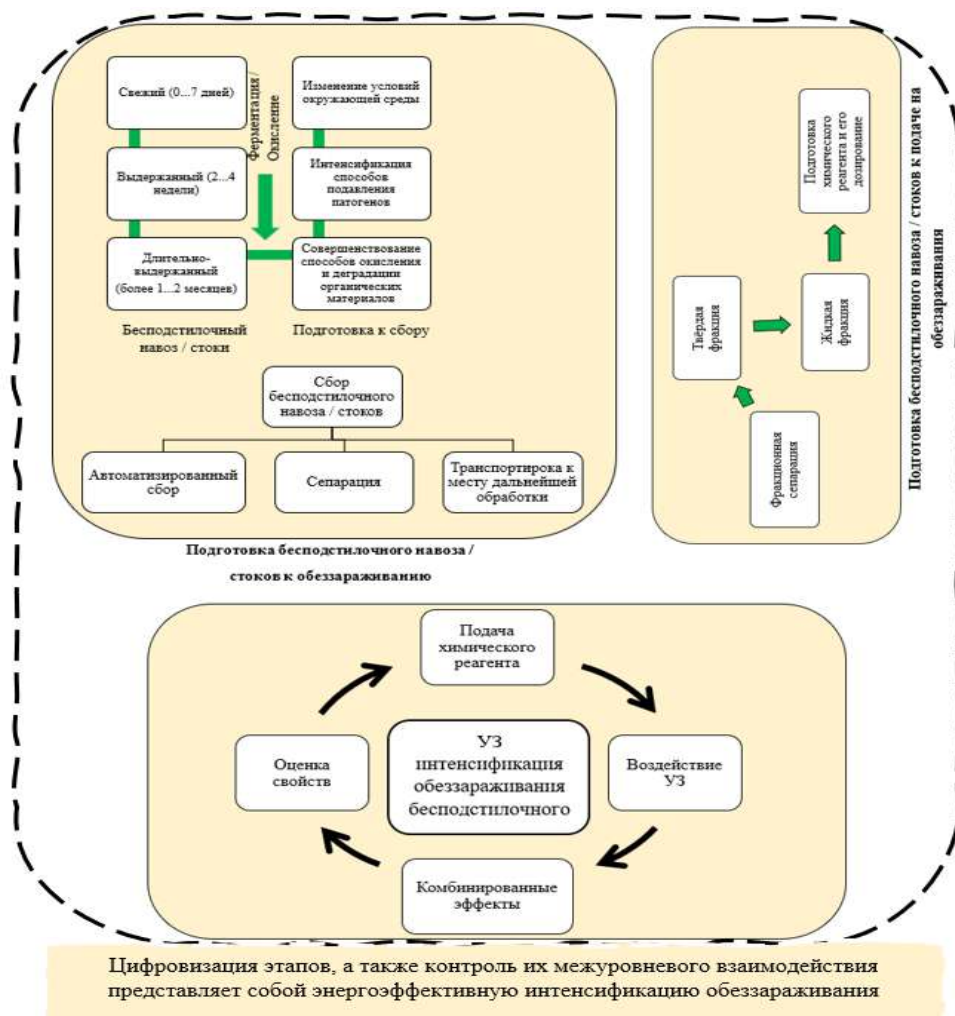


Рисунок 2 – Технологическая схема УЗ интенсификации обеззараживания бесподстильного навоза и стоков

Figure 2 – Technological diagram of ultrasonic intensification of disinfection of bedding-free manure and wastewater

После завершения процесса обеззараженный бесподстильный навоз может быть выдан для дальнейшего использования в сельском хозяйстве в качестве удобрения. Данные о процессе обеззараживания, результаты анализов и мониторинга сохраняются в цифровой форме для документирования и анализа.

Такая технологическая схема позволяет эффективно обеззараживать свиной навоз с использованием ультразвуковых технологий и одновременно контролировать процесс с помощью цифровых технологий для обеспечения безопасности и качества конечного продукта.

Conclusions. Technological scheme of disinfection of pig manure with ultrasound with digital technologies is presented in the figure. 2. Pork manure is collected and prepared for the decontamination process. This includes the removal of large particles and impurities, and preparation of process-intensifying chemical reagents. Next, the unfiltered manure is fed into a disinfectant device, where the ultrasound treatment will take place. Ultrasonic emitters, installed inside the device, create vibrations at a high frequency, Generating ultrasonic waves. Ultrasonic waves pass through manure, which leads to the destruction of the cellular structures of pathogenic microorganisms and viruses. The use of sen-

sors and digital systems in temperature monitoring, processing time and other parameters can significantly increase energy efficiency and environmental safety. Integrated analytical tools can monitor manure quality and decontamination. Digital technologies and control systems allow precise control of ultrasonic processing parameters; frequency regulation, amplitude and processing time can be performed using a computer interface.

After completion of the process, the decontaminated uncontaminated manure may be released for further use in agriculture as fertilizer. Decontamination process data, analysis and monitoring results are stored in digital form for documentation and analysis.

This technological scheme allows efficient disinfection of pig manure using ultrasonic technologies and at the same time control the process using digital technologies to ensure the safety and quality of the final product.

Библиографический список

1. Limarenko N. V., Savenkov D. N., Shcherbakov A. A. Using of digital tools as a means of increasing the efficiency of agro-industrial complex. Proc. SPIE 12564, 2nd International Conference on Computer Applications for Management and Sustainable Development of Production and Industry (CMSD-II-2022). 125640N. 2023. <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/12564/2669259/Using-of-digital-tools-as-a-means-of-increasing-the/10.1117/12.2669259.short?SSO=1&tab=ArticleLink>
2. Лимаренко Н. В., Шемякин А. В., Борычев С. Н. и др. Цифровой инструмент седиментационного анализа свиного бесподстильного навоза. Техника и оборудование для села. 2023. № 10. С. 26-30.
3. Лобачевский Я. П., Бейлис В. М., Ценч Ю. С. Аспекты цифровизации системы технологий и машин. Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2019. № 3 (36). С. 40-45.
4. Митрофанов С. В., Благоев Д. А., Никитин В. С. и др. Цифровые технологии в проектировании систем удобрения в сельскохозяйственных предприятиях. Техника и оборудование для села. 2019. № 7 (265). С. 14-17.
5. Бышов Н. В., Лимаренко Н. В., Успенский И. А. и др. Исследование распределения плотности вероятностей патогенных маркеров свиного бесподстильного навоза. Известия НВАУК. 2019. № 4 (56). С. 215-227.
6. Бышов Н. В., Успенский И. А., Юхин И. А. и др. Концептуальная модель энергетической эффективности получения экологически безопасного утилизационного свиного бесподстильного навоза. Инженерные технологии и системы. 2020. Т. 30. № 3. С. 394-412.
7. Skinner B. M., Rogers A. T., Jacob M. E. Susceptibility of Escherichia coli O157: H7 to disinfectants in vitro and in simulated footbaths amended with manure. Foodborne Pathogens and Disease. 2018. V. 15. №. 11. Pp. 718-725.
8. Лимаренко Н. В., Успенский И. А., Юхин И. А. Способы и модели интенсификации обеззараживания отходов агропромышленного комплекса: монография. Рязань: РГТУ, 2023. 174 с.
9. Шемякин А. В., Лимаренко Н. В., Юхин И. А. и др. Контаминация индикаторов оценки санитарно-эпидемиологических свойств свиного бесподстильного навоза и навозных стоков. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2023. Т. 15. № 4. С. 173-180.
10. Борычев С. Н., Успенский И. А., Юхин И. А. и др. Экосистема утилизации органических отходов животноводства. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2020. № 4 (48). С. 83-91.
11. Борычев С. Н., Лимаренко Н. В., Ракул Е. А. и др. Моделирование влияния влажности бесподстильного навоза на уровень его санитарно-эпидемиологической нагрузки. Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2021. Т. 13. № 2. С. 79-87.
12. Izmaylov A., Briukhanov A., Shalavina E., et al. Pig Manure Management: A Methodology for Environmentally Friendly Decision-Making. Animals. 2022. Vol. 12. No. 6. Pp.1-20.
13. Федоренко В. Ф., Брюханов А. Ю., Захаров А. М. и др. Концептуальные основы развития органического производства сельскохозяйственной продукции. Техника и оборудование для села. 2024. № 1 (319). С. 2-7.
14. Максимов Д. А., Брюханов А. Ю., Васильев Э. В. и др. Информационно-аналитическая система обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственного производства. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 1 (73). С. 337-346.
15. Брюханов А. Ю., Васильев Э. В., Папушин Э. А. Цифровой инструмент для определения негативного воздействия сельскохозяйственного производства на водные объекты. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 4 (72). С. 357-366.
16. Гарзанов А. Л., Дорофеева О., Брюханов А. Ю. Навоз и помет: критерии оценки и эффективности технологии переработки. Мясная индустрия. 2021. № 10. С. 44-48.
17. Брюханов А. Ю., Шалавина Е. В., Васильев Э. В. Методика расчетов комбинированной ресурсосберегающей системы навозоудаления на свиноводческих комплексах. Аграрная наука. 2022. № 10. С. 136-142.

References

1. Limarenko N. V., Savenkov D. N., Shcherbakov A. A. Using of digital tools as a means of increasing the efficiency of agro-industrial complex. Proc. SPIE 12564, 2nd International Conference on Computer Applications for Management and Sustainable Development of Production and Industry (CMSD-II-2022). 125640N. 2023. <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/12564/2669259/Using-of-digital-tools-as-a-means-of-increasing-the/10.1117/12.2669259.short?SSO=1&tab=ArticleLink>
2. Limarenko N. V., Shemyakin A. V., Borychev S. N., et al. Digital tool for sedimentation analysis of pig manure without bedding. Machinery and equipment for villages. 2023. No 10. Pp. 26-30.

3. Lobachevsky Ya. P., Beilis V. M., Tsench Yu. S. Aspects of digitalization of the system of technologies and machines. Electrical technologies and electrical equipment in the agro-industrial complex. 2019. No 3 (36). Pp. 40-45.
4. Mitrofanov S. V., Blagov D. A., Nikitin V. S., et al. Digital technologies in the design of fertilizer systems in agricultural enterprises. Machinery and equipment for rural areas. 2019. No 7 (265). Pp. 14–17.
5. Byshov N. V., Limarenko N. V., Uspensky I. A., et al. Study of the probability density distribution of pathogenic markers in pig bedding-free manure. News of NVAUK. 2019. N 4 (56). Pp. 215-227.
6. Byshov N. V., Uspensky I. A., Yukhin I. A., et al. Conceptual model of energy efficiency for obtaining environmentally safe utilization of pig manure without bedding. Engineering technologies and systems. 2020. V. 30. No 3. Pp. 394-412.
7. Skinner B. M., Rogers A. T., Jacob M. E. Susceptibility of Escherichia coli O157: H7 to disinfectants in vitro and in simulated footbaths amended with manure. Foodborne Pathogens and Disease. 2018. V. 15. №. 11. Pp. 718-725.
8. Limarenko N. V., Uspensky I. A., Yukhin I. A. Methods and models for intensifying the disinfection of waste from the agro-industrial complex: monograph. Ryazan: RSATU, 2023. 174 p.
9. Shemyakin A. V., Limarenko N. V., Yukhin I. A., et al. Contamination of indicators for assessing the sanitary and epidemiological properties of pig bedding-free manure and manure drains. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after. P. A. Kostycheva. 2023. V. 15. No 4. Pp. 173-180.
10. Borychev S. N., Uspensky I. A., Yukhin I. A., et al. Ecosystem for recycling organic animal waste. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after. P. A. Kostycheva. 2020. No 4 (48). Pp. 83-91.
11. Borychev S. N., Limarenko N. V., Rakul E. A., et al. Modeling the influence of the moisture content of bedding-free manure on the level of its sanitary and epidemiological load. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after. P. A. Kostycheva. 2021. V. 13. No 2. Pp. 79-87.
12. Izmaylov A., Briukhanov A., Shalavina E., et al. Pig Manure Management: A Methodology for Environmentally Friendly Decision-Making. Animals. 2022. Vol. 12. No 6. Pp.1-20.
13. Fedorenko V. F., Bryukhanov A. Yu., Zakharov A. M., et al. Conceptual basis for the development of organic production of agricultural products. Machinery and equipment for rural areas. 2024. No. 1 (319). Pp. 2-7.
14. Maksimov D. A., Bryukhanov A. Yu., Vasilyev E. V., et al. Information and analytical system for ensuring environmental safety of agricultural production. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher professional education. 2024. No 1 (73). Pp. 337-346.
15. Bryukhanov A. Yu., Vasilyev E. V., Papushin E. A. Digital tool for determining the negative impact of agricultural production on water bodies. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and higher professional education. 2023. No 4 (72). Pp. 357-366.
16. Garzanov A. L., Dorofeeva O., Bryukhanov A. Yu. Manure and litter: criteria for assessing and efficiency of processing technology. Meat industry. 2021. No 10. Pp. 44-48.
17. Bryukhanov A. Yu., Shalavina E. V., Vasilyev E. V. Methodology for calculating a combined resource-saving manure removal system at pig-breeding complexes. Agricultural Science. 2022. No 10. Pp. 136-142.

Информация об авторах

Шемакин Александр Владимирович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева» (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: shem.alex62@yandex.ru

Лимаренко Николай Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры приборостроения и биомедицинской инженерии, Донской государственный технический университет (Российская Федерация, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), профессор кафедры технической эксплуатации транспорта ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева» (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: limarenkodstu@yandex.ru

Успенский Иван Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева» (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: ivan.uspensckij@ya.ru

Юхин Иван Александрович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева» (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: yuival@rambler.ru

Юмаев Дмитрий Михайлович, кандидат технических наук, ассистент кафедры технологии металлов и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева» (Российская Федерация, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: yumaeb@yandex.ru

Author's Information

Shemyakin Aleksander Vladimirovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostychev st., 1), e-mail: shem.alex62@yandex.ru

Limarenko Nikolay Vladimirovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Department of Instrument Engineering and Biomedical Engineering, Don State Technical University (Russian Federation, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), Professor, Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostychev st., 1), e-mail: limarenkodstu@yandex.ru

Uspensky Ivan Alekseevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostychev st., 1), e-mail: ivan.uspensckij@ya.ru

Yukhin Ivan Aleksandrovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostychev st., 1), e-mail: yuival@rambler.ru

Yumaev Dmitry Mikhailovich, Candidate of Engineering Sciences, Assistant of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University named after. P. A. Kostychev (Russian Federation, 390044, Ryazan, Kostychev st., 1).

SOIL PROTECTION INDICATORS OF THE NEW WORKING BODY STEAM CULTIVATOR¹Parhomenko G. G., ^{1,2}Kambulov S. I., ^{1,2}Podlesny D. S., ¹Bozhko I. V., ^{1,3}Belousov S. V.¹FGBNU "Agrarian Scientific Center "Donskoy" structural subdivision "SKNIIMESH"

Zernograd, Russian Federation

²Don State Technical University

Rostov-on-Don, Russian Federation

³Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin

Krasnodar, Russian Federation

Corresponding author E-mail: sergey_belousov_87@mail.ru

Received 11.04.2024

Submitted 30.08.2024

Abstract

Introduction. The paper presents issues related to the operation of a new asymmetric working body for a steam cultivator. In science, it is known that the indicators of soil protection include: the content of erosive dangerous particles in the upper layer of the soil and the removal of wet layers to the surface of the field. The use of an asymmetric working organ causes the destruction of lumps, and the particles that appear after its passage ensure the accumulation of moisture in the surface layer. **Materials and methods.** The use of a new asymmetric working organ and the analysis of the results of its impact on the soil were carried out in laboratory and field conditions. The method of determining the removal of the inner layers to the soil surface was based on the determination of humidity by sampling in the upper layer. Moisture sampling before and after the passage of the new working organ of the steam cultivator and the standard pointed foot was carried out in the same places in a layer of 0-3 cm in 2-fold repetition at 3 points. Studies of qualitative indicators of the work of an asymmetric working organ have been carried out. The research methodology is given. **Discussions and conclusion.** When conducting research, it can be noted that visually the removal of wet soil layers is observed only in the wake of the rack of a new working asymmetric working organ of a steam cultivator. This can be explained by the imperfection of the design of the standard rack of the steam cultivator. As a result of the comparative analysis, it can also be concluded that the asymmetric working body, unlike the serial lancet paw, does not carry out the removal of wet layers to the soil surface during the work. Obviously the removal of wet layers to the field surface by the new working body of the steam cultivator is so insignificant that with the volume of the sample taken by the drill, it is leveled due to the natural desiccation of the upper soil layer and redistribution of moisture inside the sample. It can also be said that after tillage with a new working organ of the steam cultivator, the surface layer dries up somewhat compared to the control, which leads to additional moisture retention inside the formation by suppressing capillaries through which evaporation can be observed.

Keywords: cultivator working body, steam cultivator, soil, research, tillage working bodies, design, parameters, moisture conservation, soil analysis.

Citation. Parkhomenko G. G., Kambulov S. I., Podlesny D. S., Bozhko I. V., Belousov S. V. Soil protection indicators of a new working organ of a steam cultivator. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 381-387 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-42.

Author's contribution. All the authors of this article took part in the analysis, planning, research and mathematical calculations to justify the theoretical dependencies that reduce the vibrations of the rod using the new technology. The authors reviewed and approved the received version of the article.

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

УДК 631.316.022

**ПОЧВОЗАЩИТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА
ПАРОВОГО КУЛЬТИВАТОРА**

¹Пархоменко Г. Г., ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук
^{1,2}Камбулов С. И., главный научный сотрудник, доктор технических наук, доцент
^{1,2}Подлесный Д. С., ведущий инженер
¹Божко И. В., старший научный сотрудник
^{1,3}Белосов С. В., кандидат технических наук, доцент

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» структурное подразделение «СКНИИМЭСХ»
г. Зерноград, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

³Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина,
г. Краснодар, Российская Федерация

Актуальность. В работе приводятся вопросы, связанные с работой нового ассиметричного рабочего органа для парового культиватора. В науке известен факт, что показателем защиты почвы является содержание эрозивно-опасных частиц в верхнем слое почвы и вынос влажных слоёв на поверхность поля. Использование ассиметричного рабочего органа происходит разрушение комков, а частицы, которые появляются после его прохода, обеспечивают накопление влаги в поверхност-

ном слое. **Материалы и методы.** Использование нового ассиметричного рабочего органа и анализ результатов его воздействия на почву производился в лабораторно-полевых условиях. Методика определения выноса внутренних слоёв на поверхность почвы основывалась на определении влажности посредством отбора проб в верхнем слое. Отбор проб на влажность до и после прохода нового рабочего органа парового культиватора и стандартной стрелчатой лапы осуществлялся на одних и тех местах в слое 0-3 см в 2-х кратной повторности в 3-х точках. Проведены исследования качественных показателей работы ассиметричного рабочего органа. Приведена методика проведения исследований. **Обсуждение и выводы.** При проведении исследований можно отметить, что визуально вынос влажных слоёв почвы наблюдается по только следу стойки нового рабочего ассиметричного рабочего органа парового культиватора. Это можно объяснить несовершенством конструкции стандартной стойки парового культиватора. Результатом сравнительного анализа также можно сделать заключение, что ассиметричный рабочий орган в отличие от серийной стрелчатой лапы в процессе работ не осуществляет вынос влажных слоёв на поверхность почвы. Очевидно вынос влажных слоёв на поверхность поля новым рабочим органом парового культиватора столь ничтожный, что при объёме пробы, взятой буром, нивелируется ввиду естественного иссушения верхнего слоя почвы и перераспределения влаги внутри образца. Также можно сказать и о том, что после обработки почвы новым рабочим органом парового культиватора поверхностный слой несколько иссушается по сравнению с контролем, что приводит к дополнительному сохранению влаги внутри пласта путём пресечения капилляров, по которым может наблюдаться испарение.

Ключевые слова: культиваторный рабочий орган, паровой культиватор, почва, исследования, почвообрабатывающие рабочие органы, конструкция, параметры, влагосбережение, почвенный анализ.

Цитирование. Пархоменко Н. Г., Камбулов С. И., Подлесный Д. С., Божко И. В., Белоусов С. В. Почвозащитные показатели нового рабочего органа парового культиватора. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 381-387. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-42.

Авторский вклад. Все авторы данной статьи принимали участие в анализе, планировании, исследовании и математических расчетах, для обоснования теоретических зависимостей снижающих колебания штанги с использованием новой технологии. Авторы ознакомились и одобрили полученный вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В засушливых условиях в регионах подверженных воздействию эрозионных процессов особое значение приобретает качество выполнения технологического процесса в части выполнения почвозащитных показателей [1, 2].

К почвозащитным показателям относятся, прежде всего, такие как содержание эрозионно-опасных частиц в верхнем слое почвы и вынос влажных слоёв на поверхность поля.

Если после прохода рабочего органа наблюдается увеличение содержания пылевидных частиц в верхнем слое почвы, то он не пригоден для функционирования в регионах подверженных воздействию эрозионных процессов. Применение такого рабочего органа приведёт к распылению верхнего слоя и потере агрономически ценных микроагрегатов, что отрицательно повлияет на плодородие почвы [9-13].

Помимо этого в засушливых условиях необходимо сохранять имеющиеся запасы влаги внутри пласта при обработке почвы посредством применения рабочих органов соответствующей конструкции, препятствующих выносу внутренних слоёв на поверхность поля [3-7].

Согласно данным биофизической модели, которая устанавливает взаимосвязь фактической эвапотранспирации и содержания влаги в почве корневой зоны с прогнозируемой урожайностью в засушливых условиях, пригодной для использования при анализе причин пространственной и временной изменчивости климата, обработка почвы рабочим органом способствующим испарению влаги, приводит к ухудшению роста и развитию возделываемых культур и снижает плодородие [8-10]. Пересушенная при этом почва сильнее подвергается отрицательному воздействию эрозионных процессов.

Материалы и методы. В ФГБНУ АНЦ «Донской» в отделе механизации растениеводства разработана конструкция нового рабочего органа парового культиватора. Новый рабочий орган состоит из стойки с долотом и последовательно установленных на ней левых и правосторонних плоскорезов (рисунок 1).

Методика определения выноса внутренних слоёв на поверхность почвы основывалась на определении влажности посредством отбора проб в верхнем слое. Отбор проб на влажность до и после прохода нового рабочего органа парового культиватора и стандартной стрелчатой лапы (рисунок 2) осуществлялся на одних и тех местах в слое 0-3 см в 2-х кратной повторности в 3-х точках.

Отбор проб производился буром в полевых условиях, затем определялась влажность в лабораторных условиях посредством высушивания навески почвы с помощью специального оборудования (рисунок 3).



Рисунок 1 – Новый рабочий орган парового культиватора
Figure 1 – The new working body of the steam cultivator



Рисунок 2 – Стандартная стрелчатая лапа
Figure 2 – Standard pointed paw



Рисунок 3 – Оборудование для определения влажности почвы в лабораторных условиях (анализатор влажности Adam PMB 202)
Figure 3 – Equipment for determining soil moisture in laboratory conditions (Adam PMB 202 moisture analyzer)



Рисунок 4 – Взвешивание общей пробы почвы
Figure 4 – Weighing of the total soil sample

Содержание эрозионно-опасных пылевидных частиц почвы размером менее 1 мм в верхнем слое от 0 до 5 см обработанного пласта определяли по пробам, отобранным в 5 точках после прохода нового рабочего органа парового культиватора и стандартной стрелчатой лапы.

В качестве контроля используется проба почвы взятая в 3 повторностях с верхнего слоя от 0 до 5 см необработанного пласта до прохода рабочих органов.

Пробы в лабораторных условиях рассыпали тонким слоем не более 2 см и сушили до воздушно-сухого состояния. Затем пробы взвешивали (рисунок 4).



Рисунок 5 – Результат просеивания проб почвы
Figure 5 – The result of sifting soil samples



Рисунок 6 – Взвешивание пылевидной фракции почвы
Figure 6 – Weighing the dusty fraction of the soil

Далее пробы почвы просеивают через решето диаметром отверстий 1 мм. Решето содержит поддон, в котором после просеивания находится пылевидная фракция – эрозионно-опасные частицы, размером менее 1 мм (рисунок 5).

Пылевидная фракция из поддона также взвешивается (рисунок 6).

Содержание эрозионно-опасных частиц Π_3 , %, вычисляют по формуле:

$$\Pi_3 = \frac{m_3}{m} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где m_3 – масса пылевидной фракции из поддона, г; m – общая масса пробы, г.

Результаты и обсуждение. Визуально вынос влажных слоёв почвы наблюдается по только следу стойки нового рабочего органа парового культиватора. Это можно объяснить несовершенством конструкции стандартной стойки парового культиватора. При этом от стойки образуется небольшая бороздка, которая может быть устранена посредством воздействия на обработанный пласт приспособлений для выравнивания и мульчирования верхнего слоя почвы (катков), устанавливаемых на заднем бруске парового культиватора за основными рабочими органами (лапами).

В отличие от нового рабочего органа, стандартная стрелчатая лапа в процессе функционирования осуществляет вынос влажных слоёв на поверхность почвы не только по следу стойки, но и по всей ширине захвата рабочего органа (рисунок 7, 8).



Рисунок 7 – Вынос влажных слоёв на поверхность почвы по следу стойки нового рабочего органа парового культиватора
Figure 7 – Removal of wet layers to the soil surface following the track of the rack of the new working organ of the steam cultivator



Рисунок 8 – Вынос влажных слоёв на поверхность почвы стандартной стрелчатой лапой
Figure 8 – Removal of wet layers to the soil surface with a standard pointed foot

Стандартная стрелчатая лапа заметно способствует выносу влаги на поверхность поля, поскольку влажность верхнего слоя составила в среднем после обработки 19,6%, что на 2,5% выше по сравнению с новым рабочим органом парового культиватора и на 0,9% выше контроля (таблица 1).

Таблица 1 – Влажность поверхностного слоя (3 см) при обработке почвы на глубину до 8 см

Table 1 – Moisture content of the surface layer (3 cm) during tillage to a depth of 8 cm

Наименование обработки и рабочего органа	Влажность поверхностного слоя, %
Контроль (до обработки)	17,75
	18,0
	18,75
Контроль (до обработки) в среднем	18,7
Новый рабочий орган парового культиватора	17,65
	17,05
	16,60
Новый рабочий орган парового культиватора в среднем	17,1
Стандартная стрелчатая лапа	20,0
	18,80
	19,95
Стандартная стрелчатая лапа в среднем	19,6

При воздействии на пласт стандартной стрелчатой лапой более сухие слои сбрасываются на дно борозды, а более влажные выносятся на поверхность почвы.

Несмотря на визуально наблюдаемый след выноса влажных слоёв на поверхность почвы новым рабочим органом, обусловленный наличием открытой борозды от стандартной стойки, по полученным данным влажности поверхностного слоя это не подтверждается.

В одной из точек замера влажность поверхностного слоя после обработки почвы новым рабочим органом парового культиватора (17,65%) приближается к контролю (17,75%), но не превышает среднего значения с учётом повторностей.

При этом у стандартной стрелчатой лапы данная точка взятия проб характеризуется наибольшей влажностью (20,0%), поскольку стойки у обоих рабочих органов идентичны.

Очевидно вынос влажных слоёв на поверхность поля новым рабочим органом парового культиватора столь ничтожный, что при объёме пробы, взятой буром, нивелируется ввиду естественного иссушения верхнего слоя почвы и перераспределения влаги внутри образца.

Следует отметить, что после обработки почвы новым рабочим органом парового культиватора поверхностный слой несколько (на 1,6%) иссушается по сравнению с контролем, что приводит к дополнительному сохранению влаги внутри пласта путём пресечения капилляров, по которым может наблюдаться испарение.

Для определения относительной величины выноса влаги на поверхность почвы, введём коэффициент ξ , характеризующий изменение влажности поверхностного слоя почвы относительно контроля (до обработки).

Коэффициент ξ определяется в зависимости от влажности поверхностного слоя до $W_{до}$ и после $W_{после}$ прохода рабочих органов по формуле:

$$\xi = \frac{W_{после} - W_{до}}{W_{до}} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Таким образом, стандартная стрелчатая лапа осуществляет вынос влажных слоёв на поверхность почвы превышая влажность до обработки на 12,68% и на 13,31% выше нового рабочего органа парового культиватора.

Результаты исследования содержания эрозионно-опасных пылевидных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое 0-5 см почвы после прохода нового рабочего органа парового культиватора и стандартной стрелчатой лапы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследования содержания эрозионно-опасных пылевидных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое 0-5 см после обработки почвы рабочими органами на глубину 8 см
Table 2 – Results of a study of the content of erosively hazardous dust particles less than 1 mm in size in the upper layer of 0-5 cm after tillage by working bodies to a depth of 8 cm

Наименование рабочего органа и обработки почвы	Значение показателя, % при скорости движения, км/ч		
	8,0	10,5	13,0
До обработки (контроль)	11,3		
Новый рабочий орган парового культиватора	5,9	6,1	5,5
	6,1	4,6	5,8
	5,7	5,9	6,1
	5,5	6,9	5,0
	6,6	6,2	6,8
В среднем	6,0	5,9	5,8
Стандартная стрелчатая лапа	6,5	11,0	13,8
	6,8	10,9	15,5
	6,7	11,6	12,1
	6,7	12,1	12,4
	6,9	10,9	11,9
В среднем	6,7	11,3	13,1

Затем сравниваются результаты по содержанию эрозионно-опасных пылевидных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое 0-5 см почвы необработанного пласта и после прохода нового рабочего органа парового культиватора и стандартной стрелчатой лапы.

По агротехническим требованиям после прохода рабочих органов содержание эрозионно-опасных пылевидных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое 0-5 см почвы не должно возрастать.

Изменение $\Delta\Pi_3$ содержания эрозионно-опасных пылевидных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое 0-5 см после прохода рабочих органов $\Pi_3^{после}$ определялось в сравнении с их количеством до обработки почвы $\Pi_3^{до}$ по следующей зависимости:

$$\Delta P_3 = P_3^{\partial o} - P_3, \quad (3)$$

Полученные данные сравнения приведены в таблице 2.

Таблица 3 – Результаты изменения содержания эрозионно-опасных пылевидных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое 0-5 см после обработки почвы рабочими органами на глубину 8 см
Table 3 – Results of changes in the content of erosively hazardous dust particles with a size of less than 1 mm in the upper layer of 0-5 cm after tillage by working bodies to a depth of 8 cm

Наименование рабочего органа	Значение показателя, % при скорости движения, км/ч		
	8,0	10,5	13,0
Новый рабочий орган парового культиватора	Снижается на 5,3	Снижается на 5,4	Снижается на 5,5
Стандартная стрельчатая лапа	Снижается на 4,6	Не изменяется	Увеличивается на 1,8

Анализ полученных данных (таблица 3) показывает, что новый рабочий орган парового культиватора выполняет агротехнические требования по изменению содержания эрозионно-опасных пылевидных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое 0-5 см на всём диапазоне скорости движения.

После прохода нового рабочего органа парового культиватора содержание эрозионно-опасных пылевидных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое 0-5 см почвы снижается в среднем на 5,3-5,5%, причём с увеличением скорости движения более интенсивно.

Стандартная стрельчатая лапа выполняет агротехнические требования в части изменения содержания эрозионно-опасных пылевидных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое 0-5 см почвы только при скорости движения 8,0-10,5 км/ч.

При этом при скорости 8,0 км/ч после прохода стандартной стрельчатой лапы наблюдается снижение содержания эрозионно-опасных пылевидных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое 0-5 см почвы на 4,6% в среднем, что меньше на 13,2%, чем у нового рабочего органа парового культиватора при тех же режимах функционирования.

При скорости 10,5 км/ч после прохода стандартной стрельчатой лапы содержание эрозионно-опасных пылевидных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое 0-5 см почвы остаётся на том же уровне, т.е. не изменяется, что допустимо.

При скорости 13,0 км/ч после прохода стандартной стрельчатой лапы содержание эрозионно-опасных пылевидных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое 0-5 см почвы увеличивается на 1,8%, что противоречит агротехническим требованиям.

Следовательно, стандартная стрельчатая лапа не приспособлена к функционированию на высокоскоростных почвообрабатывающих агрегатах.

Новый рабочий орган парового культиватора, напротив, с увеличением скорости движения с 8,0 до 13,0 км/ч на 3,6% улучшает значение данного показателя в части снижения содержания эрозионно-опасных пылевидных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое 0-5 см почвы, что свидетельствует о его пригодности для скоростных почвообрабатывающих агрегатов.

Выводы. К почвозащитным показателям качества обработки почвы рабочим органом относятся содержание эрозионно-опасных частиц в верхнем слое почвы и вынос влажных слоёв на поверхность поля.

После обработки почвы новым рабочим органом парового культиватора поверхностный слой несколько (на 1,6%) иссушается по сравнению с контролем, что приводит к дополнительному сохранению влаги внутри пласта путём пресечения капилляров, по которым может наблюдаться испарение. Стандартная стрельчатая лапа заметно способствует выносу влаги на поверхность поля, поскольку влажность верхнего слоя составила в среднем после обработки 19,6%, что на 2,5% выше по сравнению с новым рабочим органом парового культиватора и на 0,9% выше контроля. Стандартная стрельчатая лапа осуществляет вынос влажных слоёв на поверхность почвы, превышая влажность до обработки на 12,68% и на 13,31% выше нового рабочего органа парового культиватора.

После прохода нового рабочего органа парового культиватора содержание эрозионно-опасных пылевидных частиц (размером менее 1 мм) в верхнем слое 0-5 см почвы снижается в среднем на 5,3-5,5% на всём диапазоне скорости движения. Стандартная стрельчатая лапа выполняет агротехнические требования в части изменения содержания эрозионно-опасных пылевидных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое 0-5 см почвы только при скорости движения 8,0-10,5 км/ч.

Библиографический список

1. Burton G. J., Shend D. S., Cambell C., Bimodal pore size distribution of a high-plasticity compacted clay Géotechnique Letters, 4, 2, 88-93 (2014) <http://doi.org/10.1680/geolett.14.00003>
2. Пархоменко Г. Г., Пархоменко С. Г. Экологически безопасная эксплуатация технических средств в условиях физической деградации почвы. Технический сервис машин. – 2019. – № 2(135). С. 40-46.

3. Konrad J. M., Lebeau M., Capillary-based effective stress formulation for predicting shear strength of unsaturated soils, Canadian Geotechnical Journal, 52(12), 2067-2076 (2015) <https://doi.org/10.1139/cgj-2014-0300>
4. Akuraju V. R., Ryu D., George B., Ryu Y., Dassanayake K., Seasonal and interannual variability of soil moisture stress function in dryland wheat field, Australia, Agric. For. Meteorol., 232, 489-499 (2017) <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.10.007>
5. Fang Y., Du Y., Wang J., Wu A., Qiao S., Xu B., Zhang S., Siddique K. H. M., Chen Y., Moderate Drought Stress Affected Root Growth and Grain Yield in Old, Modern and Newly Released Cultivars of Winter Wheat, Front. Plant Sci., (2017) <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00672>
6. Ehdad B., Layne A. P., Waines J. G., Root system plasticity to drought influences grain yield in bread wheat, 186, 219-232 (2012) <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0585-9>
7. Helmana D., Lenskya I. M., Bonfilb D. J., Early prediction of wheat grain yield production from root-zone soil water content at heading using Crop RS-Met, 232, 11-23 (2019) <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.12.003>
8. Пархоменко С. Г., Пархоменко Г. Г. Метод структурного моделирования систем автоматического регулирования эксплуатационных режимов работы почвообрабатывающих агрегатов. Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 126. С. 55-61.
9. Пархоменко Г. Г., Пархоменко С. Г. Теоретическое исследование механизмов перемещения рабочих органов для обработки почвы. В сборнике: Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства. Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. 2015. С. 210-214.
10. O. Miller, D. Helman, T. Svoray, E. Morin, D. J. Bonfil, Explicit wheat production model adjusted for semi-arid environments, Field Crops Research. 231 (2018) <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.11.011>.
11. Совершенствование технологических процессов и технических средств для полеводства / В. Б. Рыков, С. И. Камбулов, Н. В. Шевченко, С. В. Белоусов. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, 2023. – 262 с. – ISBN 978-5-907668-68-3. – EDN NOEGAG.
12. Машинные технологии и технические средства возделывания озимой пшеницы / В. Б. Рыков, С. И. Камбулов, Ю. А. Семенихина, С. В. Белоусов. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, 2024. – 251 с. – ISBN 978-5-907816-90-9. – EDN NPTEAV.
13. Методические подходы к обоснованию базовых параметров перспективных машинно-технологических агрегатов / В. Б. Рыков, С. И. Камбулов, Н. В. Шевченко и др. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2022. 235 с.
14. Belousov, S. V. Design of the universal agricultural working body and study of its parameters / S. V. Belousov, S. A. Pomelyayko, V. V. Novikov // MATEC Web of Conferences : 2018 International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2018, Sevastopol, 10–14 сентября 2018 года. Vol. 224. – Sevastopol: EDP Sciences, 2018. – P. 05006. – DOI 10.1051/mateconf/201822405006. EDN FZUDHT.

Информация об авторах

Пархоменко Галина Геннадьевна, ведущий научный сотрудник лаборатории механизации полеводства отдела механизации растениеводства кандидат технических наук, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», (Российская Федерация, 347740, г. Зерноград, Ростовская область, Научный городок, д. 3), <https://www.orcid-ru.org/0000-0003-0563-8639>, e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru

Камбулов Сергей Иванович, главный научный сотрудник лаборатории механизации полеводства отдела механизации растениеводства, доктор технических наук, доцент, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Российская Федерация, 347740, г. Зерноград, Ростовская область, Научный городок, д. 3), профессор кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции АПК», ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, (Российская Федерация, 347740, Ростов-на-Дону, Ростовская область, площадь Гагарина, д. 1), <https://www.orcid-ru.org/0000-0001-8712-1478>, e-mail: kambulov.s@mail.ru

Подлесный Дмитрий Сергеевич, старший преподаватель кафедры Технологии и оборудование переработки продукции АПК, ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, (Российская Федерация, 344003, Ростов-на-Дону, Ростовская область, площадь Гагарина, д. 1), <https://orcid.org/0000-0002-6069-138X>, e-mail: podlesniy.dmitriy@yandex.ru

Божко Игорь Владимирович, старший научный сотрудник лаборатории механизации полевых работ отдела механизации растениеводства, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», кандидат технических наук (Российская Федерация, 347740, г. Зерноград, Ростовская область, Научный городок, д. 3), <https://orcid.org/0000-0002-8423-4079>, e-mail: i.v.bozhko@mail.ru

Белоусов Сергей Витальевич, кандидат технических наук, доцент кафедры Процессы и машины в агробизнесе, г. Краснодар, Россия, Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина (Российская Федерация, 350044 г. Краснодар ул. им. Калинина, д. 13), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-8874-9862>; младший научный сотрудник ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», отдел механизации растениеводства. (Российская Федерация 347740, г. Зерноград, Ростовская область, Научный городок, д. 3), e-mail: sergey_belousov_87@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-43

DETERMINATION OF FREQUENCIES AND SHAPES OF NATURAL TORSIONAL OSCILLATIONS OF A MULTIMASS SYSTEM OF A SELF-PROPELLED CHASSIS OF TRACTION CLASS 0.6

Senkevich S. E., Gojaev Z. A., Ilchenko E. N., Alekseev I. S.

*Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Scientific Agroengineering Center VIM"
Moscow, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: dreeddog@mail.ru

Received 12.06.2024

Submitted 25.07.2024

Summary

Introduction. Over the years, the design of mobile energy facilities has changed in accordance with technological progress, and the properties and capabilities have changed in accordance with the demands of society. Nowadays, there are requests for environmental friendliness and the use of alternative energy sources for both efficiency and management efficiency.

Knowing the frequency of natural vibrations allows designers to avoid the operating conditions of the structure in long-term operating conditions at frequencies close to resonant. A change in the spectrum of the natural oscillation frequency of the system can serve as a sign of the appearance and development of a defect.

Computational and theoretical studies of the electromechanical processes of the power transmission of a self-propelled chassis of class 0.6 with a classical layout, using UDM and with an autonomous electric drive have been carried out. To conduct such studies, 9- and 11-mass enlarged calculation schemes of the power transmission of a self-propelled chassis of class 0.6 were developed (using the example of the T16 tractor). This made it possible to determine the frequencies and shapes of natural oscillations. To find the natural frequencies, a method based on solving the frequency equation in matrix form was used. The obtained frequencies and shapes of natural oscillations showed a change when compared with the classical layout (self-propelled chassis with internal combustion engine). Equipping a self-propelled UDM chassis allows you to shift natural frequencies, and replacing the power plant with an ED allows you to change the amplitudes of natural frequencies.

Keywords: self-propelled chassis, elastic damping mechanisms, torsional vibrations, electric tractors, hybrid electric tractors.

Citation. Senkevich S. E., Gojaev Z. A., Ilchenko E. N., Alekseev I. S. Determination of frequencies and shapes of natural torsional oscillations of a multimass system of a self-propelled chassis of traction class 0.6. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 387-419 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-44.

The author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution or analysis of this study. The author of this article has read and approved the submitted final version.

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

УДК 62-838

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ И ФОРМ СОБСТВЕННЫХ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ МНОГОМАССОВОЙ СИСТЕМЫ САМОХОДНОГО ШАССИ ТЯГОВОГО КЛАССА 0,6

Сенькевич С. Е., кандидат технических наук, доцент

Годжаев З. А., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН

Ильченко Е. Н., инженер

Алексеев И. С., инженер

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

"Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ"

г. Москва, Российская Федерация

Актуальность. С годами конструкция мобильных энергосредств менялась в соответствии с технологическим прогрессом, а свойства и возможности – в соответствии с запросами общества. В наше время появились запросы на экологичность и использование альтернативных источников энергии, как для экономичности, так и для эффективности управления.

Знание частоты собственных колебаний позволяет конструкторам избежать условий работы конструкции на длительных эксплуатационных режимах при частотах, близких к резонансным. Изменение спектра частоты собственных колебаний системы может служить в качестве признака появления и развития дефекта.

Проведены расчетно-теоретические исследования электромеханических процессов силовой передачи самоходного шасси класса 0.6 с классической компоновкой, с применением УДМ и с автономным электроприводом. Для проведения таких исследований разработаны 9-и и 11-и массовые укрупненные расчетные схемы силовой передачи самоходного шасси класса 0.6 (на примере трактора Т-16). Это позволило определить частоты и формы собственных колебаний. Для нахождения собственных частот ω был применен способ, основанный на решении частотного уравнения в матричном виде. Полученные частоты и формы собственных колебаний показали изменение, если сравнивать их с классической компоновкой (самоходное шасси с ДВС). Оснащение самоходного шасси УДМ позволяет смещать собственные частоты, а замена силовой установки на ЭД позволяет изменять амплитуды собственных частот.

Ключевые слова: самоходные шасси, упругодемпфирующие механизмы, крутильные колебания, электротракторы, гибридные электротракторы.

Цитирование. Сенкевич С. Е., Годжаев З. А., Ильченко Е. Н., Алексеев И. С. Определение частот и форм собственных крутильных колебаний многомассовой системы самоходного шасси тягового класса 0,6. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 387-419. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-44.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Появление первых тракторов значительно упростило ведение сельского хозяйства. С годами конструкция тракторов менялась в соответствии с технологическим прогрессом, а свойства и возможности – в соответствии с запросами общества. В наше время появились запросы на экологичность и использование альтернативных источников энергии, как для экономичности, так и для эффективности управления. Стандартные тракторные двигатели непрерывно выбрасывают в окружающую среду вредные химические соединения, а использование механической энергии усложняет автоматизацию управления трактором [1]. Одним из возможных решений данных проблем может стать совершенствование силовой передачи или замена двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на электродвигатель (ЭД). Это два направления, по которым ведется много исследований. Не стоит забывать, что в мире начинается переход с двигателей внутреннего сгорания на электрические. Тема замены одного двигателя другим и переход на электротягу вышла на первый план, потому что производство машин – важная часть экономики многих стран. Процесс активно развивается в США, Европе, Китае и Индии. Рассмотрим в качестве примера несколько исследований, на наш взгляд кажущихся актуальными.

В работе [2] рассматривает новый подход к оснащению комплексных систем (бот-тракторов) электроприводами с интеллектуализацией бортовой системы управления, а в статье [3] показывается экономическая и техническая возможность использования электрического трактора для небольших ферм за счет автоматизации путем управления батареями в различных конфигурациях передачи энергии.

В тоже время в статье [4] проводятся исследования гибридного электротрактора при помощи моделирования и натурных экспериментов. Выполняется анализ конструкции силовой установки трактора методами творческого проектирования Axiomatic Design и Extenics, по результатам которого доказывается, что такая конструкция трактора обладает преимуществами энергосбережения и сокращения выбросов.

В исследованиях [5], авторы решают проблему недостаточной грузоподъемности и низкой эффективности эксплуатации техники с электроприводом для вспашки и роторационной обработки почвы. По результатам их экспериментов с аппаратным обеспечением, эффективность вспашки и роторационной обработки почвы повышается – на 11,35% и 11,70% соответственно.

Тракторы с электроприводами удобны для автоматизации, их легче совершенствовать при помощи цифровых технологий. Так, статья [6] описывает интеллектуальную систему управления балластом с активной передачей нагрузки. Эта система по результатам моделирования в MATLAB/Simulink и натурных испытаний показывает, что средняя пробуксовка колес уменьшилась на 10,3%, что обеспечило большую устойчивость трактора при работе. Хотя данное исследование только теоретическое, однако, в нём дана техническая справка по оптимизации тяговых характеристик электрических тракторов.

Теоретические исследования в направлении совершенствования электропривода ведут разные команды исследователей. Например, статья [7] приводит методические подходы к анализу параметров функционирования электропривода трактора с электромеханической трансмиссией, что позволяет определить рабочие режимы функционирования такого привода.

Говоря о повышении эффективности колесных тракторов, в том числе малого класса тяги, не стоит забывать об эффективности и энергосбережении, которые являются одним из основных факторов, которые способствуют увеличению производительности и уменьшению непроизводительных энергозатрат [8]. К энергосберегающим технологиям относят такие разработки, которые связаны с усовершенствованием конструкции силовых установок, о которых сказано выше и силовых передач колёсных сельскохозяйственных тракторов. Для таких тракторов неперенным условием является повышения производительности труда при выполнении технологических операций. В тоже время, решение этой проблемы встречает ряд трудностей, связанных с неустановившимися процессами при движении. Достижение требуемых характеристик тракторов, работающих в составе агрегатов, определяются свойствами силовой передачи, а также взаимодействием связанных с ней систем, например ходовая часть.

Одно из главных качеств силовой передачи – это способность поглощать крутильные колебания и демпфировать нагрузку. Причём демпфирование должно быть в нужном направлении и таким, чтобы соответствующие показатели эксплуатационных качеств трактора в составе агрегата получились наилучшими.

Применение упругодемпфирующих механизмов улучшает работу сельскохозяйственных мобильных энергетических средств [0-12]. Доказательство этого было проверено в статье [13], где при помощи методов математического моделирования и анализа доказывалось облегчение трогания составного транспортного средства при наличии упругодеформируемых сцепок. Эффективное взаимодействие ходовой части машины с поверхностью земли также помогают увеличить производительность и снизить потребление топлива [11]. Не только приведённые исследования, но и многие другие работы [14, 15] доказывают актуальность исследований в области применения упругих элементов для снижения вибронагруженности тракторов, мобильных машин и элементов их силовых передач. Эти вопросы позволяют значительно улучшать параметры силовой передачи трактора.

Изучая вопрос улучшения трактора, нужно понимать, что важными параметрами, определяющими характеристики различных конструкций (в том числе трактора), являются собственная частота и форма колебаний, которые необходимы для обеспечения устойчивости движения технико-технологической системы. Определением этих динамических параметров для разных технологических систем, а также их элементов, занимаются многие исследования. Например, статья [17] представляет операционный модальный анализ для определения собственных частот колебаний технологической системы при фрезеровании. А статья [19] рассматривает определение данных параметров для упругой конструкции модифицированным итерационным методом.

Частоты собственных колебаний рассчитывают и для несущих элементов вагонных конструкций. Статья [20] показывает необходимость учета форм колебаний и потери устойчивости при определении уровня критического давления на оболочку котла цистерн. Расчеты проводились на основе экспериментальных данных при помощи дифференциального уравнения пологих цилиндрических оболочек. Статья [21] предлагает оптимизацию конструкции кузова вагона путем назначения оптимальной жесткости его основным несущим элементам. Увеличение жесткости позволяет уменьшить массу кузова вагона, что положительно сказывается на всей системе. Способ основан на расчете значения первой частоты собственных изгибных колебаний. Расчет выполнен методом конечных элементов с использованием упрощенной балочно-оболочечной параметрической модели.

Этот параметр рассчитывают и для различных частей машин. Например, статья [22] предлагает методику расчета собственных частот колебаний ротора с помощью уравнений Лагранжа второго рода для системы с одной степенью свободы. Статья [23] исследует колебания потока двух tandemных цилиндров с локализованной селективной шероховатостью, которые вычисляются использованием двумерных нестационарных уравнений Навье-Стокса.

При наличии дефектов в детали, собственные формы колебаний изменяются со временем. Этот процесс изучили в статье [24], где собственные продольные колебания стержня с дефектом поперечного сечения эволюционировали до его разделения на две части. Этот исход был проверен экспериментально с помощью резонансного метода.

Необходимо учитывать собственные частоты и при изучении шин. Например, статья [25] исследует собственные частоты и собственные формы колебаний вращающейся нагруженной шины в окрестности стационарного режима качения без проскальзывания. А статья [26] демонстрирует исследование собственных радиальных частот и коэффициента демпфирования шин (от легковых автомобилей до грузовых автобусов) с различным уровнем давления. Для получения теоретической собственной частоты и формы колебаний плоская вибрация шины была смоделирована так, как если бы это была вибрация круглой балки. Результаты этого исследования показали, что экспериментальные условия можно рассматривать как параметры, смещающие собственную частоту и коэффициент затухания.

Помимо динамических параметров транспортного средства важны и динамические параметры конструкций на транспортном средстве, особенно если они также подвижны. Если на машине стоит манипулятор, то во избежание сейсмического резонанса, собственная частота манипулятора должна быть отрегулирована, для чего манипулятор должен быть смоделирован и проанализирован, как показано в работе [27]. Но и для стационарных манипуляторов существуют свои исследования. Как в статье [28], где разрабатывались и

анализировались компьютерные модели для определения собственных частот и форм колебаний плоского манипулятора параллельной структуры. В данном исследовании использовался программный комплекс «Универсальный механизм», и изучались твёрдые тела, образующие соединения с числом степеней свободы в относительном движении от 1 до 4, определялось влияние массы и упругости звеньев, а также вида кинематических пар на собственные частоты и формы колебаний.

В нашей области наибольший интерес представляют исследования, посвященные машинам и непосредственно тракторам. Статья [29] описывает метод расчета собственных частот передней и задней подвесок грузового автомобиля с учётом веса груза. Особое внимание в исследовании уделяется опасным смещениям закреплённого груза на грузовой платформе. Исследование [30] показывает легко алгоритмизируемый способ определения собственных частот трансмиссии сельскохозяйственной машины, который может быть применен для трансмиссий со сложной разветвленной структурой. В статье также предлагается критерий отстройки от резонансных зон, учитывающий коэффициент запаса прочности.

Решая комплексную задачу по улучшению конструкции трактора, обязательно следует учитывать то, что новые элементы изменяют всю систему. Следовательно, на этапе разработки новой или модернизации старой мобильной машины необходимо определить её динамические характеристики.

Цель исследований. Определение частот и форм собственных крутильных колебаний самоходного шасси тягового класса 0,6 как многомассовой системы с различными силовыми установками и дополнительным устройством для изменения динамических свойств системы.

Научная новизна. Получены новые научные данные о частотах и формах собственных крутильных колебаний самоходного шасси тягового класса 0,6 как многомассовой системы с различными силовыми установками и дополнительным устройством для изменения динамических свойств системы.

Материалы и методы. Каждая система имеет довольно большое количество частот свободных колебаний, которые образуют спектр. Каждой частоте собственных колебаний соответствует своя форма колебаний. Форма колебаний определяется картиной знакопеременных смещений или прогибов и положением узловых линий. В узловых линиях перемещения бесконечно малы и считаются нулевыми. По разные стороны узловых линий смещения колеблющихся участков находятся в противофазе. Совокупность форм колебаний системы образуют спектр форм. В зависимости от способа соединения элементов системы, изменяется спектр частот и форм колебаний. Существуют различные методы расчёта частот и форм собственных колебаний [31, 32].

Знание частоты собственных колебаний позволяет конструкторам избежать условий работы конструкции на длительных эксплуатационных режимах при частотах, близких к резонансным. Изменение спектра частоты собственных колебаний системы может служить в качестве признака появления и развития дефекта. При исследовании разрабатываемой системы нами принят за основу метод, описанный профессором Лашко Василием Александровичем [32].

Крутильные колебания в сложных механических системах являются теми важными динамическими процессами, исследование которых требует привлечение современных методов. К ним относятся матричные методы, позволяющие наиболее просто представить все расчетные уравнения и полученные результаты. Матричные формы записи уравнений движения крутильно-колебательной системы со многими степенями свободы удобны для расчетов по определению амплитудно-частотных характеристик при помощи специальных компьютерных программ.

Для расчетных исследований крутильно-колебательной системы силовой передачи самоходного шасси (на примере трактора Т-16), разработана динамическая модель, схема которой представлена на рисунке 1.

В данной работе сравниваются две укрупненные схемы силовой передачи самоходного шасси тягового класса 0,6. Первая схема состоит из 9-ти масс (рисунок 1). Эта схема включает в себя элементы, которые описывают трактор с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) и с электродвигателем (ЭД). Вторая схема состоит из 11-ти масс (рисунок 2). Следует отметить, что 11-ти массовую схему получили путём добавления в 9-ти массовую дополнительных элементов – упругодемпфирующий механизм (УДМ). Таким образом, в настоящей работе рассматривается три системы: первая это классическая – ДВС с серийной силовой передачей; вторая – ЭД с серийной силовой передачей; третья ДВС с силовой передачей в которую установлен УДМ.

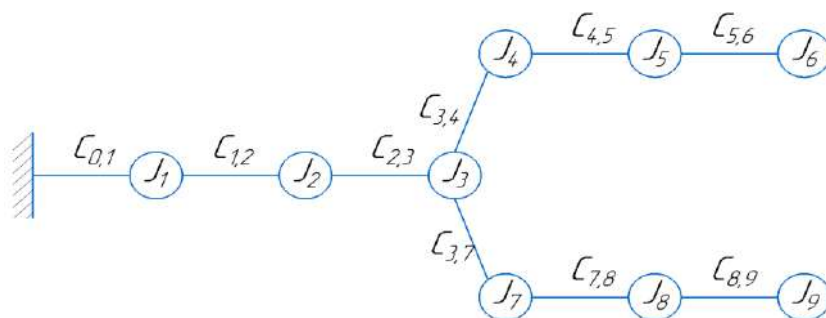


Рисунок 1 – Динамическая схема крутильно-колеблющейся системы состоящей из 9-ти масс
Figure 1 – Dynamic scheme of a torsional-oscillating system consisting of 9 masses

где J_1 – момент инерции двигателя,
 J_2 – момент инерции коробки передач (КПП),
 J_3 – момент инерции главной передачи и дифференциала,
 J_4 и J_7 – моменты инерции бортовых редукторов (БР) и дисков,
 J_5 и J_8 – моменты инерции шин,
 J_6 и J_9 – моменты инерции поступательных масс (ПМ),
 $C_{0,1}$ – жесткость условного участка между креплением двигателя;
 $C_{1,2}$ – жесткость участка между двигателем и КПП,
 $C_{2,3}$ – жесткость участка между КПП и главной передачей с дифференциалом,
 $C_{3,4}$ и $C_{3,7}$ – жесткости участков между главной передачей с дифференциалом и бортовыми редукторами с дисками (правым и левым соответственно),
 $C_{4,5}$ и $C_{7,8}$ – жесткости участков между бортовыми редукторами с дисками и шинами (правым и левым соответственно),
 $C_{5,6}$ и $C_{8,9}$ – жесткости участков между шинами и ПМ.

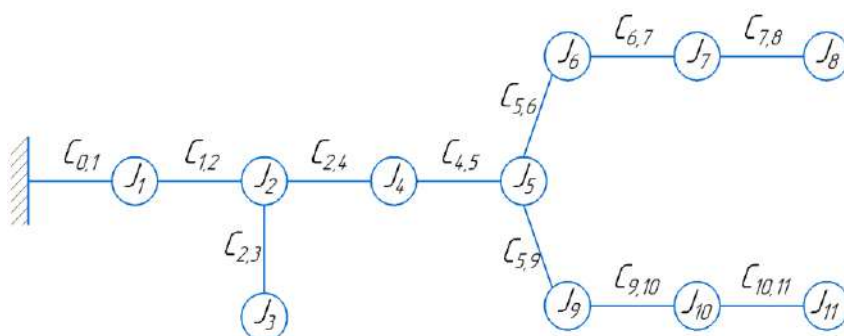


Рисунок 2 – Динамическая схема крутильно-колеблющейся системы состоящей из 11-ти масс
Figure 2 – Dynamic diagram of a torsion-oscillating system consisting of 11 masses

где J_1 – момент инерции двигателя,
 J_2 – момент инерции водила планетарного редуктора (ПР), сателлита и вала в сборе,
 J_3 – момент инерции солнечной шестерни планетарного редуктора,
 J_4 – момент инерции коробки передач (КПП),
 J_5 – момент инерции главной передачи и дифференциала,
 J_6 и J_9 – моменты инерции бортовых редукторов (БР) и дисков,
 J_7 и J_{10} – моменты инерции шин,
 J_8 и J_{11} – моменты инерции поступательных масс (ПМ),
 $C_{0,1}$ – жесткость условного участка между креплением двигателя;
 $C_{1,2}$ – жесткость демпфера муфты сцепления,
 $C_{2,3}$ – жесткость зубчатого зацепления сателлитов с валом водила ПР,
 $C_{2,4}$ – жесткость зубчатого зацепления солнечной шестерни ПР с приводом масляного насоса,
 $C_{4,5}$ – жесткость участка между ПР и КПП,
 $C_{5,6}$ и $C_{5,9}$ – жесткости участков между главной передачей с дифференциалом и бортовыми редукторами с дисками (правым и левым соответственно),
 $C_{6,7}$ и $C_{9,10}$ – жесткости участков между бортовыми редукторами с дисками и шинами (правым и левым соответственно),
 $C_{7,8}$ и $C_{10,11}$ – жесткости участков между шинами и ПМ.

Таблица 1 – Значения моментов инерции элементов системы
Table 1 – Values of the moments of inertia of the system elements

9 масс / 9 masses	11 масс / 11 masses	Наименование узла / Node name	J_i
№ узла / No node	№ узла / No node		0,6
1	1	Двигатель / Engine	1,34
-	2	Водило планетарного редуктора, сателлиты, вал в сборе / Planetary gearbox carrier, satellites, shaft assembly	0,0023
-	3	Солнечная шестерня планетарного редуктора (включая привод масляного насоса) / Planetary gear solar gear (including oil pump drive)	0,0027
2	4	Валы коробки перемены передач / Gearbox shafts	0,037362731
3	5	Главная передача и дифференциал / Final drive and differential	0,329302657
4	6	Бортовой редуктор и диск колеса / Final drive and wheel disc	2,26766388
5	7	Шина вместе с воздухом / A tire with air	12,35028863
6	8	Поступательно движущаяся масса самоходного шасси правого борта / Translationally moving mass of starboard self-propelled landing gear	218,5723025
7	9	Бортовой редуктор и диск колеса / Final drive and wheel disc	2,26766388
8	10	Шина вместе с воздухом / A tire with air	12,35028863
9	11	Поступательно движущаяся масса самоходного шасси левого борта / Translationally moving mass of the self-propelled landing gear on the left side	218,5723025

Таблица 2 – Значения коэффициентов жесткости системы
Table 2 – Values of system stiffness coefficients

9 масс / 9 masses	11 масс / 11 masses	Наименование участка / Name of the site	$C_{i, i+1}$	$C_{i, i+1}$
№ участка / No of the plot	№ участка / No of the plot		0,6	0,6
1-2	1-2	Демпфер муфты сцепления / Clutch damper	61362,1	61362,1
-	2-3	Зубчатое зацепление сателлитов с валом водило в сборе (планетарного редуктора) / Geared satellites to the shaft of the carrier assembly (planetary gearbox)	-	$1,291 \cdot 10^5$
-	2-4	Зубчатое зацепление солнечной шестерни планетарного редуктора с приводом масляного насоса / Gearing of the solar gear of a planetary gearbox with an oil pump drive	-	$1,7690 \cdot 10^4$
2-3	4-5	Валы коробки перемены передач / Gearbox shafts	249009,88	249009,88
3-4	5-6	Вал полуоси / Axle shaft	228025,81	228025,81
4-5	6-7	Зубчатое зацепление бортового редуктора / Final drive gearing	110054,44	110054,44
5-6	7-8	Шина вместе с воздухом / A tire with air	507000	507000
3-7	5-9	Вал полуоси / Axle shaft	228025,81	228025,81
7-8	9-10	Зубчатое зацепление бортового редуктора / Final drive gearing	110054,44	110054,44
8-9	10-11	Шина вместе с воздухом / A tire with air	507000	507000

Эквивалентная схема крутильно-колеблющейся системы состоит в общем случае из 9 и 11 масс с моментами инерции J , соединенных между собой безынерционным валом с жесткостями между массами C . В качестве упрощения можно считать, что трение в системе отсутствует; все нелинейные элементы системы линеаризованы, а колебания масс происходят с малыми амплитудами [31, 32].

Наименование элементов системы рисунка 1 и значения моментов инерции элементов крутильно-колеблющейся системы представлены в таблице 1. В этой таблице символом J_i обозначен момент инерции i -й массы приведенный к условному валу, кг·м².

Наименование участков между узлами системы рисунка 1 и значения коэффициентов жесткости крутильно-колеблющейся системы представлены в таблице 2. В таблице 2 символом $C_{i,i+1}$ обозначена крутильная жесткость участка между узлами, Н·м/рад.

Для проведения расчетов необходимо все массы привести к коленчатому валу двигателя по известной формуле [33, 34].

Для 9-ти масс полное передаточное отношение силовой передачи от коленчатого вала двигателя до бортового редуктора составляет $i_{sp}=83,31$. Передаточное отношение понижающего редуктора: $i_{пнред}=1,45$; коробки перемены передач на шестой передаче $i_{кпп}=3,165$; главной передачи и дифференциала $i_{эл-диф}=3,42$; бортового редуктора $i_{борт-ред}=5,308$.

Для корректного сравнения обе схемы требуется привести к единым условиям. В этом случае 9-и массовую и 11-и массовую схемы следует редуцировать до 6-и массовых схем. Для этого можно применить способ парциальных систем, по которому любую рядную динамическую модель можно разбить на парциальные системы двух типов. Тип «а» – два участка вала с насаженной между ними массой J_k , формула собственной частоты для которой [35]:

$$\omega_k = \sqrt{\frac{e_k + e_{k-1}}{J_k e_k \cdot e_{k-1}}} \quad (1)$$

Тип «б» – участок вала с податливостью e_k с двумя массами по краям для которой формула частоты:

$$\omega_{k,k+1} = \sqrt{\frac{J_k + J_{k+1}}{e_k \cdot J_k J_{k+1}}} \quad (2)$$

Метод предполагает возможность замены системы типа «а» системой типа «б» и наоборот (рисунок 3).

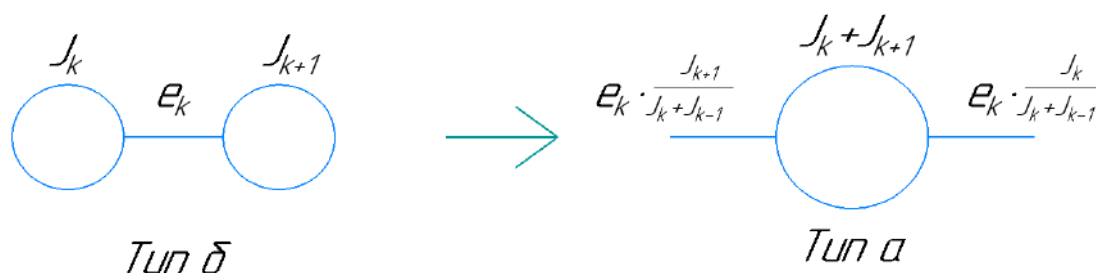


Рисунок 3 – Замена типа «б» типом «а»

Figure 3 – Replacing type "b" with type "a"

Замена адекватна если инерционные и жесткостные параметры новых систем вычисляются по соответствующим формулам. Полученные системы встраиваются в основную динамическую систему [35].

Процесс редуцирования показан на рисунке 4, а результат – на рисунке 5.

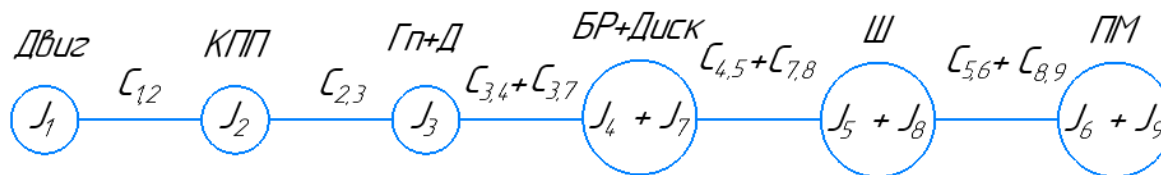


Рисунок 4 – Процесс редуцирования 9-и массовой системы
Figure 4 – The process of reducing the 9-mass system

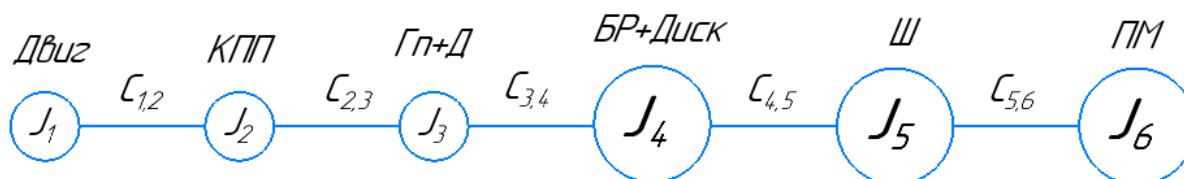


Рисунок 5 – Результат редуцирования 9 -и массовой системы
Figure 5 – The result of the reduction of the 9th mass system

Далее представлены расчеты для 6-и массовых систем с ДВС, с ЭД, а также – с ДВС и УДМ. Символом J_{id}^{np} обозначены моменты инерции i -й массы, приведенные к коленчатому валу двигателя в кг·м², их значения приведены в таблицах 3 и 5. А символом $C_{ик}^{np}$ обозначены крутильные жесткости участка между узлами, приведенные к коленчатому валу двигателя, Н·м/рад, значения которых приведены в таблицах 4 и 6. Для самоходного шасси с ЭД изменяется только момент инерции двигателя ($J_1 = 0,2$), а в остальном значения остаются такими же, как и у системы с ДВС.

Таблица 3 – Приведенные моменты инерции для 6-и массовой системы с ДВС
Table 3 – Given moments of inertia for a 6-mass system with an internal combustion engine

№	Редуцирование / Reduction	ДВС / Internal combustion engine
		J_{id}^{np}
1	1	1,34
2	2	0,029237995
3	3	0,631325804
4	4+7	0,529410725
5	5+8	0,084733973
6	6+9	1,499600554

Таблица 4 – Приведенные коэффициенты жесткости для 6-и массовой системы с ДВС
Table 4 – The given stiffness coefficients for a 6-mass system with an internal combustion engine

№	Редуцирование / Reduction	$C_{ик}^{np}$
1;2	1;2	48018,57
2;3	2;3	477391,7
3;4	3;4+3;7	53235,1
4;5	4;5+7;8	755,0714
5;6	5;6+8;9	3478,471

Таблица 5 – Приведенные моменты инерции для 6-и массовой системы с УДМ
Table 5 – Given moments of inertia for a 6-mass system with elastic damping mechanisms

№	Редуцирование / Reduction	J_{id}^{np}
1	1	1,34
2	2+3+4	0,0139063
3	5	0,300273866
4	6+9	0,251800583
5	7+10	0,040301533
6	8+11	0,713246399

Таблица 6 – Приведенные коэффициенты жесткости для 6-и массовой системы с УДМ
Table 6 – The given stiffness coefficients for a 6-mass system with elastic damping mechanisms

№	Редуцирование / Reduction	C_{ik}^{np}
1;2	1;2;3;4	22838,8
2;3	2;3;4;5	227059,1
3;4	5;6+5;9	25319,9
4;5	6;7+9;10	359,13
5;6	7;8+10;11	1654,4

Параметры собственных и вынужденных частот и форм колебаний, на основе знания частотных характеристик, вычисляемых на основе расчёта с использованием матриц распределения масс, жёсткости и демпфирования производится в соответствии с зависимостью [34]:

$$[A] \left\{ \frac{d\varphi}{dt} \right\} + [B] \left\{ \frac{d\varphi}{dt} \right\} + [C] \{\varphi\} = \{f\} \quad (3)$$

где [A] – матрица моментов инерции;
[B] – матрица демпфирования;
[C] – матрица крутильной жесткости жёсткости;
{f} – вектор внешних пар сил;
{φ} – вектор реакций (угловых перемещений).

Для расчета собственных колебаний матрица демпфирования [B] не нужна. Тогда уравнение (3) запишется следующим образом:

$$[A] \left\{ \frac{d\ddot{\varphi}}{dt} \right\} + [C] \{\varphi\} = 0 \quad (4)$$

где φ и $\ddot{\varphi}$ – обобщенные координаты и обобщенные ускорения крутильной системы с n степенями свободы, соответственно.

Опираясь на вышеприведенные зависимости, система дифференциальных уравнений, для определения собственных частот n -массовой системы имеет вид [30, 31, 32]:

$$\begin{aligned} J_1 \ddot{\varphi}_1 + c_{1;2}(\varphi_1 - \varphi_2) &= 0; \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 - c_{1;2}(\varphi_1 - \varphi_2) + c_{2;3}(\varphi_2 - \varphi_3) &= 0; \\ \dots\dots\dots \\ J_i \ddot{\varphi}_i - c_{i-1}(\varphi_{i-1} - \varphi_i) + c_{i;i+1}(\varphi_i - \varphi_{i+1}) &= 0; \\ \dots\dots\dots \\ J_{n-1} \ddot{\varphi}_{n-1} - c_{n-2;n-1}(\varphi_{n-2} - \varphi_{n-1}) + c_{n-1;n}(\varphi_{n-1} - \varphi_n) &= 0; \\ J_n \ddot{\varphi}_n - c_{n-1;n}(\varphi_{n-1} - \varphi_n) &= 0; \end{aligned} \quad (5)$$

Каждое из уравнений системы (5) имеет привязку к конкретной i -й сосредоточенной массе расчетной схемы. Согласно системе уравнений, если в момент времени $t - i$ -я масса повернулась относительно $(i - 1)$ -й на некоторый угол $\varphi_i - \varphi_{i-1}$, то на участке валопровода

$i - 1$ образуется мгновенный крутящий момент от сил упругости, равный $c_{i-1,i}(\varphi_i - \varphi_{i-1})$ и действующий на массу J_i в сторону, обратную вращению массы. Если в то же самое время масса J_{i+1} повернулась относительно массы J_i на угол $\varphi_{i+1} - \varphi_i$ и на участке $i, i + 1$ образовался упругий крутящий момент $c_{i,i+1}(\varphi_{i+1} - \varphi_i)$, действующий на массу в сторону ее вращения, то по принципу Даламбера эти два упругих момента уравниваются величиной – моментом $J_i \ddot{\varphi}_i$. Учитывая частные решения (5), которые в матричной форме имеют вид [32]:

$$\varphi = a \sin(\omega t + \alpha) \quad (6)$$

где α – фаза колебаний;

$a = (a_1, a_2, \dots, a_n)^T$ – вектор-столбец амплитуд колебаний.

А также коэффициенты распределения $\mu_i = \frac{a_i}{a_1}, i \in [1, n]$, можно получить систему алгебраических уравнений в матричном виде:

$$([C] - \omega^2[A])\mu = 0 \quad (7)$$

Эта система уравнений имеет не нулевое решение тогда, когда ее определитель равен нулю, то есть $d_n = \det([C] - \omega^2[A])\mu = 0$. Для дальнейшего преобразования, это уравнение можно переписать как:

$$d_n = \begin{vmatrix} C_1 - w \cdot J_1 & -C_1 & 0 & 0 & 0 \\ -C_1 & C_1 + C_2 - w \cdot J_2 & -C_2 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & -C_{n-1} & C_{n-1} - w \cdot J_n \end{vmatrix} = 0 \quad (8)$$

Это уравнение частот свободных колебаний механической системы с n степенями свободы, где $w = \omega^2$.

Структура определителя такова, что после вычисления его получается следующая рекуррентная формула:

$$d_n = \sum_{i=n}^0 (-1)^i I_i w^i = 0 \quad (9)$$

где I_i – коэффициенты разложения определителя, соответствующие i – й степени квадрата круговой частоты w . Уравнение (9) представляет собой алгебраическое уравнение n -й степени величины w . Каждый коэффициент этого уравнения имеет свою структуру. Так, коэффициент с максимальной степенью величины (в общем случае $i=n$, в частном случае, например, с 6-и массовой системой – $i=6$) рассчитывается как определитель матрицы инерций $[A]$, который в свою очередь, из-за ее структуры, может быть рассчитан как произведение всех диагональных элементов этой матрицы. Т.е. если $i=n$, то $I_n = \det(A) = \prod_{i=1}^n J_i$.

Для $i=(n-1)$ коэффициент I_n равен сумме произведений всех миноров $(n-1)$ -го порядка матрицы инерций $[A]$, на алгебраические дополнения первого порядка матрицы жесткости C (относительно миноров $(n-1)$ -го порядка этой матрицы). Минором матрицы называется определитель, получаемый из данной матрицы, вычеркиванием i -ой строки, j -го столбца. Алгебраическим дополнением матрицы называется минор этой матрицы, взятый со знаком $(-1)^{i+j}$, где i – номер строки, j – номер столбца.

Обозначим минор матрицы инерций $[A]$ как: $A_{n,k} \begin{pmatrix} i_1, i_2 \dots i_k \\ j_1, j_2 \dots j_k \end{pmatrix}$, а алгебраическое дополнение матрицы жесткости $[C]$ как: $C'_{n,n-k} \begin{pmatrix} i_1, i_2 \dots i_k \\ j_1, j_2 \dots j_k \end{pmatrix}$, где n – степень величины или общее число строк/столбцов матрицы $[A]$ или $[C]$; k – число выбранных строк/столбцов матрицы $[A]$ или $[C]$ ($1 \leq k \leq n$); $i_1, i_2 \dots i_k$ – строки матрицы $[A]$ или $[C]$; $j_1, j_2 \dots j_k$ – столбцы матрицы $[A]$ или $[C]$.

Сокращенно будем обозначать минор матрицы инерций $[A]$ как $A_{n,k}$, а алгебраическое дополнение матрицы жесткости $[C]$ как: $C'_{n,n-k}$.

По формуле Лапласа разложения определителя, определитель матрицы равен сумме произведений миноров k -го порядка, расположенных в выбранных k строках (столбцах), на их алгебраические дополнения, тогда общая формула определения коэффициента I_i будет иметь вид [32]:

$$I_k = \sum_{n=1}^m A_{n,k} \cdot C'_{n,n-k}, \quad k = n-1, n-2, \dots, 1 \quad (10)$$

где $m = \frac{k}{n}$ – число сочетаний из n по k .

Коэффициент I_0 считается как детерминант матрицы $[C]$, т.е. $I_0 = \det(C)$

Для примера, коэффициент I_{n-2} будет записан как:

$$I_{n-2} = \sum_{n=1}^m A_{n,n-2} \cdot C'_{n,n-n-2}, \text{ т.е. } I_{n-2} = \sum_{n=1}^m A_{n,n-2} \cdot C'_{n,2} \quad (11)$$

где $m = \frac{n-2}{n}$ число сочетаний n по $(n-2)$.

После получения всех коэффициентов разложения определителя I_i , их следует подставить в уравнение (9). Решив это уравнение, можно получить квадраты круговой частоты ω , взяв корень из которых, можно получить собственные частоты ω . Далее требуется найти амплитуды a_i и построить их графики. Так как коэффициенты распределения $\mu_i = \frac{a_i}{a_1}$, то $a_i = \mu_i \cdot a_1$. А так как a_1 принимается равным 1 ($a_1 = 1$), то амплитуды равны коэффициентам распределения $a_i = \mu_i$.

Для определения всех наборов коэффициентов распределения μ_i имеет место следующая процедура:

1) Последовательно подставляя корни в квадрате ω_i^2 в частотное уравнение (представлено в общем виде) (12), получается система однородных алгебраических уравнений с определителем равным нулю. Следовательно, строки (столбцы) определителя (12) зависимы. То есть одна из строк (или столбцов) будет следствием других.

$$Mo = \begin{vmatrix} C_1 - \omega_i^2 \cdot J_1 & -C_1 & 0 & 0 & 0 \\ -C_1 & C_1 + C_2 - \omega_i^2 \cdot J_2 & -C_2 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & -C_{n-1} & C_{n-1} - \omega_i^2 \cdot J_n \end{vmatrix} = 0 \quad (12)$$

2) Следует образовать минор вычеркиванием последней строки и последнего столбца определителя (12). Эта матрица будет обозначена как M_m , а вычеркнутый последний столбец как S .

3) Воспользовавшись методом Крамера, следует определить для ω_i^2 коэффициенты распределения μ_i по формуле показанной в матричном виде:

$$\mu_i = M_m^{-1} \cdot S \quad (13)$$

Таким образом, получаются матрицы коэффициентов распределения для каждого корня ω .

Последним расчетом был расчет координат абсолютных углов поворотов вращающихся масс относительно оси вала φ .

При исследовании крутильной системы необходимо учитывать сопротивление движению элементов системы, то есть силы трения, вызывающие рассеивание (диссипацию) энергии, что в свою очередь, приводит со временем к уменьшению амплитуд колебаний.

Из системы (5) можно вывести уравнения для обобщенной координаты i -ой степени свободы системы q_i :

$$q_i = \sum_{i=t}^{n-1} a_i \sin(\omega_i t + e_i) \quad (14)$$

где a_i – амплитуда колебаний i -й массы,

e_i – фазовый угол,

ω_i – частота собственных колебаний системы.

А уравнение для φ примет вид:

$$\varphi_i = \sum_{i=t}^{n-1} a_i \cdot e^{-\gamma \cdot t} \cdot \cos \left(\left(\sqrt{\omega_i^2 - \gamma_i} \right) \cdot t \right) \quad (15)$$

где γ – конструктивный угол между направляющими движения основного вала и i – вала;
 e – основание натурального логарифма.

Все расчеты были сделаны в программной среде MathCad Prime 4.0.
Для 6-и массовой системы, матрицы [A] и [C]:

$$A = \begin{bmatrix} J_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & J_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & J_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & J_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & J_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & J_6 \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$C = \begin{bmatrix} C_{1,2} & -C_{1,2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -C_{1,2} & C_{1,2} + C_{2,3} & -C_{2,3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -C_{2,3} & C_{2,3} + C_{3,4} & -C_{3,4} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -C_{3,4} & C_{3,4} + C_{4,5} & -C_{4,5} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -C_{4,5} & C_{4,5} + C_{5,6} & -C_{5,6} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -C_{5,6} & C_{5,6} \end{bmatrix} \quad (17)$$

Уравнение (8) для 6-и массовой системы

$$d_n = \begin{vmatrix} C_{1,2} - w \cdot J_1 & -C_{1,2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -C_{1,2} & C_{1,2} + C_{2,3} - w \cdot J_2 & -C_{2,3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -C_{2,3} & C_{2,3} + C_{3,4} - w \cdot J_3 & -C_{3,4} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -C_{3,4} & C_{3,4} + C_{4,5} - w \cdot J_4 & -C_{4,5} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -C_{4,5} & C_{4,5} + C_{5,6} - w \cdot J_5 & -C_{5,6} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -C_{5,6} & C_{5,6} - w \cdot J_6 \end{vmatrix} \quad (18)$$

Урезанная матрица Mm будет иметь вид:

$$Mm = \begin{vmatrix} C_{1,2} - w \cdot J_1 & -C_{1,2} & 0 & 0 & 0 \\ -C_{1,2} & C_{1,2} + C_{2,3} - w \cdot J_2 & -C_{2,3} & 0 & 0 \\ 0 & -C_{2,3} & C_{2,3} + C_{3,4} - w \cdot J_3 & -C_{3,4} & 0 \\ 0 & 0 & -C_{3,4} & C_{3,4} + C_{4,5} - w \cdot J_4 & -C_{4,5} \\ 0 & 0 & 0 & -C_{4,5} & C_{4,5} + C_{5,6} - w \cdot J_5 \end{vmatrix} \quad (19)$$

Столбец S в общем виде:

$$S = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -C_{5,6} \end{bmatrix} \quad (20)$$

Приведенные моменты инерции и приведенные коэффициенты жесткости для 6-и массовой системы, приведены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Формула (9) для 6-и массовой системы имеет вид:

$$d_n = I_6 w^6 - I_5 w^5 + I_4 w^4 - I_3 w^3 + I_2 w^2 - I_1 w + I_0 = 0 \quad (21)$$

Коэффициенты уравнения (10) рассчитываются как:

$$I_6 = |A| = J_1 \cdot J_2 \cdot J_3 \cdot J_4 \cdot J_5 \cdot J_6 \quad (22)$$

$$I_5 = \sum_1^{\frac{5}{6}} A_{6,5} \cdot C'_{6,1} \quad (23)$$

$$I_4 = \sum_1^{\frac{4}{6}} A_{6,4} \cdot C'_{6,2}; \quad (24)$$

$$I_3 = \sum_1^{\frac{3}{6}} A_{6,3} \cdot C'_{6,3} \quad (25)$$

$$I_2 = \sum_1^{\frac{2}{6}} A_{6,2} \cdot C'_{6,4} \quad (26)$$

$$I_1 = \sum_1^{\frac{1}{6}} A_{6,1} \cdot C'_{6,5} \quad (27)$$

$$I_0 = |C| \quad (28)$$

Число сочетаний для коэффициента I_5 : $m = \frac{5}{6}$, то есть из 6 строк/столбцов матрицы [A] выбирается по 5, во всех вариантах сочетаний. А для матрицы [C], исключаются все строки/столбцы кроме одной.

Например, из 6 строк матрицы [A] выделяются строки 1, 2, 3, 4, 5 и столбцы 1, 2, 3, 4, 5 и получается матрица, для которой вычисляется определитель. Далее из матрицы [C] исключаются строки 1, 2, 3, 4, 5 и столбцы 1, 2, 3, 4, 5, оставляя только одно значение из строки и столбца 6 (в случае? где остаются 2 и более строки/столбца получается матрица, для которой вычисляют определитель). Полученное значение из матрицы [A] умножают на полученное значение из матрицы [C]. Далее выделяют другой вариант сочетания строк столбцов (например: 2, 3, 4, 5, 6) и по той же схеме получают следующее значение. Так продолжается пока варианты перебора не закончатся. Все полученные значения складываются и, таким образом, получается коэффициент I_5 .

Если бы матрица [A] не была диагональной, для полного расчета бы требовалось для каждого варианта сочетания строк, просчитать все варианты сочетания столбцов. Но, так как во всех вариантах, отличных от совпадающего с номерами строк номеров столбцов (например, для строк 1, 2, 3, 4, 5, вариант 2, 3, 4, 5, 6) определитель будет равен нулю, нет смысла учитывать другие варианты сочетаний.

Для наглядности: определитель матрицы [A] из строк/столбцов 1, 2, 3, 4, 5 будет равен $A_{1,2,3,4,5}^{1,2,3,4,5} = J_1 \cdot J_2 \cdot J_3 \cdot J_4 \cdot J_5 = 0,001$. А значение из матрицы [C] будет $C_6^6 = C_{5,6} = 3478$. И так далее.

Для I_4 и I_2 число вариантов сочетаний будет 15, для I_3 – 19, для I_1 – снова 6.

Для упрощения расчетов в среде MathCad были использованы следующие функции при работе с матрицами:

1) SUBMATRIX (N, i_r, j_r, i_c, j_c), которая возвращает матрицу, состоящую из строк с i_r по j_r и столбцов с i_c по j_c массива N. Эта функция использовалась для отделения части матрицы от полной матрицы.

2) Augment (A, B, C, ...): возвращает массив, сформированный перемещением переменных A, B, C, ... слева направо. В случае, когда столбцы матриц шли не подряд (например 1, 3, 5, 6), функция позволяет объединить выделенные с помощью команд submatrix столбцы, в единую матрицу, присоединяя их сбоку.

3) Stack (A, B, C, ...): возвращает массив, сформированный перемещением переменной A, B, C, ... сверху вниз. В случае, когда строки матриц шли не подряд (например 1, 3, 5, 6), функция позволяет объединить выделенные с помощью команд submatrix строки, в единую матрицу, присоединяя их снизу. Все три функции можно сочетать для получения необходимых матриц.

Определение резонансных частот системы

Одним из способов поиска резонансных частот является способ построения частотных диаграмм. Эти диаграммы облегчают определение резонирующих гармоник крутящего момента в диапазоне рабочих режимов двигателя и нахождение частот, при которых возникает резонанс в той или иной форме колебаний. Условие резонанса:

$$\omega_c = p_k = k \cdot \omega_{\partial\partial} \quad (29)$$

где ω_c – частота свободных колебаний,
 p_k – частота вынужденных колебаний,
 k – гармоника,
 $\omega_{\partial\partial}$ – частота вращения двигателя (коленвала).

Частоту вращения коленвала можно определить по известной формуле: $\omega_{\partial\partial} = n_{\partial\partial} \cdot \pi / 30$, где $n_{\partial\partial}$ – число оборотов коленвала двигателя в минуту. Частоты, резонирующие с k -й гармоникой, определяются по формуле: $\omega_{\partial\partial} = \omega_c / k$.

Чтобы характеризовать потери энергии в колебательной системе используется величина, называемая добротностью. Добротность в π раз превышает число колебаний N_e , совершаемых системой за время t , в течение которого амплитуда колебаний уменьшается в $e \approx 2,718$ раз.

$$Q = \pi \cdot N_e = \frac{\pi}{\delta} \quad (30)$$

где δ – декремент затухания или логарифмический декремент колебаний, описывающий уменьшение амплитуды колебательного процесса. Он равен натуральному логарифму отношения двух последовательных (или отстоящих друг от друга на некоторое целое количество периодов) амплитуд.

$$\delta = \ln \frac{x_i}{x_{i+1}} \quad (31)$$

Определение коэффициента динамичности

Коэффициентом динамичности β называется отношение амплитуды A к так называемой равновесной амплитуде A_0 . Равновесная амплитуда A_0 представляет собой статическую деформацию упругой связи под действием максимальной силы P_0 .

При этом:

$$A = \frac{P_0}{m \cdot \sqrt{(\omega^2 - p_k^2)^2 + 4 \cdot n^2 \cdot p_k^2}} \quad (32)$$

$$A_0 = \frac{P_0}{c} \quad (33)$$

где m – масса,
 n – коэффициент, характеризующий силы вязкого трения,
 c – жесткость колебательной системы.

Отсюда коэффициент динамичности β можно записать как:

$$\beta = \frac{A}{A_0} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{p_k^2}{\omega^2}\right)^2 + \frac{4 \cdot n^2 \cdot p_k^2}{\omega^2}}} \quad (34)$$

Непосредственное определение коэффициента n затруднительно, поэтому в формулу (34) можно внести логарифмический декремент δ . Таким образом, коэффициент динамичности:

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{p_k^2}{\omega^2}\right)^2 + \left(\frac{\delta}{\pi}\right)^2 \cdot \left(\frac{p_k}{\omega}\right)^2}} \quad (35)$$

При приближении частоты возмущения p_k к частоте собственных колебаний ω коэффициент динамичности возрастает.

Результаты исследований. Все коэффициенты I_i для самоходного шасси с ДВС, с УДМ и с ЭД представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Значения коэффициентов разложения для самоходного шасси с ДВС, ЭД и УДМ
Table 7 – Values of decomposition coefficients for self-propelled chassis with internal combustion engine, ED and elastic damping mechanisms

i	I_i		
	ДВС / internal combustion engine	ЭД / electric motor	УДМ / elastic damping mechanisms
6	0,002	0,000247	0,000404
5	31670	4777,221	763,098
4	$1,046 \cdot 10^{10}$	$2,442 \cdot 10^9$	$2,4 \cdot 10^8$
3	$8,641 \cdot 10^{14}$	$3,334 \cdot 10^{14}$	$1,79 \cdot 10^{13}$
2	$2,116 \cdot 10^{19}$	$1,153 \cdot 10^{19}$	$3,89 \cdot 10^{17}$
1	$1,319 \cdot 10^{22}$	$9,532 \cdot 10^{21}$	$2,07 \cdot 10^{20}$
0	$1,02 \cdot 10^{10}$	$1,02 \cdot 10^{10}$	$3,72 \cdot 10^8$

Таким образом, уравнение (21) для самоходного шасси с ДВС будет выглядеть так:

$$d_n = 0,002 \cdot w^6 - 31670 \cdot w^5 + 1,046 \cdot 10^{10} \cdot w^4 - 8,641 \cdot 10^{14} \cdot w^3 + 2,116 \cdot 10^{19} \cdot w^2 - 1,319 \cdot 10^{22} \cdot w + 1,02 \cdot 10^{10} = 0 \quad (36)$$

для самоходного шасси с ЭД так:

$$d_n = 2,47 \cdot 10^{-4} \cdot w^6 - 4777 \cdot w^5 + 2,44 \cdot 10^9 \cdot w^4 - 3,3 \cdot 10^{14} \cdot w^3 + 1,153 \cdot 10^{19} \cdot w^2 - 9,532 \cdot 10^{21} \cdot w + 1,02 \cdot 10^{10} = 0 \quad (37)$$

для самоходного шасси с УДМ так:

$$d_n = 4,04 \cdot 10^{-5} \cdot w^6 - 763 \cdot w^5 + 2,4 \cdot 10^8 \cdot w^4 - 1,79 \cdot 10^{13} \cdot w^3 + 3,89 \cdot 10^{17} \cdot w^2 - 2,07 \cdot 10^{20} \cdot w + 3,72 \cdot 10^8 = 0 \quad (38)$$

Из уравнений (36) и (37) и (38) при помощи символьной операции $\xrightarrow{\text{solve}}$ были получены квадраты круговых частот w , взяв из которых квадратный корень можно получить собственные круговые частоты ω . Собственные частоты для всех вариантов представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Собственные частоты 6-и массовой системы с ДВС, ЭД и УДМ
Table 8 – Natural frequencies of the 6th mass system with internal combustion engine, electric motor and elastic damping mechanisms

№	ω		
	ДВС / internal combustion engine	ЭД / electric motor	УДМ / elastic damping mechanisms
0	-	-	-
1	25	29	23
2	220	227	203
3	247	380	235
4	474,259	569,5492	469,7536
5	4337,52	4339,543	4306,726

Номером 0 в таблице 8 обозначены корни равные или практически равные нулю, амплитуды для которых равны 1. В дальнейших расчетах эти корни не участвуют.

Подставляя исходные данные (моменты инерции J и жесткости C), а также корни ω (поочередно) в уравнение (13), для каждого корня получается набор коэффициентов рас-пределения μ_i . Так как $a_i = \mu_i$, полученные значения являются амплитудами. Значения ам-плитуд для каждой системы представлено в таблицах 9, 10 и 11.

Таблица 9 – Относительные амплитуды колебаний для 6-и массовой системы с ДВС
Table 9 – Relative oscillation amplitudes for a 6-mass system with an internal combustion engine

№	a при ω / a at ω				
	1	2	3	4	5
	25	220	247	474,259	4337,52
1	1	1	1	1	1
2	-0,62628	-2,54314	-0,38873	-0,03516	-5,1E-06
3	-0,6151	0,885139	0,272484	0,185511	0,002666
4	-0,61395	1,22738	0,337984	0,205173	-0,00011
5	-0,599	3,5935	0,68115	-0,16547	7,7E-07
6	0,724083	48,80742	-4,21078	-0,22526	-0,00218

Таблица 10 – Относительные амплитуды колебаний для 6-и массовой схемы ЭД
Table 10 – Relative oscillation amplitudes for the 6-mass electric motor circuit

№	a при ω / a at ω				
	1	2	3	4	5
	29	227	380	569,5492	4339,543
1	1	1	1	1	1
2	-1,12833	0,462313	-0,56243	-0,11376	-3,4E-05
3	-1,12435	0,363041	-0,22335	0,039934	0,002635
4	-1,12389	0,351919	-0,18728	0,054607	-0,00011
5	-1,1085	0,037148	0,457459	-0,02377	7,61E-07
6	0,634693	-23,4991	-0,47374	-0,14825	-0,00218

Таблица 11 – Относительные амплитуды колебаний для 6-и массовой схемы с УДМ
Table 11 – Relative oscillation amplitudes for a 6-mass circuit with elastic damping mechanisms

№	a при ω / a at ω				
	1	2	3	4	5
	23	203	235	469,7536	4306,726
1	1	1	1	1	1
2	-0,39607	-0,64701	-0,15716	-0,01711	-2,5E-06
3	-0,38337	0,923364	0,353436	0,204365	0,002667
4	-0,38207	1,078946	0,403582	0,223859	-0,00011
5	-0,36802	1,945523	0,588556	-0,18659	7,94E-07
6	0,76426	6,565661	-9,23946	-0,23291	-0,00224

Используя данные из последних таблиц можно получить графики форм колебаний для систем с ДВС, с ЭД и с УДМ. Они показаны в таблицах 12, 13 и 14 соответственно.

Таблица 12 – Формы колебаний 6-и массовой системы с ДВС
Table 12 – Waveforms of the 6-and mass systems with internal combustion engines

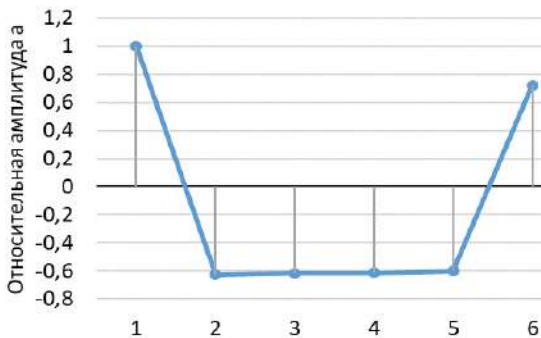
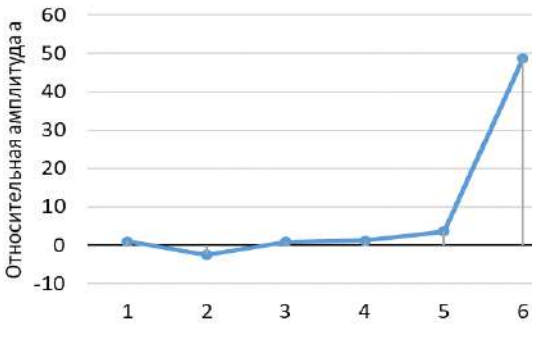
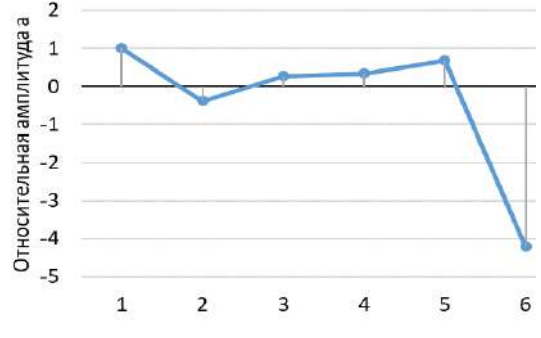
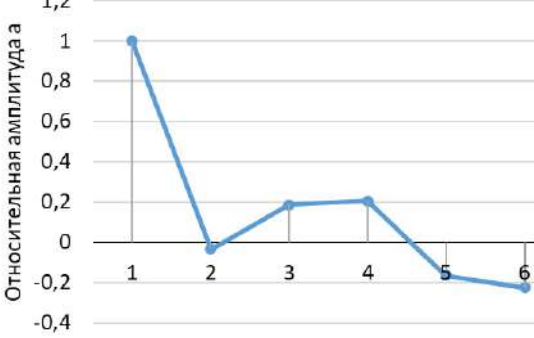
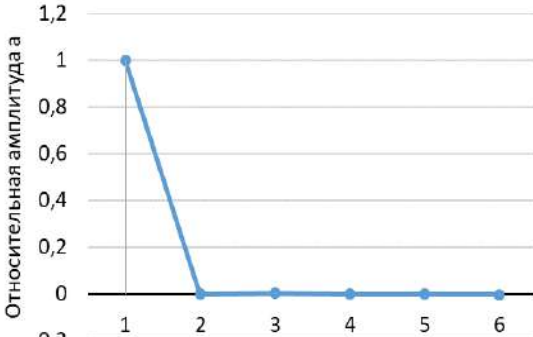
Система с ДВС / systems with internal combustion engines	
При ω_1  $\omega_1 = 25$	При ω_2  $\omega_2 = 220$
При ω_3  $\omega_3 = 247$	При ω_4  $\omega_4 = 474,295$
При ω_5  $\omega_5 = 4337,52$	

Таблица 13 – Формы колебаний 6-и массовой системы с ЭД
Table 13 – Waveforms of the 6th mass system with electric motor

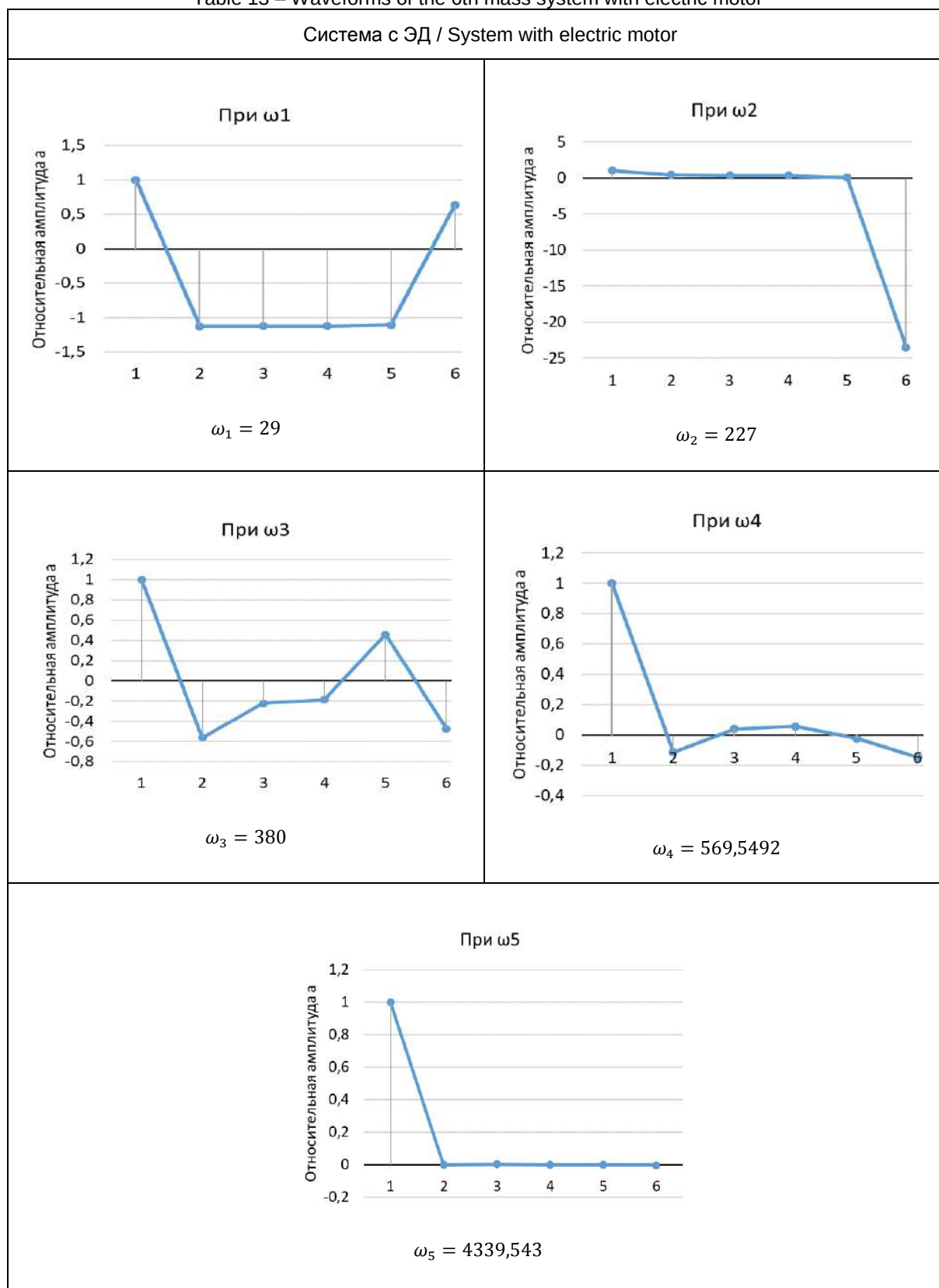
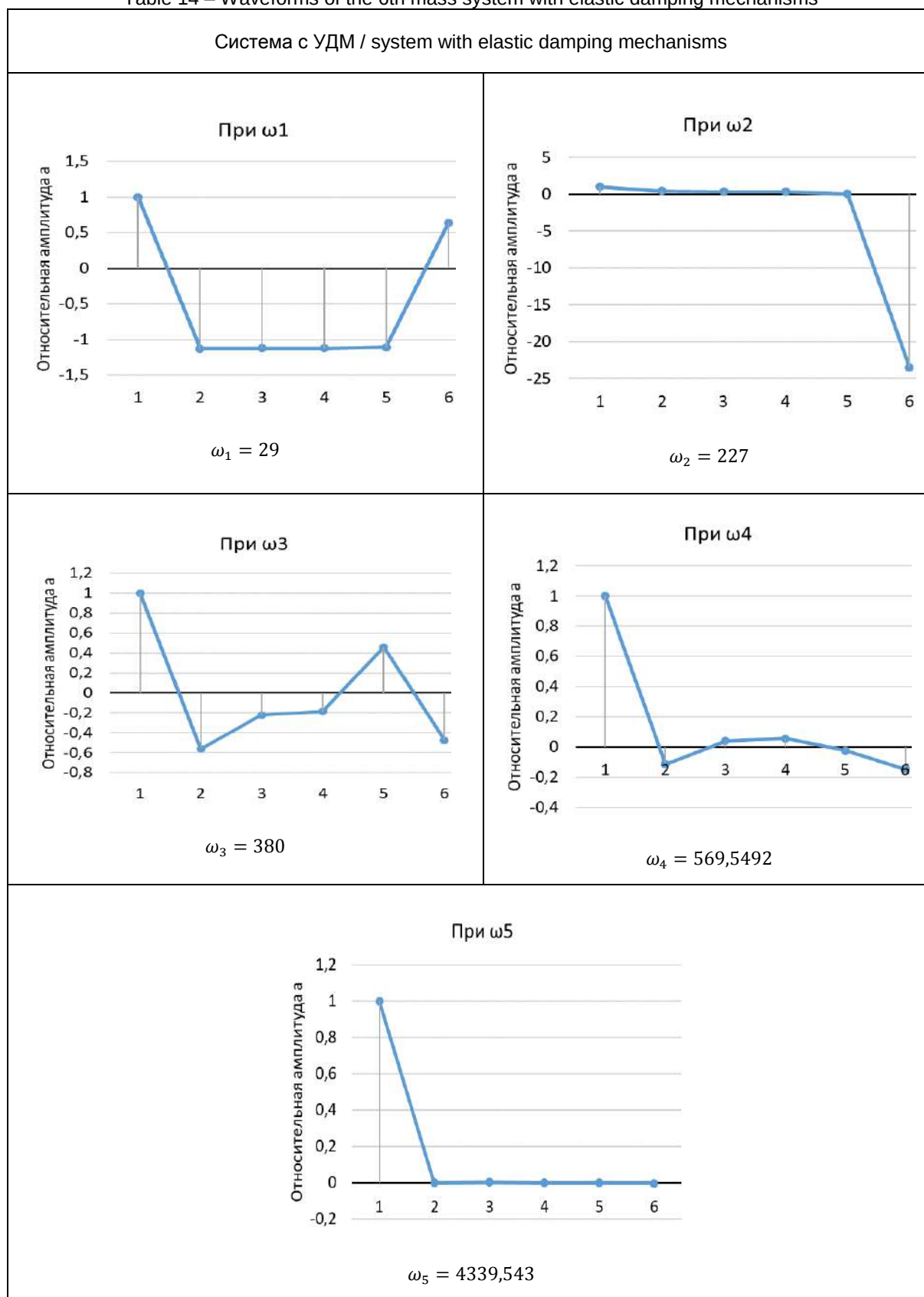


Таблица 14 – Формы колебаний 6-и массовой системы с УДМ
Table 14 – Waveforms of the 6th mass system with elastic damping mechanisms



Графики, с распределением относительных амплитуд по частотам собственных колебаний для всех схем, показаны на рисунках 6, 7 и 8.



Рисунок 6 – Распределение относительных амплитуд по частотам собственных колебаний для 6-и массовой схемы с ДВС
Figure 6 – Distribution of relative amplitudes by natural oscillation frequencies for a 6-mass circuit with an internal combustion engine

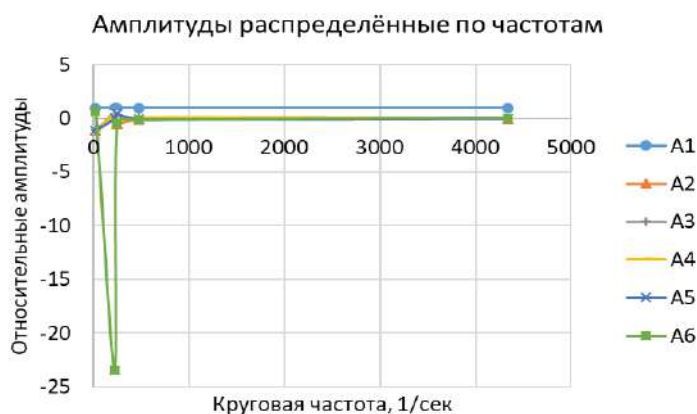


Рисунок 7 – Распределение относительных амплитуд по частотам собственных колебаний для 6-и массовой схемы с ЭД
Figure 7 – Distribution of relative amplitudes by natural oscillation frequencies for a 6-mass circuit with electric motor

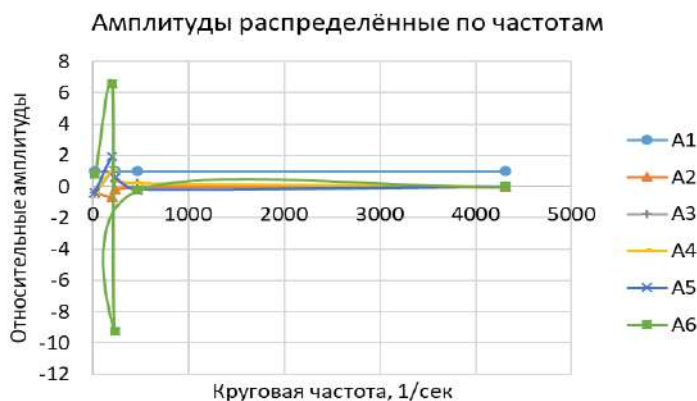
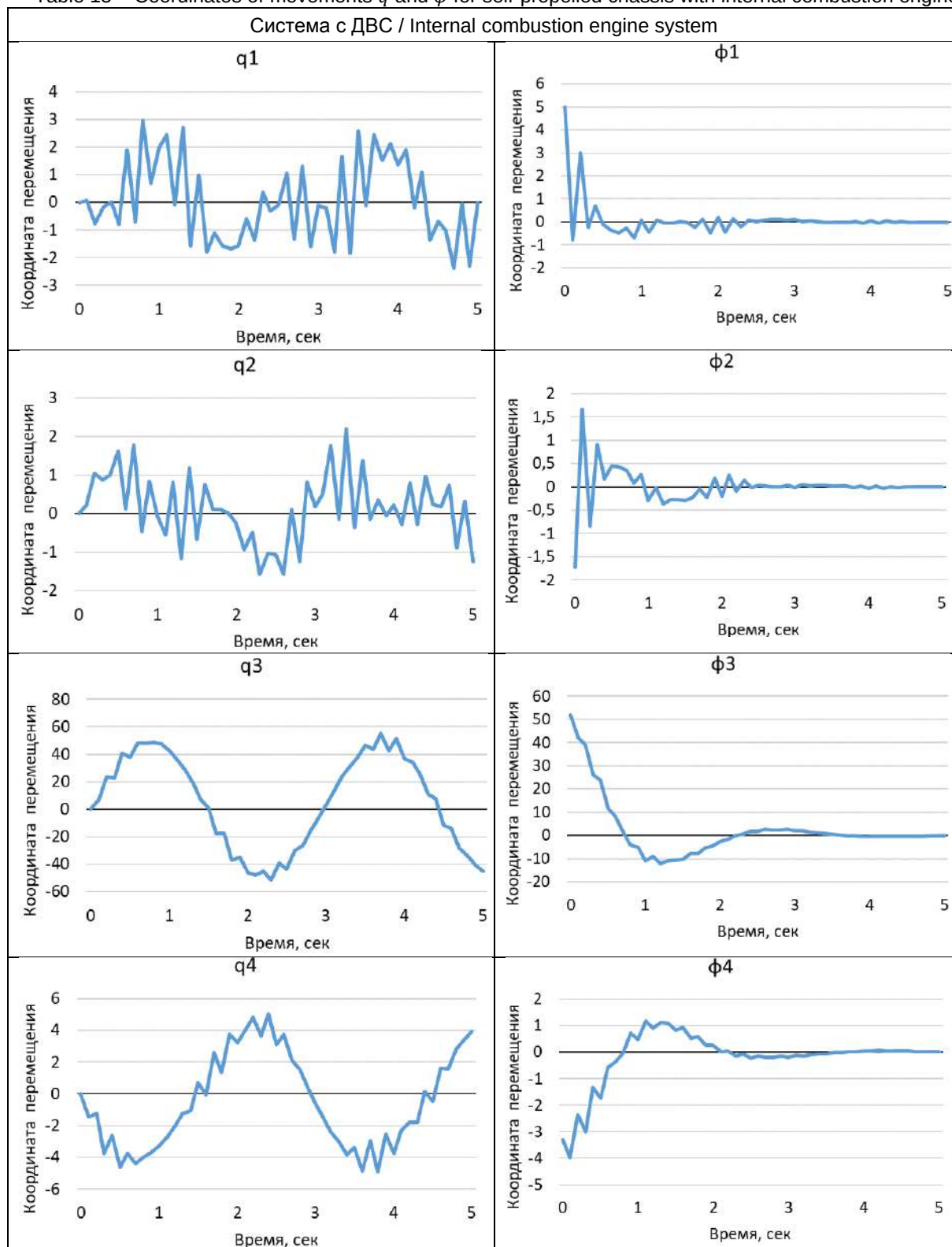


Рисунок 8 – Распределение относительных амплитуд по частотам собственных колебаний для 6-и массовой схемы с УДМ
Figure 8 – Distribution of relative amplitudes by natural oscillation frequencies for a 6-mass circuit with elastic damping mechanisms

Были получены обобщенные координаты q и φ для всех 6-и массовых систем, графики которых сведены в таблицы 15, 16 и 17.

Таблица 15 – Координаты перемещений q и φ для самоходного шасси с ДВС

Table 15 – Coordinates of movements q and φ for self-propelled chassis with internal combustion engine



Окончание таблицы 15

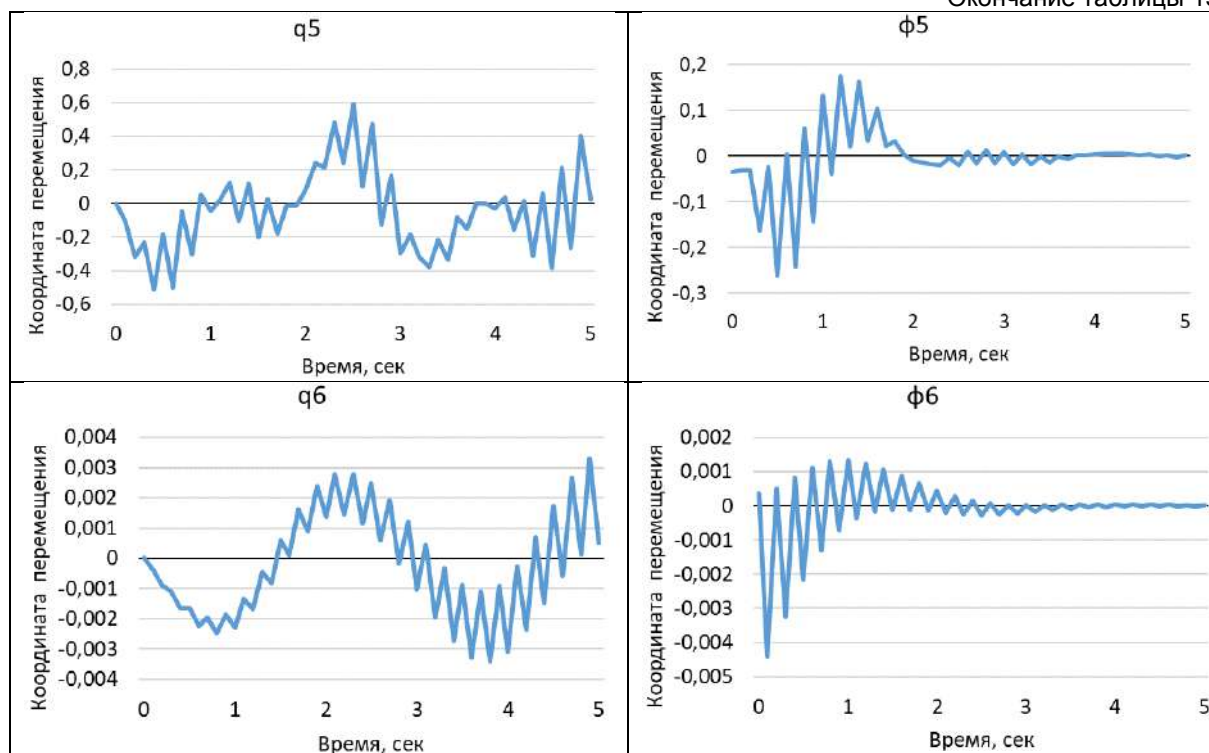
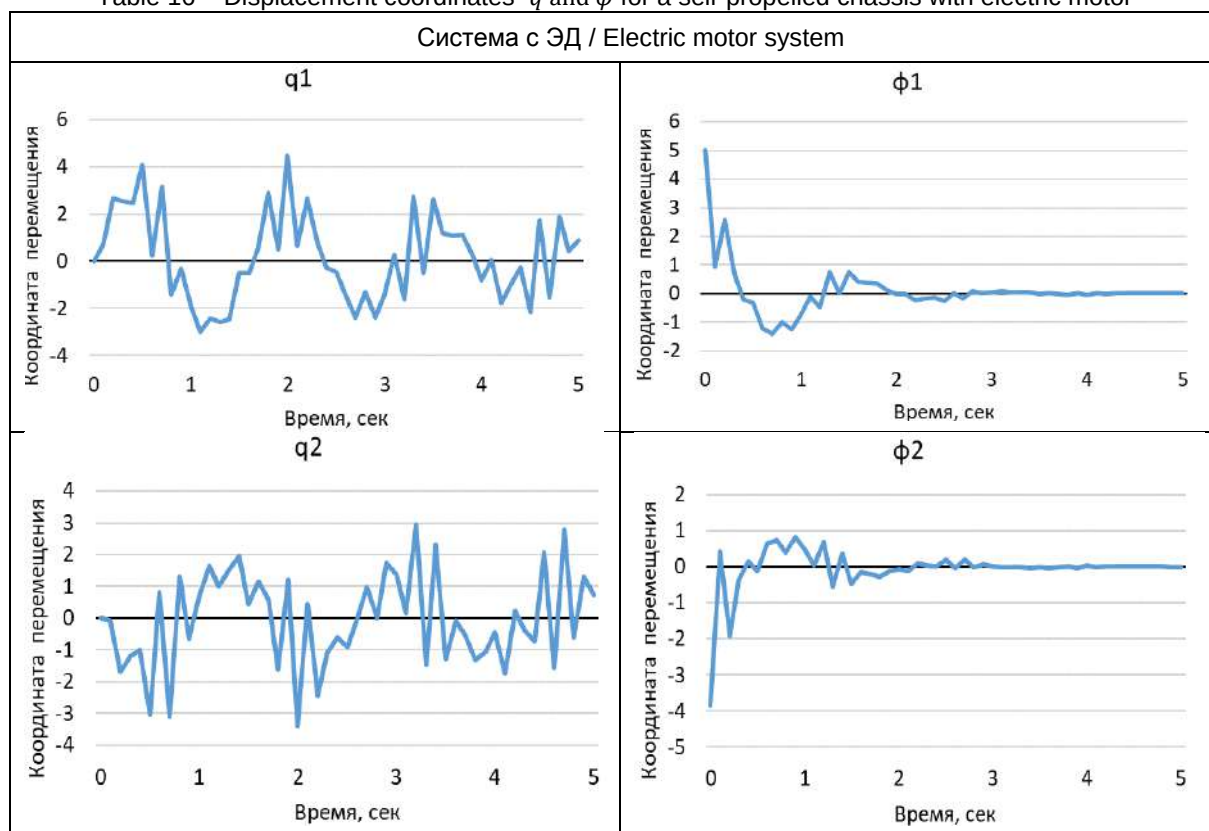


Таблица 16 – Координаты перемещений q и φ для самоходного шасси с ЭД
Table 16 – Displacement coordinates q and φ for a self-propelled chassis with electric motor



Окончание таблицы 16

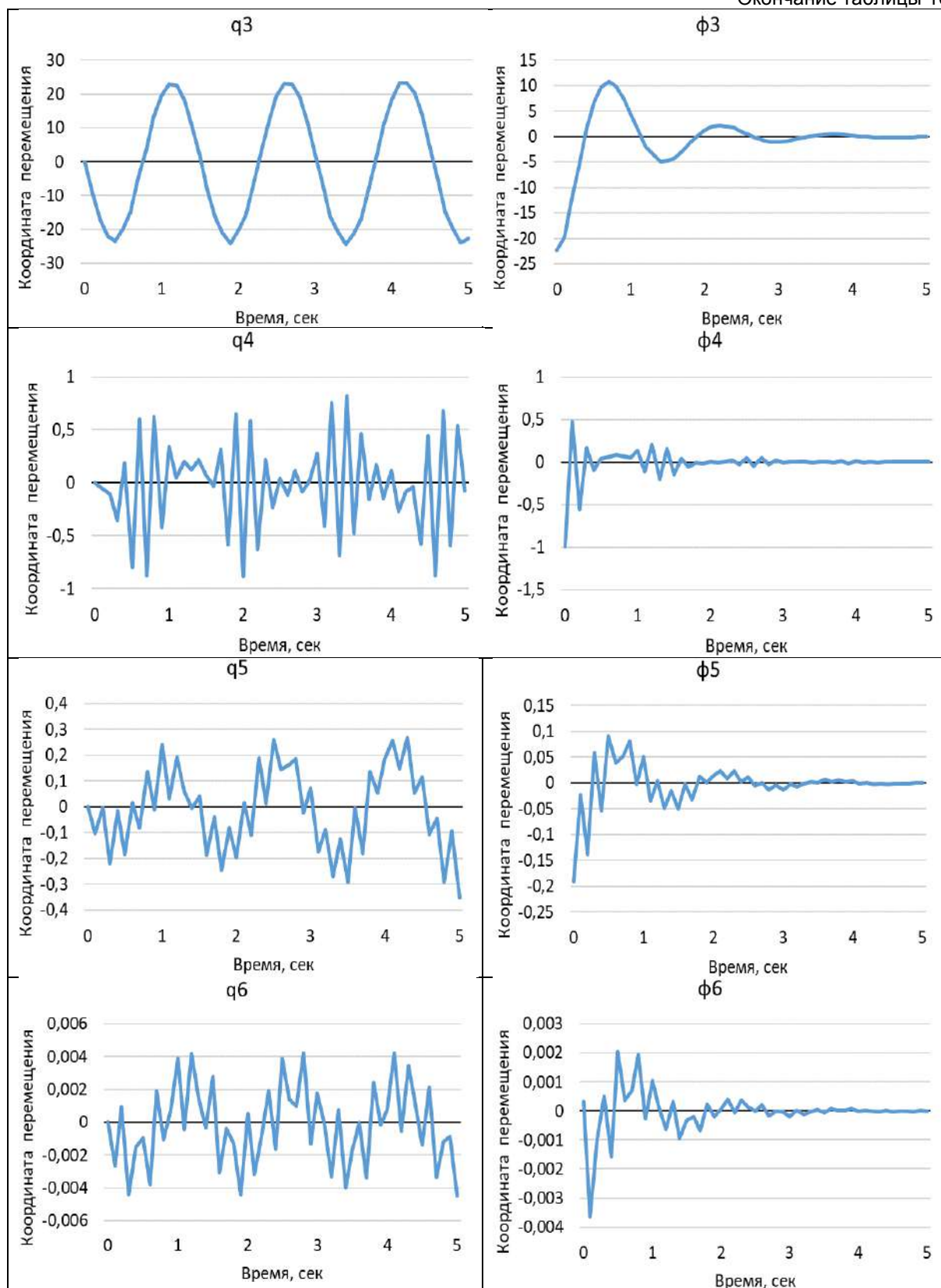
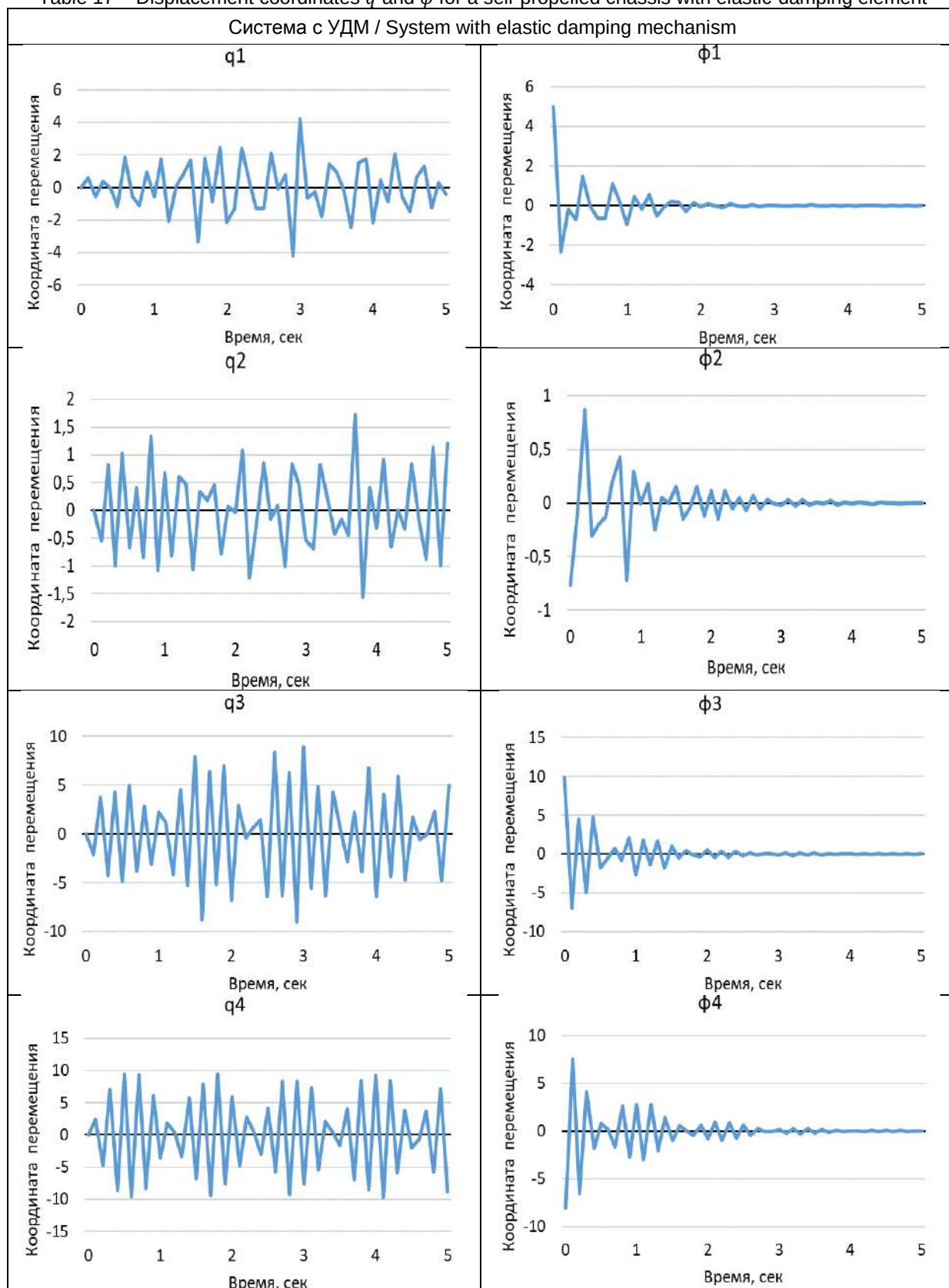
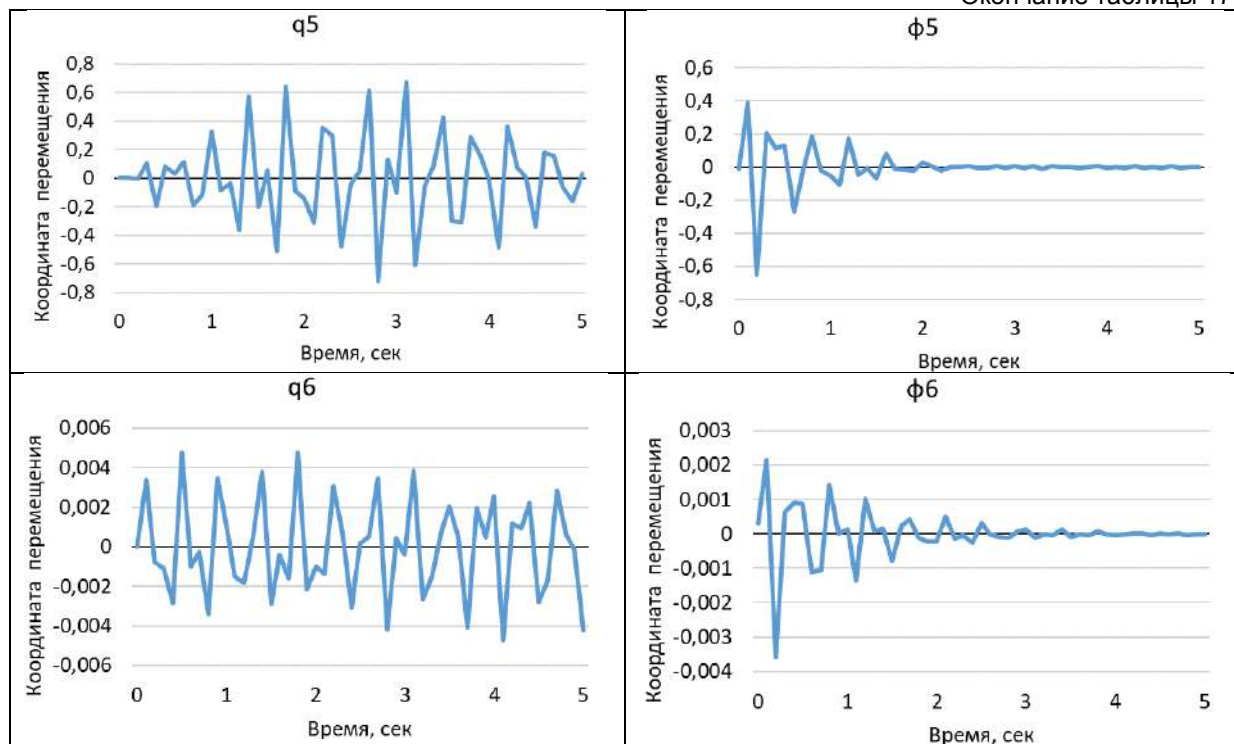


Таблица 17 – Координаты перемещений q и φ для самоходного шасси с УДМ
Table 17 – Displacement coordinates q and φ for a self-propelled chassis with elastic-damping element



Окончание таблицы 17



Частотные диаграммы для самоходного шасси с ДВС, для самоходного шасси с ЭД и самоходного шасси с УДМ представлены на рисунках 9, 10 и 11, соответственно.

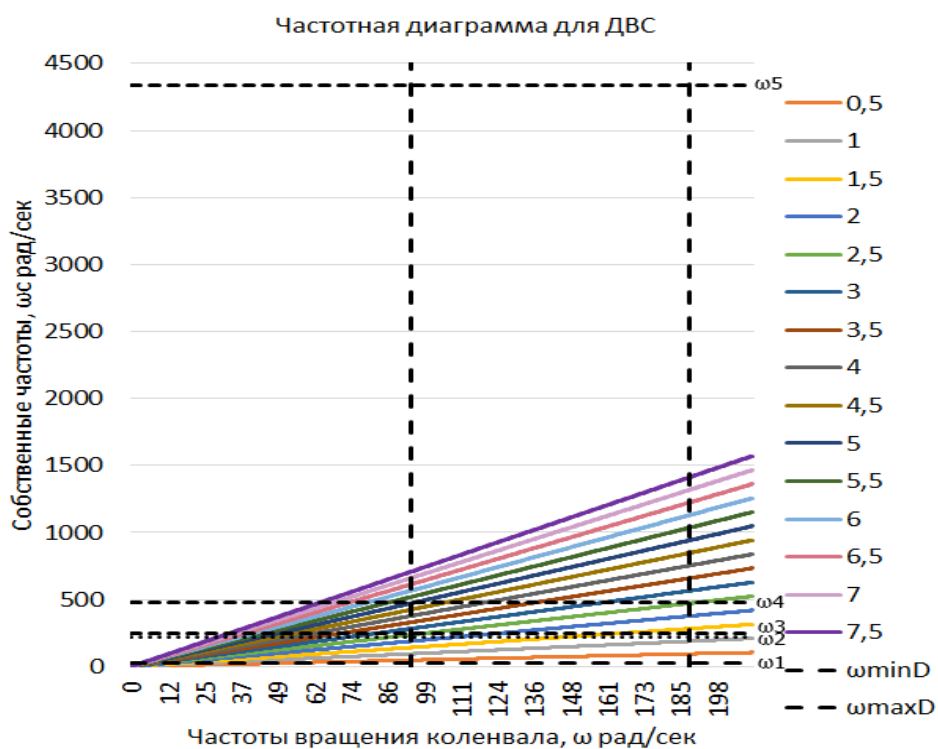


Рисунок 9 – Частотная диаграмма для самоходного шасси с ДВС
Figure 9 – Frequency diagram for self-propelled chassis with internal combustion engine

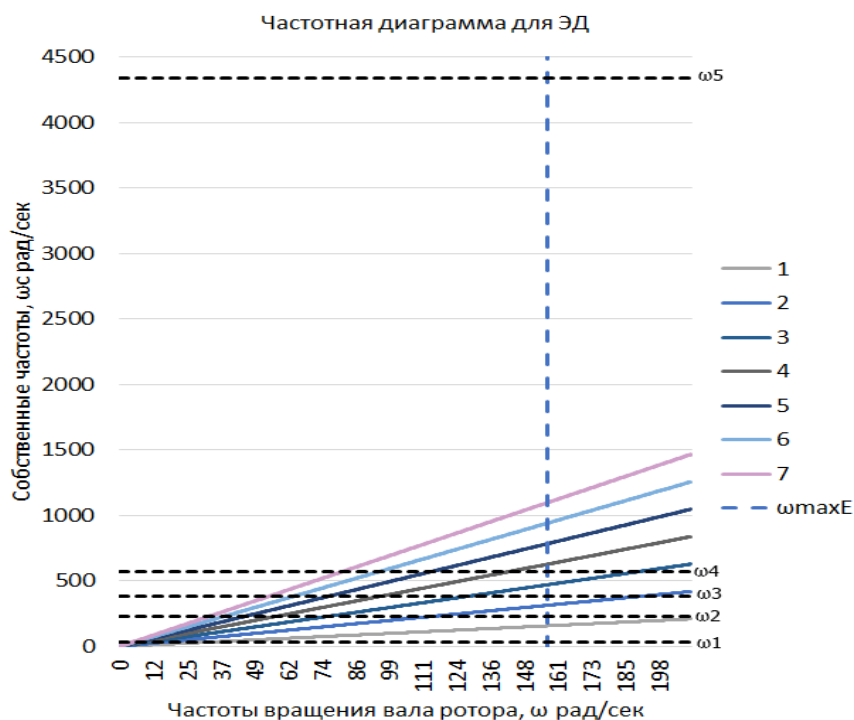


Рисунок 3 – Частотная диаграмма для самоходного шасси с ЭД
Figure 10 – Frequency diagram for self-propelled chassis with electric motor

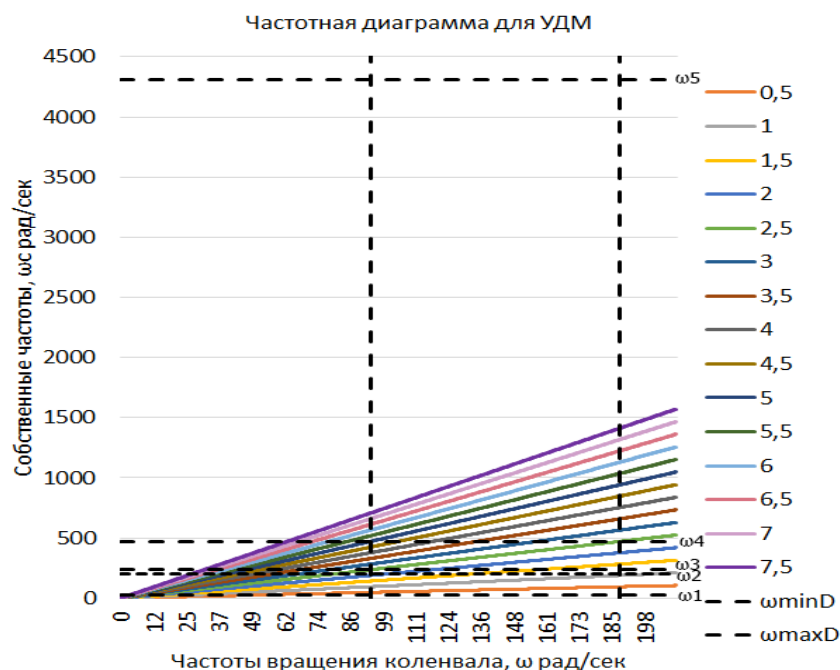


Рисунок 4 – Частотная диаграмма для самоходного шасси с УДМ
Figure 11 – Frequency diagram for a self-propelled chassis with elastic-damping element

Значения точек пересечения собственных частот с частотами вращения коленвала на разных гармониках представляют собой значения резонансных частот. Эти значения представлены для самоходного шасси с ДВС, для самоходного шасси с ЭД и самоходного шасси с УДМ в таблицах 18, 19 и 20 соответственно.

Полужирным шрифтом выделены значения точек резонанса определенной узловой формы колебаний с заданной гармоникой для рабочего диапазона каждого из тракторов, а именно: для самоходного шасси с ДВС, ЭД и УДМ представлены в таблицах 18, 19 и 20 соответственно.

Таблица 18 – Значения резонансных частот системы для самоходного шасси с ДВС
Table 18 – Values of the resonant frequencies of the system for a self-propelled chassis with an internal combustion engine

$\omega_c, \text{рад/с} / \omega_c, \text{rad/s}$	$\omega_{\text{де}} (\text{рад/с}) \text{ при } k / \omega_{dv} (\text{рад/с}) \text{ at } k$							
	k=0,5	k=1	k=1,5	k=2	k=2,5	k=3	k=3,5	k=4
$\omega_1=25$	50,5905	25,2953	16,8635	12,6476	10,1181	8,43175	7,22722	6,32382
$\omega_2=220$	439,584	219,792	146,528	109,896	87,9167	73,264	62,7977	54,948
$\omega_3=246$	493,782	246,891	164,594	123,4455	98,7564	82,297	70,54029	61,72275
$\omega_4=474,26$	948,518	474,259	316,1727	237,1295	189,7036	158,0863	135,5026	118,5648
$\omega_5=4337,52$	8675,041	4337,52	2891,68	2168,76	1735,008	1445,84	1239,292	1084,38
	k=4,5	k=5	k=5,5	k=6	k=6,5	k=7	k=7,5	-
$\omega_1=25$	5,621169	5,059052	4,599138	4,215877	3,891579	3,613609	3,372702	-
$\omega_2=220$	48,84263	43,95837	39,96215	36,63197	33,81413	31,39883	29,30558	-
$\omega_3=246$	54,86467	49,3782	44,88927	41,1485	37,98323	35,27014	32,9188	-
$\omega_4=474,26$	105,3909	94,8518	86,22891	79,04317	72,96293	67,75129	63,23454	-
$\omega_5=4337,52$	963,8934	867,5041	788,6401	722,92	667,3108	619,6458	963,8934	-

Таблица 19 – Значения резонансных частот для самоходного шасси с ЭД
Table 19 – Values of resonant frequencies for self-propelled chassis with electric motor

$\omega_c, \text{рад/с}$	$\omega_{\text{де}} (\text{рад/с}) \text{ при } k / \omega_{dv} (\text{рад/с}) \text{ at } k$						
	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7
$\omega_1=29$	29,1047	14,5523	9,70156	7,27617	5,82093	4,85078	4,15781
$\omega_2=227$	227,06	113,53	75,6866	56,7649	45,4119	37,8433	32,4371
$\omega_3=380$	380,462	190,231	126,821	95,1154	76,0923	63,4103	54,3517
$\omega_4=569,55$	569,5492	284,7746	189,8497	142,3873	113,9098	94,92487	81,36418
$\omega_5=4339,54$	4339,543	2169,771	1446,514	1084,886	867,9085	723,2571	619,9347

Таблица 20 – Значения резонансных частот системы для самоходного шасси с УДМ
Table 20 – Values of the resonant frequencies of the system for a self-propelled chassis with elastic damping mechanism

$\omega_c, \text{рад/с}$	$\omega_{\text{де}} (\text{рад/с}) \text{ при } k / \omega_{dv} (\text{рад/с}) \text{ at } k$							
	k=0,5	k=1	k=1,5	k=2	k=2,5	k=3	k=3,5	k=4
$\omega_1=23$	46,7736	23,3868	15,5912	11,6934	9,3547	7,7956	6,6819	5,8467
$\omega_2=203$	406,792	203,396	135,597	101,698	81,3584	67,7987	58,1131	50,849
$\omega_3=235$	470,64	235,32	156,88	117,66	94,128	78,44	67,2343	58,8300
$\omega_4=469,75$	939,507	469,754	313,169	234,877	187,902	156,585	134,215	117,438
$\omega_5=4306,7$	8613,45	4306,73	2871,15	2153,36	1722,69	1435,57	1230,49	1076,68
	k=4,5	k=5	k=5,5	k=6	k=6,5	k=7	k=7,5	-
$\omega_1=23$	5,1971	4,6774	4,2521	3,8978	3,5980	3,3410	3,1182	-
$\omega_2=203$	45,1991	40,6792	36,9811	33,8993	31,2917	29,0566	27,1195	-
$\omega_3=235$	52,2933	47,0640	42,7855	39,2200	36,2031	33,6172	31,3760	-
$\omega_4=469,75$	104,39	93,9507	85,4098	78,2923	72,2698	67,1077	62,6338	-
$\omega_5=4306,7$	957,05	861,34	783,04	717,79	662,57	615,247	957,05	-

Добротность, рассчитанная для всех масс затухающих колебаний φ для каждой из систем (систем с ДВС, с ЭД и с УДМ), представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Добротность колеблющихся масс при затухающих колебаниях φ
Table 21 – Q-factor of oscillating masses with damped oscillations φ

Колебательная система / Oscillating system	ДВС / Internal combustion engine	ЭД / Electric motor	УДМ / Elastic damping mechanism
Добротность / Quality			
Q_1	6,139	-	11,503
Q_2	5,192	4,775	4,421
Q_3	-	-	3,950
Q_4	-	2,773	5,055
Q_5	2,431	3,348	4,967
Q_6	4,532	4,532	3,934

Коэффициенты динамичности колеблющихся масс для всех систем представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Коэффициент динамичности колеблющихся масс
Table 22 – Coefficient of dynamism of oscillating masses

Колебательная система / Oscillating system	ДВС / Internal combustion engine	ЭД / Electric motor	УДМ / Elastic damping mechanism
Коэфф. динамичности / Coeff. dynamic			
β_1	-1.075e-07i	-	-1.065e-07i
β_2	-0.284i	-0.3328i	-0.263i
β_3	-	-	1,119
β_4	-	1,028	1,087
β_5	1,017	1,013	1,020
β_6	1,000	1,000	1,000

Обсуждение. Проведены расчетно-теоретические исследования электромеханических процессов силовой передачи самоходного шасси класса 0.6 с классической компоновкой, с применением УДМ и с автономным электроприводом. Для проведения таких исследований разработаны 9-и и 11-ти массовые укрупненные расчетные схемы силовой передачи самоходного шасси класса 0,6. Это позволило определить частоты и формы собственных колебаний. Для нахождения собственных частот ω был применен способ, основанный на решении частотного уравнения в матричном виде. Полученные частоты и формы собственных колебаний показали изменение, если сравнивать их с классической компоновкой (трактор с ДВС). Оснащение самоходного шасси УДМ позволяет смещать собственные частоты, а замена силовой установки на ЭД позволяет изменять амплитуды собственных частот.

Частотные диаграммы, которые были построены в представленных исследованиях, являются одним из способов поиска резонансных частот. Эти диаграммы облегчают определение резонирующих гармоник крутящего момента в диапазоне рабочих режимов двигателя и нахождение оборотов, при которых возникает резонанс в той или иной форме колебаний.

Значения точек пересечения собственных частот с частотами вращения коленвала и вала ротора ЭД на разных гармониках для самоходного шасси с ДВС, самоходного шасси с УДМ и самоходного шасси с ЭД показывают, что применение УДМ изменяет область резонанса, смещая его в область высоких частот, а применение ЭД увеличивает область резонанса практически для всех возмущающих гармоник. Однако, гармоники высоких порядков ($k=5; 6$ и 7) имеют как правило малую энергетическую составляющую и легко преодолеваются силами инерции, возникающими от вращения валов трансмиссии. В то же время,

на гармониках $k=2$ и 3 , для ЭД при собственной круговой частоте ω_4 должны быть быстро преодолены ЭД, так как работа на этой угловой скорости вращения приведет к резонансу и, как следствие, увеличение динамической нагруженности.

Рассчитанная добротность для самоходного шасси с ДВС в затухающей колебательной системы показала значение большее, чем для самоходного шасси с УДМ и ЭД. Изменение добротности, характеризующую избирательную и разрешающую способности колебательной системы, показало, что добротность для самоходного шасси с ДВС большее значение, а, следовательно, выше резонансный отклик этой системы по сравнению с системой, в которую установлены УДМ и ЭД.

Заключение. Разработана укрупненная расчетная схема силовой передачи самоходного шасси класса 0.6. Схема состоит из 9-и и 11-ти масс. Определены частоты и формы собственных колебаний. Для нахождения собственных частот ω был применен метод, основанный на решении частотного уравнения.

Построение частотной диаграммы является одним из способов поиска резонансных частот является. Эта диаграмма облегчает определение резонирующих гармоник в диапазоне рабочих режимов двигателя и нахождение частот вращения коленвала двигателя или ротора электродвигателя, при которых возникает резонанс в той или иной форме колебаний.

Приведены результаты расчетно-теоретических исследований колебательных процессов в силовой передаче самоходного шасси с ДВС, с УДМ и ЭД.

Определена добротность затухающей колебательной системы для самоходного шасси с ДВС, с УДМ и с ЭД. Изменение добротности, характеризует избирательную и разрешающую способности колебательной системы реагировать на резонансный отклик (быть подверженной резонансу).

Conclusions. An enlarged design scheme of the power transmission of a self-propelled chassis of class 0.6 has been developed. The scheme consists of 9 and 11 masses. The frequencies and forms of natural oscillations are determined. To find the natural frequencies, a method based on solving the frequency equation was applied.

Building a frequency diagram is one of the ways to search for resonant frequencies. This diagram facilitates the determination of resonating harmonics in the range of operating modes of the engine and finding the rotational speeds of the crankshaft of the engine or the rotor of the electric motor, at which resonance occurs in one form or another of vibrations.

The results of computational and theoretical studies of oscillatory processes in the power transmission of a self-propelled chassis with internal combustion engine, with UDM and ED are presented.

The Q-factor of the damped oscillatory system for self-propelled chassis with internal combustion engine, with UDM and with ED is determined. A change in Q-factor characterizes the selective and resolving power of an oscillatory system to respond to a resonant response (to be subject to resonance).

Библиографический список

1. Даминов А., Абдазимов А. Д. Анализ наиболее значимых особенностей сельскохозяйственных тракторов в контексте необходимости формирования конструктивного облика современного трактора. *Universum: технические науки*. 2022. № 3-1(96). С. 41-44.
2. Алексеев В. А., Колосов С. П. Оснащение бот-тракторов электроприводами с интеллектуализацией бортовой системы управления, в целях повышения эффективности сельскохозяйственной отрасли. *Технология машиностроения*. 2018. № 9. С. 63-68.
3. Vogt H. H. et al. Electric tractor system for family farming: Increased autonomy and economic feasibility for an energy transition. *Journal of Energy Storage*. 2021. V. 40. P. 102744.
4. Li J. et al. Design of distributed hybrid electric tractor based on axiomatic design and Extenics. *Advanced Engineering Informatics*. 2022. V. 54. P. 101765.
5. Xie B. et al. Design and hardware-in-the-loop test of a coupled drive system for electric tractor. *Biosystems Engineering*. 2022. V. 216. Pp. 165-185.
6. Zhang S. et al. Intelligent ballast control system with active load-transfer for electric tractors. *Biosystems Engineering*. 2022. V. 215. Pp. 143-155.
7. Солдатенко Д. С. Расчет электромеханических параметров тягового электропривода тракторов. *Актуальные вопросы машиноведения*. 2019. Т. 8. С. 129-131.
8. Годжаев З. А., Сенькевич С. Е., Алексеев И. С., Ильченко Е. Н. Обоснование выбора параметров электромеханической трансмиссии для трактора тягового класса 0,6-0,9 и согласование тяговых характеристик. *Агроинженерия*. 2023. Т. 25. № 1. С. 63-70.

9. Кравченко В. А., Кравченко Л. В., Сенькевич С. Е. и др. Влияние УДМ в силовой передаче энергетического средства класса 1,4 на динамические процессы в звеньях машинно-тракторного агрегата. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 177. С. 104-113.
10. Кравченко В. А., Сенькевич А. А., Сенькевич С. Е. Некоторые статистические показатели функционирования посевного МТА с упругодемпфирующим механизмом в трансмиссии трактора. Тракторы и сельхозмашины. 2009. № 9. С. 32-34.
11. Кравченко В. А., Кравченко Л. В., Сенькевич С. Е. и др. Влияние УДМ в силовой передаче энергетического средства класса 1,4 на буксование его движителей при работе в составе МТА. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 178. С. 119-128.
12. Кравченко В. А., Кравченко Л. В., Сенькевич С. Е. и др. Влияние на качество выполнения работ машинно-тракторными агрегатами, агрегируемыми мобильными энергетическими средствами тягового класса 1,4 с УДМ в силовой передаче. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 180. С. 72-82.
13. Попов И. П. Упругие сцепки составного сельскохозяйственного транспортно-технологического средства. Вестник НГИЭИ. 2021. № 4 (119). С. 21-30.
14. Кравченко В. А., Кравченко Л. В., Сенькевич С. Е. и др. Техничко-экономические показатели МТА на базе мобильного энергетического средства тягового класса 1,4 с упругодемпфирующим механизмом в силовой передаче. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 179. С. 55-64.
15. Сенькевич С. Е., Крюковская Н. С. Анализ экспериментальных исследований трактора, оснащенного упругодемпфирующим механизмом в трансмиссии, при движении в составе транспортного тракторного агрегата. Тракторы и сельхозмашины. 2020. № 6. С. 59-66.
16. Kravchenko V., Kravchenko L., Zhurba V. et al. Reducing the Dynamic Loading of the Links of the Machine-Tractor Unit Aggregated by the Mobile Power Vehicle of the 1.4 Drawbar Category. Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles: Conference proceedings, St.Petersburg, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2023. V. 510-2. Pp. 2043-2052.
17. Кравченко К. Ю., Кугаевский С. С., Журавлев М. П., Элькинд Д. М. Операционный модальный анализ для определения собственных частот колебаний. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2017. Т. 19. № 2. С. 21-35.
18. Сенькевич С. Е., Ильченко Е. Н., Алексеев И. С. Результаты проведения экспериментальных исследований трактора, оснащенного упругодемпфирующим механизмом при агрегатировании с сеялкой. Тракторы и сельхозмашины. 2021. Т. 88. № 4. С. 33-44.
19. Гарифуллин М. Ф. Параметрические исследования собственных форм и частот колебаний модифицированным итерационным методом. Ученые записки ЦАГИ. 2022. Т. 53, № 2. С. 68-80.
20. Григорьев П. С. О связи частот собственных колебаний и критических нагрузок при оценке жесткости несущих элементов вагонных конструкций. Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2022. № 1 (53). С. 17-23.
21. Гучинский Р. В. Оптимизация конструкции кузова вагона электропоезда по значению частоты собственных колебаний. Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2021. Т. 80. № 3. С. 152-159.
22. Белинис С. М. Определение собственных частот колебаний ротора. Вестник Димитровградского инженерно-технологического института. 2017. № 1 (12). С. 88-92.
23. Ding W. et al. Numerical investigation on flow-induced vibrations of two tandem cylinders localized selective roughness with different natural frequencies. Applied Ocean Research. 2023. V. 135. P. 103540.
24. Нестеров С. В., Байдулов В. Г. Эволюция собственных частот и форм изгибных колебаний стержня при увеличении дефекта поперечного сечения. Процессы в геосредах. 2018. № 4 (18). С. 1174-1179.
25. Кожевников, И. Ф. Собственные частоты и собственные формы колебаний нагруженной вращающейся шины. ТРУДЫ МФТИ. Труды Московского физико-технического института (национального исследовательского университета). 2017. Т. 9. № 3 (35). С. 29-35.
26. Kim B. S., Chi C. H., Lee T. K. A study on radial directional natural frequency and damping ratio in a vehicle tire. Applied Acoustics. 2007. V. 68. № 5. Pp. 538-556.
27. Tomoyuki I. et al. The modeling and analysis for the natural frequency adjustments of Vehicle Manipulator for the ITER Blanket Remote Handling System. Fusion Engineering and Design. 2023. V. 192. P. 113802.
28. Толстошеев А. К. Компьютерное моделирование манипулятора параллельной структуры для определения собственных частот и форм колебаний. Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2023. № 1 (19). С. 40-50.
29. Айнбиндер Р. М., Гордеев Б. А., Любимов А. К., Охулков С. Н. Определение собственных частот колебаний грузовой платформы автотранспортного средства с целью безопасного крепления груза. Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2018. № 5. С. 28-35.
30. Попов В. Б., Чупрынин Ю. В., Джасов Д. В. Анализ собственных частот и определение динамических коэффициентов трансмиссии сельскохозяйственной машины. Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2017. № 2 (69). С. 32-39.
31. Маслов Г. С. Расчеты колебаний валов: Справочник. М.: Машиностроение, 1980. 150 с.
32. Лашко В. А., Лейбович М. В. Матричные методы в расчетах крутильных колебаний силовых установок с ДВС: учебное пособие. Хабаровск, 2003. 211 с.
33. Барский И. Б., Анилович В. Я., Кутков Г. М. Динамика трактора. М.: Машиностроение, 1972. 152 с.
34. Тарасик В. П. Математическое моделирование технических систем. Москва: Инфра-М, 2019. 592 с.
35. Ривин Е. И. Динамика привода станков. М.: Машиностроение, 1966. Т. 3. 204 с.

References

1. Daminov A., Abdzimov A. D. Analysis of the Most Significant Features of Agricultural Tractors in the Context of the Need to Form the Constructive Image of a Modern Tractor. *Universum: Technical Sciences*. 2022. № 3-1 (96). Pp. 41-44.
2. Alekseev V. A., Kolosov S. P. Equipping Boot Tractors with Electric Drives with Intellectualization of the Onboard Control System in Order to Improve the Efficiency of the Agricultural Industry. *Manufacturing engineering*. 2018. № 9. Pp. 63-68.
3. Vogt H. H. et al. Electric tractor system for family farming: Increased autonomy and economic feasibility for an energy transition. *Journal of Energy Storage*. 2021. V. 40. P. 102744.
4. Li J. et al. Design of distributed hybrid electric tractor based on axiomatic design and Extenics. *Advanced Engineering Informatics*. 2022. V. 54. P. 101765.
5. Xie B. et al. Design and hardware-in-the-loop test of a coupled drive system for electric tractor. *Biosystems Engineering*. 2022. V. 216. Pp. 165-185.
6. Zhang S. et al. Intelligent ballast control system with active load-transfer for electric tractors. *Biosystems Engineering*. 2022. V. 215. Pp. 143-155.
7. Soldatenko D. S. Calculation of Electromechanical Parameters of the Traction Electric Drive of Tractors. *Actual Issues of Mechanical Engineering*. 2019. V. 8. Pp. 129-131.
8. Gozhaev Z. A., Senkevich S. E., Alekseev I. S., Ilchenko E. N. Substantiation of the Choice of Electromechanical Transmission Parameters for a Tractor of Traction Class 0.6-0.9 and Coordination of Traction Characteristics. *Agricultural engineering*. 2023. V. 25. № 1. Pp. 63-70.
9. Kravchenko V. A., Kravchenko L. V., Senkevich S. E., et al. Influence of UDM in the Power Transmission of a Class 1.4 Power Vehicle on Dynamic Processes in the Links of a Machine-Tractor Unit. *Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University*. 2022. № 177. Pp. 104-113.
10. Kravchenko V. A., Senkevich A. A., Senkevich S. E. Some Statistical Indicators of the Functioning of the Sowing MTA with an Elastic-Damping Mechanism in the Tractor Transmission. *Tractors and agricultural machines*. 2009. № 9. Pp. 32-34.
11. Kravchenko V. A., Kravchenko L. V., Senkevich S. E., et al. Effect of UDM in the Power Transmission of a Class 1.4 Power Vehicle on Slippage of Its Propulsion Units When Operating as a Part of an MTA. *Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University*. 2022. № 178. Pp. 119-128.
12. Kravchenko V. A., Kravchenko L. V., Senkevich S. E., et al. Influence on the Quality of Work Performed by Machine-Tractor Units Aggregated by Mobile Power Vehicles of Traction Class 1.4 with UDM in Power Transmission. *Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University*. 2022. № 180. Pp. 72-82.
13. Popov I. P. Elastic couplings of a composite agricultural transport and technological vehicle. *Vestnik NGIEI*. 2021. № 4 (119). Pp. 21-30.
14. Kravchenko V. A., Kravchenko L. V., Senkevich S. E., et al. Technical and Economic Indicators of MTA Based on a Mobile Power Vehicle of Traction Class 1.4 with an Elastic-Damping Mechanism in a Power Transmission. *Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University*. 2022. № 179. Pp. 55-64.
15. Senkevich S. E., Kryukovskaya N. S. Analysis of Experimental Studies of a Tractor Equipped with an Elastodamping Mechanism in the Transmission When Moving as a Part of a Transport Tractor Unit. *Tractors and agricultural machines*. 2020. № 6. Pp. 59-66.
16. Kravchenko V., Kravchenko L., Zhurba V. et al. Reducing the Dynamic Loading of the Links of the Machine-Tractor Unit Aggregated by the Mobile Power Vehicle of the 1.4 Drawbar Category. *Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles: Conference proceedings, St.Petersburg, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG*, 2023. V. 510-2. Pp. 2043-2052.
17. Kravchenko K. Yu., Kugaevsky S. S., Zhuravlev M. P., Elkind D. M. Operational Modal Analysis for Determining Natural Frequencies of Oscillations. *Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Mechanical engineering, materials science*. 2017. V. 19. № 2. Pp. 21-35.
18. Senkevich S. E., Ilchenko E. N., Alekseev I. S. Results of Experimental Studies of a Tractor Equipped with an Elastodamping Mechanism When Aggregating with a Seeder. *Tractors and agricultural machines*. 2021. V. 88. № 4. Pp. 33-44.
19. Garifullin M. F. Parametric Studies of Eigenforms and Frequencies of Oscillations by a Modified Iterative Method. *Scientific Notes of TsAGI*. 2022. V. 53. No 2. Pp. 68-80.
20. Grigoriev P. S. On the relationship between the frequencies of natural oscillations and critical loads in assessing the stiffness of load-bearing elements of car structures. *Bulletin of the Ural State University of Railway Engineering*. 2022. № 1 (53). Pp. 17-23.
21. Guchinsky R. V. Optimization of the Electric Train Car Body Design by the Value of the Eigenoscillation Frequency. *Bulletin of the Scientific Research Institute of Railway Transport*. 2021. V. 80. № 3. Pp. 152-159.
22. Belinis S. M. Determination of natural frequencies of rotor oscillations. *Bulletin of the Dimitrovgrad Engineering and Technology Institute*. 2017. № 1 (12). Pp. 88-92.
23. Ding W. et al. Numerical investigation on flow-induced vibrations of two tandem cylinders localized selective roughness with different natural frequencies. *Applied Ocean Research*. 2023. V. 135. P. 103540.
24. Nesterov S. V., Baydulov V. G. Evolution of Natural Frequencies and Forms of Bending Oscillations of a Member with an Increase in the Cross-Section Defect. *Processes in geoenvironments*. 2018. № 4 (18). Pp. 1174-1179.
25. Kozhevnikov, I. F. Eigenfrequencies and eigenforms of vibrations of a loaded rotating tire. *Proceedings of MIPT. Proceedings of the Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University)*. 2017. V. 9. № 3 (35). Pp. 29-35.
26. Kim B. S., Chi C. H., Lee T. K. A study on radial directional natural frequency and damping ratio in a vehicle tire. *Applied Acoustics*. 2007. V. 68. № 5. Pp. 538-556.

27. Tomoyuki I. et al. The modeling and analysis for the natural frequency adjustments of Vehicle Manipulator for the ITER Blanket Remote Handling System. *Fusion Engineering and Design*. 2023. V. 192. P. 113802.
28. Tolstosheev A. K. Computer Simulation of a Parallel Structure Manipulator for Determining Natural Frequencies and Oscillation Forms. *Automation and simulation in design and management*. 2023. № 1 (19). Pp. 40-50.
29. Einbinder R. M., Gordeev B. A., Lyubimov A. K., Okhulkov S. N. Determination of Natural Frequencies of Vibrations of a Motor Vehicle Cargo Platform for the Purpose of Safe Cargo Securing. *Transport: science, technology, management. Scientific Information Collection*. 2018. № 5. Pp. 28-35.
30. Popov V. B., Chuprynin Y. V., Dzhasov D. V. Natural Frequency Analysis and Determination of Dynamic Transmission Coefficients of an Agricultural Machine. *Bulletin of the P. O. Sukhoi Gomel State Technical University*. 2017. № 2 (69). Pp. 32-39.
31. Maslov G. S. *Calculations of Shaft Oscillations: Reference Book*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1980. 150 p.
32. Lashko V. A., Leibovich M. V. *Matrix Methods in the Calculation of Torsional Vibrations of Power Plants with Internal Combustion Engines: A Textbook*. Khabarovsk, 2003. 211 p.
33. Barsky I. B., Anilovich V. Ya., Kutkov G. M. *Tractor dynamics*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1972. 152 p.
34. Tarasik V. P. *Mathematical Modeling of Technical Systems*. Moscow: Infra-M, 2019. 592 p.
35. Rivin E. I. *Dynamics of the Drive of Machine Tools*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1966. V. 3. 204 p.

Информация об авторах

Сенькевич Сергей Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ" (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) (Российская Федерация, 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6354-7220>, e-mail: umo.viesh@list.ru

Годжаев Захид Адыгезалович, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, профессор "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ" (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) (Российская Федерация, 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1665-3730>, e-mail: fic51@mail.ru

Ильченко Екатерина Николаевна, инженер, "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ" (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) (Российская Федерация, 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3901-5706>, e-mail: il4enkocat@yandex.ru

Алексеев Илья Сергеевич, инженер "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ" (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) (Российская Федерация, 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5169-895X>, e-mail: dreeddog@mail.ru

Author's Information

Senkevich Sergey Evgenievich, Candidate of Engineering Sciences, associate professor, "Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6354-7220>, e-mail: umo.viesh@list.ru

Godzhayev Zakhid Adygezalovich, Doctor of Engineering Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, professor "Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1665-3730>, e-mail: fic51@mail.ru

Ilchenko Ekaterina Nikolaevna, engineer, "Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, 5), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3901-5706>, e-mail: il4enkocat@yandex.ru

Alekseev Ilya Sergeevich, engineer, "Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, 5), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5169-895X>, e-mail: dreeddog@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-44

CONCEPTUAL PROVISIONS OF GRAIN PRODUCTION TECHNOLOGY FOR SELECTION WORKS USING DIGITAL METHODS¹Chaplygin M. E., ²Bespalova O. N., ¹Kadyrgaliev A. Z.¹*Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM
Moscow, Russian Federation*²*Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering
Astrakhan, Russian Federation*Corresponding author E-mail: misha2728@yandex.ru, bespalovaon@mail.ru

Received 28.03.2024

Submitted 28.06.2024

Summary

The article considers the technologies of grain crops production for performing breeding works. A technical means for harvesting homogeneous plots with modern hardware and software is proposed. The results of the research have shown the reduction of labor costs in harvesting selection plots, allowing lying down methodological and technical prerequisites for the creation of intelligent robotic technical means.

Abstract

Introduction. The material of the article is devoted to the substantiation of the main conceptual provisions for the creation of a new generation of robotic technical means for harvesting selection plots in selection at the initial stages of work; taking into account previously developed prototypes. **Object.** Justification using digital methods of conceptual provisions of grain crop production technology for seed selection. **Materials**

and methods. The process of the technological operation of phenotyping and harvesting crops in single-row plots is considered as one of the main methods used in seed production technology for many breeding institutions in the country. It was revealed that these technological operations at the considered stages of breeding work in Russia and abroad are carried out mainly manually. During the harvesting season, the number of samples received for analysis often reaches many thousands. The need to introduce new methods of analysis, assessment of germination and development of plants and subsequent harvesting is substantiated. **Research results and conclusions.** The proposed cleaning technology eliminates manual labor, focuses on the proposed technological work cycle, and is carried out using a developed technological tool. The technical tool being developed is focused on modern hardware and software available on the market. It is assumed that the working parts and chassis will be equipped with an electric drive with unmanned control. The creation of technical means using digital technologies intended for the processes of phenotyping and harvesting selection plots at the initial stages of work in selection is possible only with the implementation of the proposed conceptual provisions. The implementation of the considered conceptual provisions will lead to a reduction in labor costs in harvesting selection plots and will allow laying the methodological and technical foundations for the creation of intelligent robotic technical means.

Keywords: cereals, plant phenotyping, robotic platforms, measuring modules, plant harvesting modules.

Citation. Chaplygin M. E., Bessalova O. N., Kadyrgaliev A. Z. Conceptual provisions of grain production technology for selection works using digital methods. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 419-429 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-44.

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

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

УДК 631.352:681.518.22

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ РАБОТ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ

¹Чаплыгин М. Е., кандидат технических наук

²Беспалова О. Н., кандидат технических наук

¹Кадыргалиев А. З., аспирант

¹ФГБНУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ
г. Москва, Российская Федерация

²ГБОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет»
г. Астрахань, Российская Федерация

Актуальность. Материал статьи посвящен обоснованию основных концептуальных положений создания нового поколения роботизированных технических средств для уборки селекционных делянок в селекции на начальных этапах работ, с учетом разработанных ранее опытных образцов. **Цель.** Обоснование с помощью цифровых методов концептуальных положений технологии производства зерновых культур для селекции семеноводства. **Материалы и методы.** Рассмотрен процесс технологической операции фенотипирования и уборки посевов в однорядных делянках как один из основных применяемых методов в технологии производства семян для многих селекционных учреждений страны. Выявлено, что данные технологические операции на рассматриваемых этапах селекционных работ в России и за рубежом производят преимущественно вручную. За уборочный сезон число образцов, получаемых для анализа, достигает зачастую многие тысячи. Обоснована необходимость внедрения новых методов анализа, оценки всхожести и развития растений и последующей уборки. **Результаты исследования и выводы.** Предлагаемая технология уборки исключает ручной труд, ориентируется на предлагаемый технологический цикл работы, производится с помощью разработанного технологического средства. Разрабатываемое техническое средство ориентировано на современные аппаратно-программные средства, имеющиеся на рынке. Предполагается, что рабочие органы и ходовая часть будут оснащены электроприводом с беспилотным управлением. Создание технических средств с использованием цифровых технологий, предназначенных для процессов фенотипирования и уборки селекционных делянок на начальных этапах работ в селекции, возможно только при реализации предложенных концептуальных положений. Реализация рассмотренных концептуальных положений приведет к сокращению затрат труда на уборке селекционных делянок, позволит заложить методологические и технические основы создания интеллектуальных роботизированных технических средств.

Ключевые слова: зерновые культуры, фенотипирование растений, роботизированные платформы, измерительные модули, модули для уборки растений.

Цитирование. Чаплыгин М. Е., Беспалова О. Н., Кадыргалиев А. З. Концептуальные положения технологии производства зерновых культур для селекционных работ с помощью цифровых методов. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 419-429. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-44.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В отрасли первичного семеноводства сельскохозяйственных культур, а также селекции и сортоиспытании наиболее трудозатратными технологическими операциями являются процесс фенотипирования растений и их последующая уборка. Процесс фенотипирования растений связан с разработкой новых методов измерения параметров фенотипа, его последующее описание и обработка полученных в процессе исследований данных. Данный процесс затрагивает междисциплинарные исследования в области информатики, биологии и инженерии [1, 2], также как и автоматизация процесса уборки растений, достижение положительного прогресса обозначенных направлений осуществляется путем создания инновационных методов и машин [3, 4], начиная с концептуальных положений и эскизных проектов. Концепция создания современных технических средств для процессов фенотипирования и уборки на селекционных делянках включает научный и технический анализ актуальности решения проблемы, оценку современного состояния технического обеспечения технологий скашивания зерновых культур I-II этапов работ в селекции, изучение имеющегося опыта создания технических средств механизации селекции, первичном семеноводстве сортоиспытании и сельскохозяйственных культур, опытных образцов и результатов их испытаний, определение перспективных технологических и технических решений.

Существующее многообразие в размерах опытных делянок и объем обрабатываемого уборочного материала [3], повышенные трудозатраты ввиду использования ручного труда, а также увеличение стоимости рабочей силы [6], требуют внедрения инновационного способа цифрового фенотипирования, создания более универсальных технологий и технических средств для фенотипирования, уборки и последующих технологических операций, включающих операции сушки, отбора собранной продукции и его дальнейшее хранение. В настоящее время все процессы, описанные выше, проводятся вручную, но постепенно ведутся исследования в сфере цифрового фенотипирования и уборки [1, 4], позволяющие значительно снизить ошибки при получении неконтролируемого исследования путем более точного сбора информации и ее дальнейшей обработки. Разрабатываются и создаются новые машины и робототехнические средства, которые в свою очередь повышают производительность селекционных работ, в частности для первичной селекционно-семеноводческой работы [7].

Материалы и методы. Процесс (цифрового) фенотипирования растений.

При выполнении процесса фенотипирования растений важной особенностью является необходимость учета широкого спектра различных факторов окружающей среды, в которой они произрастают, основные из них – температура, влажность, освещенность, тип почвы и др. До 50% таких вариаций может быть обусловлено именно данными факторами [1, 8].

Процесс (цифрового) фенотипирования заключается в наблюдении за произрастанием растений с помощью специальных сенсоров, установленных на раме движущейся платформы [9], или посредством удаленного мониторинга с использованием БПЛА (беспилотных летательных аппаратов) [10], возможно также применение совместных методов анализа [4], получаемых с использованием феномных технологий, массивы данных регистрируются и обрабатываются автоматически, далее при наступлении созревания растений отбираются на основе полученной информации наиболее подходящие растения, наступает период уборки.

Процесс уборки селекционного материала.

Уборка растений на разных этапах выполняется отдельно различными способами, с каждой учетной делянки при соблюдении предъявляемых агротехнических требований. Для реализации таких работ используются специальные технологии и технические сред-

ства. Важное требование при выполнении таких работ на различных этапах на делянках и сортоучастках площадью от нескольких квадратных метров до сотен гектаров – повышенное качество и точность.

При выведении новых сортов основные испытания, которые будут лучше приспособлены к производственным условиям и изменениям внешней среды, проводят в полевых условиях на высоком агротехническом фоне [5].

Основные этапы селекционной работы:

- создание исходного селекционного материала;
- закладка новых сортов, или питомник первого года селекции;
- этапы с I по IV сравнительных испытаний, соответствующие второму-пятому годам селекции;
- государственное сортоиспытание сорта [5].

Для обоснования современного технического средства рассмотрим следующие виды питомников, относящихся к начальным этапам селекции и семеноводства (цифры указаны усредненные):

- в питомниках размножения гибридных популяций (РГ) уборку производят, как правило, ножницами, с которых отбирают до 100 колосьев, а общее количество достигает до 2500 колосьев;
- первый селекционный питомник, в котором срез растений производят серпом. Убирается порядка 1000 снопов от общего количества делянок, необходимых для исследования;
- коллекционный питомник (КП), в котором производится сплошная уборка (срез производят серпом) в снопы (порядка 250 снопов по 50-60 растений в снопе);
- питомник испытания потомств (ПИП-1), в котором высевную делянку убирают в снопы (срез производят серпом), количество которых достигает до 1200 снопов, далее эти снопы высушивают и производят их обмолот;
- выставочные и апробационные снопы, в которых срез производится серпом. Подготавливают 5-6 снопов для выставки (обмолачивание снопов не производят). Апробационные – по 2 снопа с каждого поля, занятого репродукцией конкретного сорта, 500 растений перекрёстного самоопыления (рожь) или по 1500 растений самоопыляющихся (пшеница, ячмень, овёс, тритикале);
- конкурсное сортоиспытание (питомник), в котором уборку растений производят путем выдергивания вместе с корневой системой.

Вышеприведенный анализ видов питомников, используемых в селекции и семеноводстве, относящихся к первичным этапам, позволил обосновать концептуальные принципы, которые будут учитываться при разработке перспективного технического средства для процессов уборки:

- срез растений с делянок I этапа выполняют вручную. Количество убранных образцов, достигает более тысячи, так, в питомниках отбора по каждой культуре селекционеры подготавливают порядка 15-20 тыс. штук растений;
- в однорядковых делянках II этапа уборка выполняется выборочно преимущественно ручным способом. В применяемой технологии уборки данного этапа работ такой способ используется во многих селекционных учреждениях. Количество делянок доходит до несколько тысяч штук по каждой высеваемой культуре.

Из данного анализа следует, что требуется разработать техническое средство, имеющее элементы роботизации с интеллектуальной системой управления и апробировать его в технологию селекционных работ. Разрабатываемое техническое средство должно отвечать требованиям к выполнению технологической операции уборка однородных делянок на начальных этапах селекционных работ (рисунок 1), а также иметь возможность для массового и эффективного применения в цифровом фенотипировании.

Такую перспективу в механизации выполнения работ имеет продолжение в научно-исследовательских работах по доработке и возобновлению производства техники для малой механизации процессов уборки на основных технологических операциях в селекции, а также создание нового семейства машин и модернизация уже имеющихся опытных образцов с учетом достигнутого технического уровня и предлагаемых запатентованных конструк-

тивных решений полученных в процессе испытаний опытных образцов [11, 12]. Роботизированное техническое средство для скашивания и завязывания культур с селекционных делянок II этапа селекционных работ [Текст]: пат. 2767526С1 Российская Федерация: МПК А01D 37/02, А01D 37/04, А01D 34/00, G05D 3/00 / Чаплыгин М. Е., Кадыргалиев А. З., Харитонов М. П., Телишевский А. Л.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – № 2767526С1; заявл. 25.08.2021; опубл. 17.03.2022, Бюл. № 8].



Рисунок 1 – Основные предлагаемые операции процесса уборки однородных делянок
Figure 1 – The main proposed operations of the process of harvesting homogeneous plots

Научно-исследовательские работы по разработке и внедрению таких средств для первичного семеноводства, селекции и сортоиспытания проводятся специалистами лаборатории ФГБНУ ФНАЦ ВИМ непрерывно. Началом послужили исследования 1978 года, в результате которых началась разработка конструкции самоходной однорядковой жатки-сноповязалки ЦОПКБ ВИМ совместно с отделом механизации Краснодарского НИИСХ под руководством проф. Н.Н. Ульриха. Привод механизмов осуществлялся посредством бензинового двигателя «Дружба-4». Часовая производительность – до 200 метровых делянок.

Позже в 1984 году в ЦОПКБ ВИМ разработана конструкторская документация и изготовлен опытный образец машины для уборки урожая зерновых с однорядковых делянок. Со своей задачей разработанная машина справлялась, но из-за значительной массы (до 90 кг) широкого распространения в селекционных центрах не получила. Помимо массы из недостатков конструкции также можно отметить сложность конструкции, несоответствие габаритов для работы в делянках и наличие двигателя в непосредственной близости от оператора.

До начала 2010 года проводились научные исследования, направленные на теоретическое обоснование параметров и режимов работы, прорабатывались новые принципы, схемы, алгоритмы, создание опытных образцов было прекращено. Начиная с 2011 года учитывая результаты научных исследований прошедших лет в лаборатории технологий и машин для посева и уборки зерна и семян были изготовлены макетный и опытный образец машины для скашивания зерновых колосовых культур на начальных этапах селекционных работ с целью снижения затрат на выполнение технологического процесса в первичном семеноводстве. В основе конструкции была заложена идея использования электропривода рабочих органов вместо обычного двигателя. Питание электродвигателя для работы режущего аппарата осуществлялось от литий-ионного аккумулятора. Время

работы на одном аккумуляторе составляло – 60 минут. По разработанной специалистами лаборатории документации на заводе ООО МЗОК был изготовлен макетный образец с условным названием триммер ТС-0,2 и проведены испытания в полевых условиях на селекционных участках Владимирского НИИСХ г. Суздаль. Производительность составляла порядка 130-150 убранных рядков в час, на прямостоящем стеблестое – до 220 рядков. Уборка выполнялась с помощником оператора. После среза растений помощник вынимал сформировавшийся сноп из уловителя, проводил его обвязывание бечевкой, прикреплял этикетку с маркировкой и укладывал его на скошенный край делянки.

В процессе испытаний работоспособности конструкции триммера были выявлены его основные недостатки, но даже с ними пользование триммера ТС–0,2 вместо серпа и ножиц приводило к снижению в 2 раза времени уборки и облегчало труд селекционера.

Накопленный опыт и знания при исследовании конструкции и работы триммера ТС–0,2 послужили в 2017 г. основой для его дальнейшей модернизации и улучшения конструкции. Выявленные недостатки в конструкции были устранены, а также внедрены дополнительные элементы для улучшения качества работы. Технические параметры новой машины были обоснованы с учетом физико-механических, размерных и морфологических свойств и характеристик стеблестоя на момент уборки селекционных посевов, размера опытных делянок и размещения стеблей в рядке [16]. Завязывающий механизм триммера для формирования пучков убираемых культур с селекционных делянок [Текст]: пат. 2771379С1 Российская Федерация: МПК А01D 59/00, В65В 13/04 / Чаплыгин М. Е., Кадыргалиев А. З.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – № 2771379С1; заявл. 22.03.2021; опубл. 04.05.2021, Бюл. № 13].

Достигнут определенный прогресс за исследуемый период, в котором велись исследования по разработке и внедрению в производственный процесс средств малой механизации для уборки однородных делянок на ранних этапах работ в первичном семеноводстве, селекции и сортоиспытании.

Цель исследований – обосновать концептуальные положения технологии производства зерновых культур в селекции и семеноводстве для выполнения процесса фенотипирования растений и уборочных работ с помощью цифровых методов.

Проведение процесса фенотипирования и технологии уборки селекционных делянок на сегодняшний день в селекционных центрах страны выполняется преимущественно ручным способом, который является одним из основных в технологии фенотипирования и уборки. Исследования были проведены на опытных посевах озимой пшеницы в реальных условиях второго этапа селекции. Уборочные работы делянок осуществлялись вручную и машинным способом. На опытах было задействовано порядка 300 единиц делянок. Модернизированная машина с условным названием триммер селекционный ТС–0,2М [Косилка однорядковая для уборки зерновых культур с селекционных делянок I-II этапа селекционных работ: [Текст]: пат. 2690355С1 Российская Федерация: МПК А01D 34/08 / Подзоров А. В., Крюковская Н. С.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – № 2690355С1; заявл. 25.07.2018; опубл. 31.05.2019, Бюл. № 16] предназначена для срезания растений из рядков делянок и формировании снопов, а также снижения доли ручного труда и физических нагрузок на оператора. Опытный образец разработанной машины проходил приемочные испытания в ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» г. Суздаль, Владимирской области согласно разработанной и утвержденной программе и методики полевых испытаний триммера на скашивании различных культур в опытных селекционных делянках.

Результаты и обсуждение. Разработка и внедрение современного технического средства, выполняющего одновременно скашивание зерновых колосовых культур, формирование снопа, его обвязывание и укладку на скошенный край введется с целью кратного снижения затрат на выполнение технологического процесса уборки однорядковых делянок. При разработке машин для выполнения процессов фенотипирования и уборки предъявляются также агротехнические требования на данные технологические операции. Исходя из этого была разработана конструктивно-компоновочная схема триммера, утвержден концепт 3D модели и проработана конструкторская документация для изготовления макетного образца. В период начала 2011 года по 2020 год., с учетом имеюще-

гося накопленного опыта исследования в лаборатории ФГБНУ ФНАЦ ВИМ проведены работы по модернизации разработанных образцов триммеров (Роботизированное техническое средство для скашивания и завязывания культур с селекционных делянок II этапа селекционных работ [Текст]: пат. 2767526С1 Российская Федерация: МПК А01D 37/02, А01D 37/04, А01D 34/00, G05D 3/00 / Чаплыгин М. Е., Кадыргалиев А. З., Харитонов М. П., Телишевский А. Л.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – № 2767526С1; заявл. 25.08.2021; опубл. 17.03.2022, Бюл. № 8) с учетом выявленных при проведении лабораторно-полевых испытаний недостатков в конструкции машины для выполнения качественного скашивания культур. Учитывая недостатки в конструкции предыдущих прототипах, разработаны и изготовлены, а также апробированы на полях селекционных центров, в том числе и полях ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» и в филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ «Институте семеноводства и агротехнологий» прототипы семейства селекционных триммеров под маркой ТС (рисунок 2).

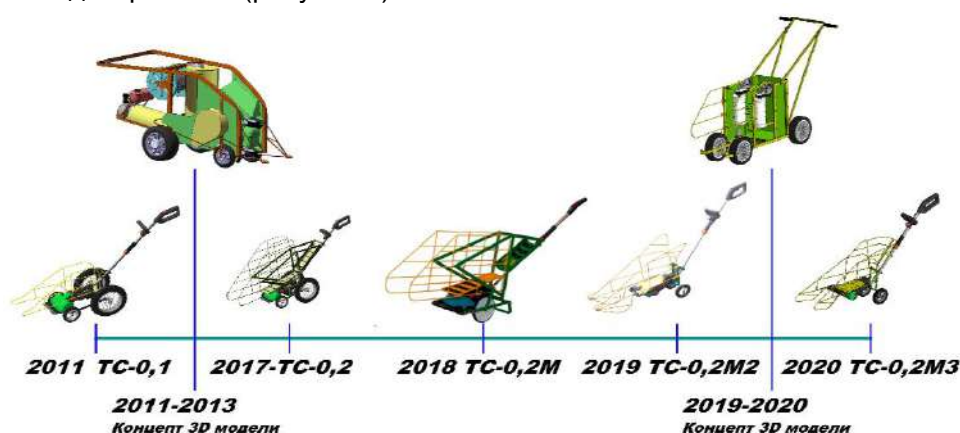


Рисунок 2 – Этапы модернизации элементов конструкции семейства триммеров ТС
Figure 2 – Stages of modernization of vehicle trimmer family design elements

В процессе проведения лабораторно-полевых испытаний прототипов семейства триммеров были выявлены следующие недостатки в конструкции и в выполнении технологического процесса уборки:

- точный отбор селекционного материала (анализ делянок не только за счет профессионального опыта селекционера);
- неспособность представленных разработок обеспечить уборку делянок, находящихся в смежных и отдаленных участках;
- сопротивление движению машины в рядке оказывали находящиеся на его пути комья земли размером более 5 сантиметров, что требовало от оператора менять траекторию движения или приподнимать его и приводило к нарушению выполнения технологического процесса скашивания культур;
- высота делителя при уборке растительной массы не обеспечивала на убираемых делянках процесс скашивания растений, имеющих полегание стеблей, так как требовалась предварительная подготовка рядков;
- отсутствие процесса завязывания сформированной массы;
- увеличение потерь селекционных семян при скашивании из-за вибрационных нагрузок при формировании пучка;
- снижение производительности из-за больших затрат времени на остановку, сбор сформированного пучка и его завязывание (большие потери времени при выполнении процесса работы триммера);
- емкости стандартного аккумулятора 1,6 А·ч для бесперебойной работы в течение дня было недостаточно;
- непостоянная скорость движения и длительные простои при эксплуатации данных разработок посредством ручного привода.

В разрабатываемую конструкцию для качественного выполнения технологического процесса скашивания колосовых культур дополнительно были включены элементы, позволяющие выполнять операции скашивания, формирования и завязывания снопов и сбрасывания их на скошенный край делянки. Технические параметры рабочих органов семейства триммеров научно обоснованы с учетом размещения стеблей в рядке, физико-механических, размерных и морфологических свойств стеблестоя селекционных посевов [6], а габаритные размеры должны вписываться в размеры селекционных делянок и участков.

Анализ этапов модернизации элементов конструкции семейства триммеров ТС (рисунк 2) показывает, что их дальнейшая модернизация в направлении обозначенных концептуальных положений требует детального научного и технического решения и приводит к необходимости изыскивать новые пути технических решений, направленных на повышение качества технологии скашивания растений колосовых культур, в которых предусмотрен переход на современные технические решения и цифровые технологии.

Рассмотренные в предлагаемых положениях принципы требуют дополнения виде внедрения в проектируемые технические средства элементов цифровых технологий с применением БПЛА и нейронным вычислением [9, 15, 17], анализа фенотипирования и технических решений механизмов привода, режущего и вязального аппаратов и беспилотного управления, считаем, что данное перспективное направление найдет свое отражение в последующих разрабатываемых конструкциях.

После изучения и сопоставления вышеприведённых характеристик назначения, параметров, технологических и технических особенностей разрабатываемого семейства селекционных триммеров были сформулированы новые направления в решении научно-технической задачи создания модульной роботизированной платформы [16, 17] с дополнением в виде измерительного и режущего модуля, предназначенного для цифрового фенотипирования растения и последующей уборки однородных делянок на первом и втором этапах селекционных работ.

Предлагаемая концепция создания перспективной малогабаритной селекционной техники основана на требованиях селекционеров при возделывании колосовых культур на однородных селекционных делянках начальных этапов, которые известны и достаточно широко апробированы, а также ряде новых научных подходов и принципов, обусловленных предъявляемыми современными требованиями к конструктивно-техническим решениям на данном этапе научно-технического прогресса в области создания перспективной малогабаритной техники для уборки в селекции.

В основу такой концепции, с учётом недостатков в конструкции предыдущих разработанных прототипов, положена технология реализации процессов фенотипирования растений и уборки колосовых культур на делянках с одновременным формированием и завязыванием снопов срезаемых растений, и их сбрасыванием на скошенный край участка осуществляемая техническим средством, в основе которого положена идея цифровых методов реализации.



Рисунок 3 – Технологический цикл работы роботизированного триммера
Figure 3 – Robotic trimmer process cycle

Особенность предлагаемой технологии – это вновь разрабатываемое техническое средство (рисунок 3) с полным исключением ручного труда (беспилотное управление, анализ цифрового фенотипирования растений необходимых для срезания, прошедших отбор) и ориентация ее на предлагаемый технологический цикл работы.

Проектируемое техническое средство для уборки селекционных делянок на начальных этапах будет строиться на современном программно-аппаратном средстве, имеющемся на рынке. Предполагается, что рабочие органы и ходовая часть будут оснащены электроприводом и беспилотным управлением.

Выводы. Предлагаемая технология уборки однородных селекционных делянок проектируемым роботизированным техническим средством включает следующие технологические операции:

- цифровое фенотипирование убираемых растений;
- построение карт-заданий с координатами растений-делянок, которые следует убрать предлагаемым техническим средством;
- автоматическая фиксация координат расположения роботизированного технического средства на селекционном участке и передача их в центр управления (CPU) с использованием оборудования для навигации системы типа ГЛОНАСС или GPS;
- скашивание растений с формированием в пучки диаметром от 50 до 80 мм и сбрасывание их на скошенный край участка;
- подбор и транспортировка завязанных пучков в проектируемую роботизированную платформу модульного типа;
- сушка и обработка завязанных пучков для выделения семенного материала;
- отбор нужных нам растений с помощью оборудования использующего нейросети;
- хранение семенного материала в сушильных контейнерах.

Реализация предложенных концептуальных положений позволит перейти на совершенно другой этап создания новых технических средств с использованием цифровых технологий и методов, предназначенных для процессов фенотипирования и уборки селекционных делянок на начальных этапах, поможет сократить затраты труда на уборке этих делянок, реализовать методологические и технические основы создания интеллектуальных технических средств, в том числе роботизированных, позволяющих реализовать заложенный в проектируемые машины технологический потенциал и максимально исключить влияние человека на процесс их работы, который на сегодняшний день практически не используется, что влечет за собой большие затраты ресурсов, как энергетических, так и материально-технических. Необходимо более тесное обеспечение взаимосвязи между конструкторскими изысканиями и конечными расчетами конструкций для усиления обратной связи еще на начальных этапах проектирования машин такого назначения.

Conclusions. The proposed technology of cleaning of homogeneous selection plots by the projected robotic technical means includes the following technological operations:

- digital phenotyping of harvested plants;
- Construction of task maps with coordinates of fission plants, which should be removed by the proposed technical means;
- automatic fixation of the coordinates of the location of the robotic technical means at the breeding site and transfer them to the control center (CPU) using equipment for the navigation of a GLONASS or GPS system;
- mowing of plants with the formation of bundles with a diameter of 50 to 80 mm and dumping them on the beveled edge of the site;
- selection and transportation of tied bundles in the designed robotic platform of modular type;
- drying and processing of tied bundles for the release of seed material;
- selection of the plants we need using equipment using neural networks;
- Semen storage in drying containers.

The implementation of the proposed conceptual provisions will allow us to move to a completely different stage in the creation of new technical means using digital technologies and methods designed for the processes of phenotyping and harvesting of selection plots in the initial stages, This will help reduce the cost of cleaning these areas.., implement methodological and technical foundations for the creation of intelligent technical means, including robotic, allowing to realize the technological potential inherent in the designed machines and to eliminate the human influence on the process

of their work as much as possible, Which is hardly used today, It costs a lot of resources as energy..., As well as logistical. It is necessary to ensure a closer relationship between design studies and final calculations of structures, to strengthen feedback even in the initial stages of designing machines for such purposes.

Библиографический список

1. Würschum T. Modern field phenotyping opens new avenues for selection. Applications of Genetic and Genomic Research in Cereals. Woodhead Publishing, 2019. Pp. 233-250.
2. Yang W., et al. Crop phenomics and high-throughput phenotyping: past decades, current challenges, and future perspectives. Molecular Plant. 2020. V. 13. № 2. Pp. 187-214.
3. Tracy S. R., et al. Crop improvement from phenotyping roots: highlights reveal expanding opportunities. Trends in plant science. 2020. V. 25. №. 1. Pp. 105-118.
4. Uryasheva A., et al. Computer vision-based platform for apple leaves segmentation in field conditions to support digital phenotyping. Computers and Electronics in Agriculture. 2022. V. 201. Pp. 107-269.
5. Давыдова С. А., Чеплыгин М. Е., Попов Р. А. Машины и оборудования для селекции, семеноводства, возделывания и уборки технических культур. Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 1 (34). С. 54-63.
6. Nayak P., et al. Application of statistical tools for data analysis and interpretation in rice plant pathology. Rice Science. 2018. V. 25. №. 1. Pp. 1-18.
7. Pérez-Ruiz M., et al. Development and evaluation of a self-propelled electric platform for high-throughput field phenotyping in wheat breeding trials. Computers and electronics in agriculture. 2020. T. 169. P. 105237.
8. Al-Megren S., Kurdi H., Aldaood M. F. A multi-UAV task allocation algorithm combatting red palm weevil infestation. Procedia Computer Science. 2018. V. 141. Pp. 88-95.
9. Grimstad L., From P. J. The Thorvald II Agricultural Robotic System. Article in Robotics 2017.
10. Fu X., Jiang D. High-throughput phenotyping: the latest research tool for sustainable crop production under global climate change scenarios. Sustainable Crop Productivity and Quality Under Climate Change. Academic Press, 2022. Pp. 313-381.
11. Korres N. E., et al. New directions for integrated weed management: Modern technologies, tools and knowledge discovery. Advances in Agronomy. 2019. V. 155. Pp. 243-319.
12. Podzorov A. V., et al. Machines and Equipment for Sowing Grain Crops on Plots of the I and II Stages of Selection Work. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2022. V. 988. № 3. P. 032021.
13. Celik Y., Baësaran E., Dilay Y. Identification of durum wheat grains by using hybrid convolution neural network and deep features. SIViP. 2022.
14. Xu R. A modular agricultural robotic system (MARS) for precision farming: Concept and Implementation. Journal of Field Robotics. 2022.
15. Поздняков Б. А. Актуальные направления совершенствования системы машин для уборки льна-долгунца. Техника и оборудование для села. 2019. № 8 (266). С. 2-6.
16. Xu Y., et al. Smart breeding driven by big data, artificial intelligence, and integrated genomic-environmental prediction. Molecular Plant. 2022. V. 15. № 11. Pp. 1664-1695.
17. Podzorov A. V., Khamuev V. G., Chaplygin M. E., Podzorova M. V. Features of mechanization of harvesting of grain crops from plots of the I and II stage of selection works. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference "Earth Science", ISTC Earth Science. 2022. Chapter 2. P. 032035.

References

1. Würschum T. Modern field phenotyping opens new avenues for selection. Applications of Genetic and Genomic Research in Cereals. Woodhead Publishing, 2019. Pp. 233-250.
2. Yang W., et al. Crop phenomics and high-throughput phenotyping: past decades, current challenges, and future perspectives. Molecular Plant. 2020. V. 13. № 2. Pp. 187-214.
3. Tracy S. R., et al. Crop improvement from phenotyping roots: highlights reveal expanding opportunities. Trends in plant science. 2020. V. 25. №. 1. Pp. 105-118.
4. Uryasheva A., et al. Computer vision-based platform for apple leaves segmentation in field conditions to support digital phenotyping. Computers and Electronics in Agriculture. 2022. V. 201. Pp. 107-269.
5. Davydova S. A., Cheplygin M. E., Popov R. A. Machines and Equipment for Breeding, Seed Production, Cultivation and Harvesting of Industrial Crops. Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region. 2021. № 1 (34). Pp. 54-63.
6. Nayak P., et al. Application of statistical tools for data analysis and interpretation in rice plant pathology. Rice Science. 2018. V. 25. №. 1. Pp. 1-18.
7. Pérez-Ruiz M., et al. Development and evaluation of a self-propelled electric platform for high-throughput field phenotyping in wheat breeding trials. Computers and electronics in agriculture. 2020. T. 169. P. 105237.
8. Al-Megren S., Kurdi H., Aldaood M. F. A multi-UAV task allocation algorithm combatting red palm weevil infestation. Procedia Computer Science. 2018. V. 141. Pp. 88-95.
9. Grimstad L., From P. J. The Thorvald II Agricultural Robotic System. Article in Robotics 2017.
10. Fu X., Jiang D. High-throughput phenotyping: the latest research tool for sustainable crop production under global climate change scenarios. Sustainable Crop Productivity and Quality Under Climate Change. Academic Press, 2022. Pp. 313-381.
11. Korres N. E., et al. New directions for integrated weed management: Modern technologies, tools and knowledge discovery. Advances in Agronomy. 2019. V. 155. Pp. 243-319.

12. Podzorov A. V., et al. Machines and Equipment for Sowing Grain Crops on Plots of the I and II Stages of Selection Work. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2022. V. 988. № 3. P. 032021.
13. Celik Y., Baësaran E., Dilay Y. Identification of durum wheat grains by using hybrid convolution neural network and deep features. SIViP. 2022.
14. Xu R. A modular agricultural robotic system (MARS) for precision farming: Concept and Implementation. Journal of Field Robotics. 2022.
15. Pozdnyakov B. A. Actual Directions of Improving the System of Machines for Harvesting Fiber Flax. Machinery and equipment for the village. 2019. № 8 (266). Pp. 2-6.
16. Xu Y., et al. Smart breeding driven by big data, artificial intelligence, and integrated genomic-environmental prediction. Molecular Plant. 2022. V. 15. № 11. Pp. 1664-1695.
17. Podzorov A. V., Khamuev V. G., Chaplygin M. E., Podzorova M. V. Features of mechanization of harvesting of grain crops from plots of the I and II stage of selection works. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference "Earth Science", ISTC Earth Science. 2022. Chapter 2. P. 032035.

Информация об авторах

Чаплыгин Михаил Евгеньевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией «Технологии и машины для посева и уборки зерна и семян в селекции и семеноводстве» Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0031-6868>, e-mail: misha2728@yandex.ru

Беспалова Ольга Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры экспертизы, эксплуатации и управления недвижимостью Астраханский государственный архитектурно-строительный университет (Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 18), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9688-7974>, e-mail: bespalovaon@mail.ru

Кадыргалиев Акбел Зинетуллович, аспирант лаборатории «Технологии и машины для посева и уборки зерна и семян в селекции и семеноводстве», Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5), e-mail: aklbek@inbox.ru

Author's Information

Chaplygin Mikhail Evgenievich, leading researcher, Candidate of Engineering Sciences, Head of the laboratory "Technologies and machines for sowing and harvesting grain and seeds in selection and seed production " Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutskiy proezd, 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0031-6868>, e-mail: misha2728@yandex.ru

Bespalova Olga Nikolaevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Expertise, Operation and Management of Real Estate Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishcheva St., 18), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9688-7974>, e-mail: bespalovaon@mail.ru

Kadyrgaliev Akbel Zinetullaevich, Graduate student of the laboratory "Technologies and machines for sowing and harvesting grain and seeds in selection and seed production ", Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutskiy proezd, 5), e-mail: aklbek@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-45

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE DEFINITION RESIDUAL ENERGY IN THE PRESSURE LINE OF THE PUMPING STATION AS A RESULT OF A CHANGE IN LOCATION THE CONSUMER

¹Trushev V. V., ²Mazanov R. R., ¹Urzhumova Y. S., ¹Tarasyants S. A.

¹*Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov – the branch of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University»*
Novocherkassk, Russian Federation

²*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov»*
Makhachkala, Russian Federation

Corresponding author E-mail: urzhumovay@mail.ru

Received 15.05.2024

Submitted 20.06.2024

Summary

The article presents studies to establish the process of interaction of increased energy in the suction pipeline using a jet device with the amount of reduced energy in the pressure pipeline due to a change in the location of the consumer.

Abstract

Introduction. The energy consumed by the drive motors of pumping equipment depends mainly on the hydraulic parameters of the suction and pressure lines, which change during operation. The main influence is exerted by the location of the consumer, on which both the pressure and the supply of the pressure line depend, but the main negative factor influencing the change in location is the change in the hydraulic parameters of the suction line, on which the geometric suction height depends, the cavitation reserve, the lack of which leads to a decrease in the efficiency of the equipment and a complete shutdown of the pumping

station. The main research issue is the process of interaction of increased energy in the suction pipeline with the use of additional equipment – a jet device, with the value of a reduced energy value in the pressure pipeline due to a change in the location of the consumer. **Object.** The object of the study is the pipelines of the pumping station "Mezhdurechye Kuban-Egorlyk" "Management of Stavropol agricultural enterprise". **Materials and methods.** Experimental studies were conducted using the methods of the theory of planning an experiment with factors: $V_c (x_1)$ is the speed in the suction line; $V_0 (x_2)$ is the velocity in the nozzle; $ph (x_3)$ is the potential energy in the pressure pipeline at a distance of 1250 m from the building. The pressure of the Ng.pr. jet apparatus is accepted as a criterion. When conducting 2 groups of experiments, the first is to calculate the influence of factors on the pressure of Ng. pr, the second is to calculate the value of the suction height of the hydromechanical equipment. **Results and conclusions:** at pressures from 106.8 to 126.5 m, feeds from 0.40 to 0.20 m³/s, the power drops from 669.0 to 540.5 kW, respectively, the energy ranges from 1.7 to 5.7 m, the value of the energy reduction value from 70.2 to 28.0 kW. **Conclusions.** Experimental studies have determined the parameters of pumping equipment: 1. Power drop from 669.1 to 540.5 kW for increased head from 106.8 to 126.5 m, reduced flow from 0.46 to 0.28 m³/s and efficiency from 0.72 to 0.68, while the value of total energy in the suction is increased from 1.75 to 5.7 m. 2. Unused, residual energy between the sampling points varies in head value up to 19.0 m and supply 0.15 m³/s. 3. The calculated value of the increase in suction height ranges from 10.2-17.9 m. 4. The reduced value of the energy consumed is up to 70.2 kW with a decrease in the supply from 0.4 to 0.28 m³/s.

Keywords: blasting devices, pressure pipelines, residual energy, pumping stations.

Citation. Trushev V. V., Mazanov R. R., Urzhumova Y. S., Tarasyants S. A. Experimental studies of the determination of residual energy in the pressure pipeline of a pumping station as a result of a change in the location of the consumer. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 429-440 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-45.

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

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

УДК 621.65

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ ЭНЕРГИИ В НАПОРНОМ ТРУБОПРОВОДЕ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ В СЛЕДСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ

¹Трушев В. В., аспирант

²Мазанов Р. Р., кандидат технических наук, доцент

¹Уржумова Ю. С., кандидат технических наук, доцент

¹Тарасьянц С. А., доктор технических наук, профессор

¹Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова –
филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»

г. Новочеркасск, Российская Федерация

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова»

г. Махачкала, Российская Федерация

Актуальность. Энергия, потребляемая приводными двигателями насосного оборудования, зависит в основном от гидравлических параметров всасывающих и напорных линий, изменяющихся в процессе эксплуатации. Основное влияние оказывает местоположение потребителя, от которого зависит как напор, так и подача напорной линии, но основным негативным фактором влияния изменения местоположения является изменение гидравлических параметров всасывающей линии, от которых зависит геометрическая высота всасывания, кавитационный запас, недостаток которого приводит к уменьшению КПД оборудования и полной остановке насосной станции. В качестве основного вопроса исследований принят процесс взаимодействия увеличенной энергии во всасывающем трубопроводе с применением дополнительного оборудования – струйного аппарата, с величиной уменьшенного значения энергии в напорном трубопроводе вследствие изменения местоположения потребителя. **Объект.** Объектом исследования являются трубопроводы насосной станции «Междуречье Кубань-Егорлык» «Управление «Ставропольмелиоводхоз». **Материалы и методы.** Экспериментальные исследования проводятся по методам теории планирования эксперимента с факторами: $V_{вс} (x_1)$ – скорость во всасывающем трубопроводе; $V_0 (x_2)$ – скорость в сопле; $p_n (x_3)$ – потенциальная энергия в напорном трубопроводе на расстоянии 1250 м от здания. В качестве критерия принят напор $H_{г.пр.}$ струйного аппарата. При проведении 2^х групп опытов – первый для расчёта влияния факторов на напор $H_{г.пр.}$, второй для вычисления величины высоты всасывания гидромеха-

нического оборудования. **Результаты:** при напорах от 106,8 до 126,5 м, подачах от 0,40 до 0,20 м³/с, мощность соответственно падает от 669,0 до 540,5 кВт, энергия колеблется от 1,7 до 5,7 м, значение величины уменьшения энергии от 70,2 до 28,0 кВт. **Выводы:** проведенными экспериментальными исследованиями определены параметры насосного оборудования:

1. Падение мощности от 669,1 до 540,5 кВт для увеличенного напора от 106,8 до 126,5 м, уменьшенной подаче от 0,46 до 0,28 м³/с и КПД от 0,72 до 0,68, при этом значение полной энергии во всасе увеличена от 1,75 до 5,7 м.
2. Неиспользованная, остаточная энергия между точками отбора колеблется по значению напора до 19,0 м и подаче 0,15 м³/с.
3. Расчётное значение увеличения высоты всасывания колеблется в пределах 10,2-17,9 м.
4. Уменьшаемое значение потребляемой энергии составляет до 70,2 кВт при уменьшении подач от 0,4 до 0,28 м³/с.

Ключевые слова: струйные аппараты, напорные трубопроводы, остаточная энергия, насосные станции.

Цитирование. Трушев В. В., Мазанов Р. Р., Уржумова Ю. С., Тарасьянц С. А. Экспериментальные исследования определения остаточной энергии в напорном трубопроводе насосной станции вследствие изменения местоположения потребителя. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 429-440. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-45.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Исследования проведены на насосной станции Изобильненского филиала «Управление Ставропольмелиоводхоз» (рисунки 1, 2) с целью определения в напорном трубопроводе остаточной энергии при изменении местоположения потребителя и возможности её энергетического влияния на энергию во всасывающем трубопроводе [1, 2].

В задачи исследований входило:

- определение манометрического напора и подачи в напорном трубопроводе насосной станции;
- определение величины отрицательной линии;
- вычисление значений напорной и всасывающей слагаемых в зависимости от вычисленного напора напорной линии;
- вычисление взаимодействующих гидравлических элементов и степень влияния результата на энергетические параметры гидромеханического оборудования.



Рисунок 1 – Насосная станция
«Междуречье Кубань-Егорлык»

(Общий вид) Фото Трушева В. В.

Figure 1 – Pumping station "The Kuban-Egorlyk interfluve". (General view) Photo by Trushev V.V



Рисунок 2 – Машинный зал. Общий вид
Figure 2 – The machine room. General view

Напорный трубопровод струйного аппарата [3], (рисунки 3, 4) вводился во всасывающие трубопроводы насосных агрегатов по схеме (рисунки 5, 6).

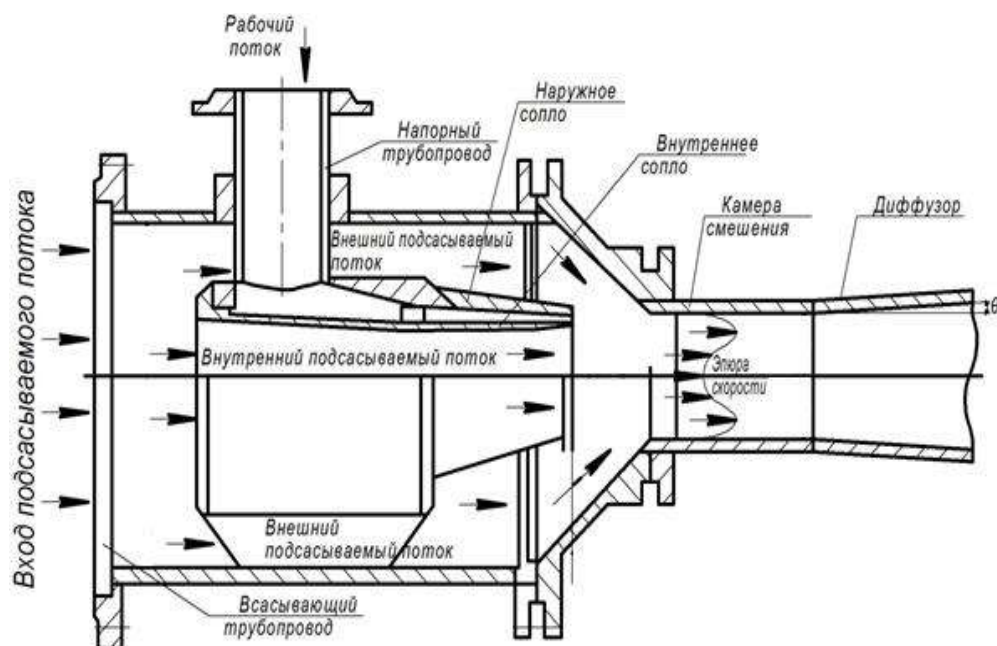
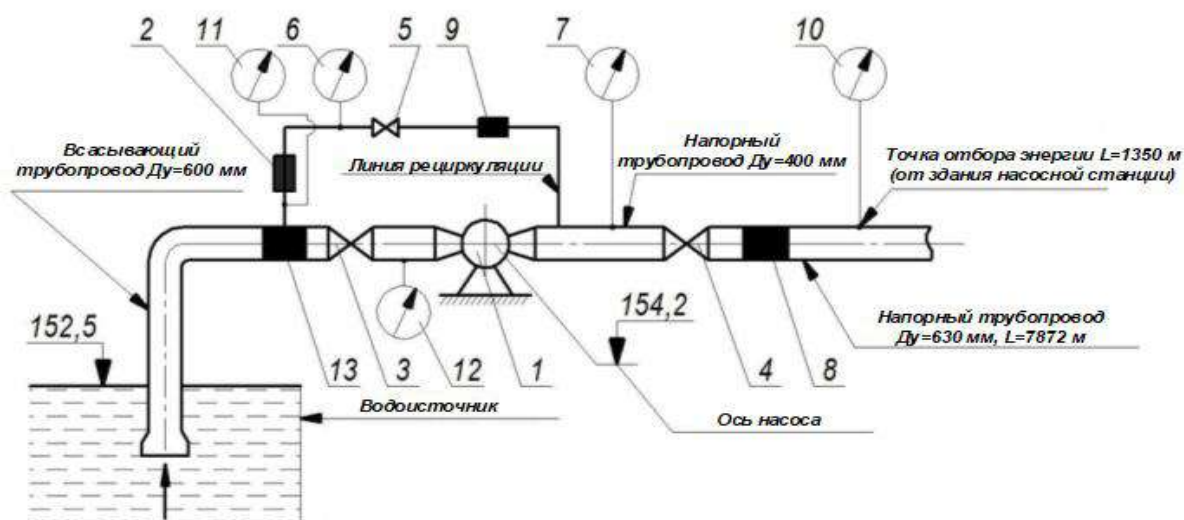


Рисунок 3 – Схема кольцевого струйного аппарата
Figure 3 – Diagram of the annular jet machine



Рисунок 4 – Кольцевой двухповерхностный струйный аппарат. Общий вид
Figure 4 – An annular two-surface inkjet device. The general view



- 1 – центробежный насос; 2 – струйный аппарат; 3, 4, 5 – задвижки;
6, 7, 8, 9, 12, 13 – измерительная аппаратура; 10, 11 – манометры
1 – centrifugal pump; 2 – jet device; 3, 4, 5 – gate valves; 6, 7, 8, 9, 12, 13 – measuring equipment;
10, 11 – pressure gauges

Рисунок 5 – Схема установки измерительной аппаратуры при исследованиях
Figure 5 – Diagram of the installation of measuring equipment during research

Материалы и методы. Для вычисления гидравлических параметров использовалось стандартное оборудование [4, 5, 6].

- Подача Q_{BC} и Q_H определялась расходомерами 8, 13 (рисунки 5, 7);
- Вакуум измерялся вакуумметром 12 $H_{\text{вак}}$ (рисунки 5, 8), напор – манометром 7 (рисунки 5, 9);



Рисунок 6 – Ввод напорного трубопровода струйного аппарата во всасывающие трубопроводы насосных агрегатов (Общий вид)
Figure 6 – Insertion of the pressure line of the jet apparatus into the suction pipelines of pumping units (General view)

- напор рассчитывался по зависимости $H_{н.с.} = \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1$, ($\mathcal{E}_2$ – энергия в напорном трубопроводе, $\mathcal{E}_1$ – энергия во всасывающем трубопроводе);
- напор измерялся манометром 10 (рисунок 10);
- расход агрегата Q_H по характеристике насоса;
- мощность агрегата вследствие изменения напора.

Кроме того, рассчитывается разность энергии до увеличения высоты всасывания и после вследствие включения струйного аппарата.

Все измеряемые и расчетные параметры показаны в таблицах 1, 2.



Рисунок 7 – Измерение расхода в напорном трубопроводе
Figure 7 – Flow measurement in the pressure line



Рисунок 8 – Мановакуумметр на всасывающем трубопроводе
Figure 8 – Manovacuummeter on the suction line



Рисунок 9 – Манометр на распределительном трубопроводе. Фото В. В. Трушева
Figure 9 – Pressure gauge on the distribution pipeline. Photo by V. V. Trushev



Рисунок 10 – Манометр в колодце на расстоянии 1250 м от здания
Figure 10 – Pressure gauge in a well at a distance of 1250 m from the building

Таблица 1 – Измеряемые и расчётные параметры напорного трубопровода
Table 1 – Measured and calculated parameters of the pressure pipeline

№ п/п	Белизна вакуума (при горизонте в водоисточнике 152,5 м / Vacuum value (at a horizon in a water source of 152.5 m	Подача, м³/с / Flow, m³/s	Скорость V_{ec} м/с при $D_{ec,mp} = 0,515$ м $\omega_{ec} = 0,208$ м² / Vs velocity V/s at Dw.tr = 0.515 m w Ves = 0.208 m²	Скоростной напор, м $V_{ec}^2/2g$ / Velocity head, m $V_{ec}^2/2g$	Полная энергия Δz_1 / Total Energy Δz_1	Потенциальная энергия $\frac{g p_0}{\rho}$ / Potential energy p _н /(gp _н), m	Расходнасоса, Q_H м³/с / Pump flow, QH m³/s	Скорость V_H м/с при $\omega_H m p. = 0,13$ м² / Velocity V_H , m/s at $\omega_H tr. =$ 0.13 m²	Полная энергия Δz_2 / Total Energy Δz_2	Напорнасоса $H_{H,a.} = \Delta z_2 - \Delta z_1$, m	КПД η , в % / Efficiency η , %	Мощность агрегата $N_H = 9,8 Q_H H_{H,a.}$ η кВт / Unit power NH = 9.8QH*Hn.a. η kW
1	2,0	0,40	2,21	0,25	1,75	108,0	0,40	3,53	108,63	106,88	72	669,18
2	3,0	0,38	1,82	0,17	2,83	112,0	0,38	2,92	112,43	104,6	74	551,55
3	4,0	0,36	1,73	0,15	3,85	125,0	0,36	2,76	125,38	121,53	78	549,68
4	5,0	0,32	1,53	0,12	4,88	130,0	0,32	2,46	130,30	125,42	70	540,88
5	5,8	0,28	1,34	0,04	5,71	132,0	0,28	2,15	132,23	126,52	68	540,54

Таблица 2 – Расчётные параметры в точке отбора 1250 м (падение напора при значении $\lambda=0,01$ и составляет $\Delta h = S_1 \cdot Q^2 - \frac{\lambda L_1}{D_1 \cdot 2 g w^2} = \frac{0,01 \cdot 6422}{0,515 \cdot 19,62 \cdot 0,208^2}$
 $Q^2 = 146,9 Q^2$, при $Q=0,36$ м³/с; $\Delta h=19,03$ м)

Table 2 – Calculated parameters at the sampling point of 1250 m. (Pressure drop at a value of $\lambda = 0.01$ and it makes up $\Delta h = S_1 \cdot Q^2 - \frac{\lambda L_1}{D_1 \cdot 2 g w^2} = \frac{0,01 \cdot 6422}{0,515 \cdot 19,62 \cdot 0,208^2}$
 $Q^2 = 146,9 Q^2$, при $Q=0,36$ м³/с; $\Delta h=19,03$ м)

№ п/п	Расход, Q_H м³/с / Flow rate, QH m³/s	Скорость V_{ec} м/с, при $\omega_{ec} = 0,208$ м² / Vavity Vvs, m/s, at $\omega_{bc} = 0,208$ м²	Скоростной напор, м / Velocity head, m	Полная энергия Δz_1 , м / Total energy E_1 , m	Расход в точке отбора Q_H , м³/с / Flow rate at point from boron QH, m³/s	Потенциальная энергия / Potential Energy	Скоростной напор, м / High-speed up, m	Энергия, Δz_2 , м / Energy, E2, m	Напор насоса $H_{H,a.} = \Delta z_2 - \Delta z_1$ м / Pump head Nn.a. = E2-E1 m	КПД, % / Efficiency η , %	Потребляемая мощность, кВт $N_n = \frac{9,8 Q_H H_{H,a.}}{\eta}$ / Power consumption, kW $N_n = (9,8 Q_H H_{H,a.}) / \eta$
1	2,0	2,35	0,28	1,72	0,49	81,2	0,81	82,01	80,28	0,65	593,08
2	3,0	2,30	0,26	2,74	0,48	92,0	0,81	92,81	90,06	0,70	605,2
3	4,0	2,25	0,25	3,75	0,47	105,0	0,66	105,66	101,91	0,72	651,87
4	5,0	2,11	0,22	4,78	0,44	110,0	0,88	110,58	105,8	0,75	608,27
5	5,8	2,06	0,21	5,59	0,43	112,0	0,26	112,26	106,67	0,76	591,45

При основании анализа таблиц 1,2 при сравнении величин затраченной мощности видно неизменное количество уменьшения напора на 20 м с одновременной увеличенной подачей на 0,15 м³/с, данный факт способствует возможности использования остатка подачи 0,15 м³/с и напора 20 м для подачи во всасывающий трубопровод [7, 8]. Величина энергии, потребляемой насосным оборудованием, зависит от гидравлических параметров, (подачи, напора и КПД). Напор, рассчитывается по разности энергии в трубопроводах Э₂ и Э₁. Величина энергии Э₁ зависит от факторов – вакуумметрической высоты всасывания Н_{вак доп}, потерь напора во всасе, отметок водоисточника и насоса. Указанные величины изменяются при установке в трубопроводах устройств, повышающих величину энергии – струйных аппаратов.

$$\mathcal{E}_1 = \frac{P_1}{g\rho_1} + \frac{V_1^2}{2g} \quad (1)$$

– энергия, до установки аппарата, где P_1 и $\frac{V_1^2}{2g}$ – давление (вакуум) во всасывающем трубопроводе и кинетическая энергия. При установке струйного аппарата полная энергия увеличивается до значения Э₁'

$$\mathcal{E}_1' = \frac{P_1}{g\rho} + H_{г.пр} + \frac{Q_o L_o + Q_{вх}}{\omega_{вс.тр} * 2g} \quad (2)$$

где Н_{г.пр} – давление, определяемое по зависимости:

$$H_{г.пр} = \frac{2}{m} \left(\frac{L_o}{m} \right)^2 \frac{1}{1 + \zeta_{вх}} - \frac{(1 + L_o)^2}{m} + (1 + \zeta_{вх}) \rho_o \quad (3)$$

α_o – коэффициент эжекции, $Q_{вх}$ – подсосываемый расход, Q_o – рабочий расход, $m = 5,0$, геометрическая характеристика (отношение площади смесителя к площади сопла); L_o – длина трубопровода в точке отбора; $\zeta_{вх} = 0,06$ – коэффициент сопротивления входа.

Определение значения потребляемой энергии аппаратом, проводилось по схеме (рисунок 5) [9,10].

Экспериментальные исследования проведены по методам теории планирования эксперимента (Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. – Москва: Статистика, 1974. – 192 с.) с факторами $V_{вс}$ (x_1) – скорость потока во всасывающем трубопроводе, регулировалась задвижкой 3 (рисунок 5) и вычислялась по зависимости:

$$V_{вс} = Q_{вс} / w_{вс} \quad (4)$$

$Q_{вс}$ – подача; $w_{вс}$ – площадь поперечного сечения всасывающего трубопровода, 0,20 м², V_o (x_2) – скорость в сопле, вычислялась по зависимости:

$$V_o = \varphi \sqrt{2gH_{н.гр}} \quad (5)$$

φ – коэффициент скорости, 0,8; $H_{н.гр.}$ – напор рабочего потока, p_n (x_3) – потенциальная энергия в напорном трубопроводе на расстоянии 1250 м от здания (рисунок 5).

Критерием принят напор $H_{н.гр.}$. При проведении двух групп опытов – первой для расчета влияния факторов на напор $H_{н.гр.}$, второй – для вычисления величины высоты всасывания. Факторы по первой группе приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Факторы по первой группе
Table 3 – Factors for the first group

Факторы / Factors	Код / code	Интервалы / Intervals	Уровень / level		
			Основной «0» / principal	Нижний «-» / lower	Верхний «+» / upper
$V_{вс}$, м/с	X_1	1,0	3,0	2,0	4,0
V_o , м/с	X_2	5,0	15	10	20
P_n , м	X_3	5	90	60	120

Матрица и результаты опытов показаны в таблице 4.

Таблица 4 – Матрица и результаты опытов
Table 4 – Matrix and results of experiments

№ опыта / Experience Number	Скорость по- тока в трубо- проводе, X1 (V _{bc}) / Flow rate in the pipe- line, X1 (V _{bc})	Скорость потока в сопле, X2 (V _o) / Nozzle flow rate, X2 (V _o)	Давление, X3, Рн/гр / Pressure, X3, Ph/gr	Значения факторов, м / Values of factors, m			
				X ₁ (V _{bc}), м/с	X ₂ (V _o), м/с	X ₃ (P _н /гр), м	Напор аппарата, H _{г.пр} , м / Ap- paratus head, Ng.pr, m
1	2	3	4	5	6	7	8
1	+	+	0	3,8	15,0	88,0	12,0
2	+	-	0	3,8	9,5	88,0	6,0
3	-	+	0	1,8	18,0	88,0	14,0
4	-	-	0	1,8	9,5	88,0	7,0
5	+	0	+	3,8	14,5	115,0	9,0
6	+	0	-	3,8	14,5	55,0	9,8
7	-	0	+	1,8	14,5	110,0	9,9
8	-	0	-	1,8	14,5	55,0	8,5
9	0	+	+	2,8	19,0	110,0	10,2
10	0	+	-	2,8	19,0	55,0	11,0
11	0	-	+	2,8	9,8	110,0	7,8
12	0	-	-	2,8	9,8	55,0	7,7

По величинам таблицы 4 построена кривая влияния факторов, на напор струйного аппарата (рисунок 10).

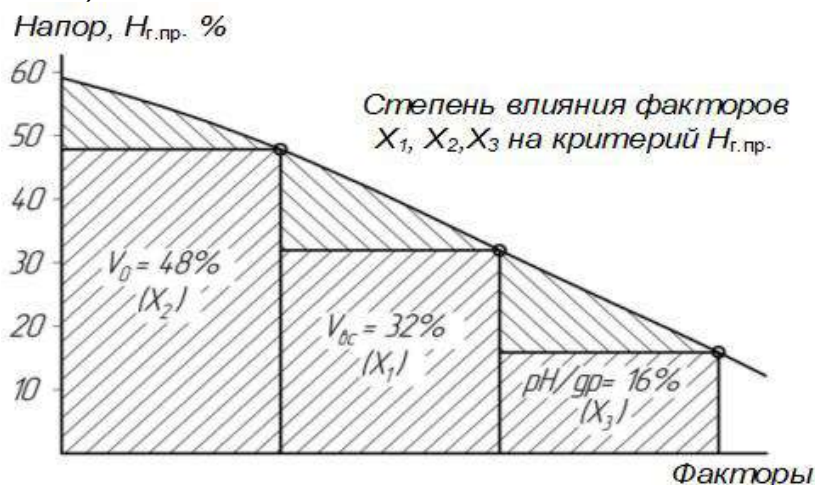


Рисунок 10 – Кривая влияния факторов на напор
Figure 10 – The curve of the influence of factors on the pressure

По результатам анализа рисунка 10 продолжены исследования по второй группе опытов с факторами X₁ (V_{bc}) и X₂ (V_o). Параметры факторов показаны в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры факторов при второй группе опытов
Table 5 – Parameters of factors in the second group of experiments

Факторы / Factors	Код / code	Интервалы / Intervals	Уровень / level		
			Основной / principal «0»	Нижний / lower «-»	Верхний / upper «+»
V_{bc} , м/с	X_1	1,5	3,0	1,5	4,5
V_o , м/с	X_2	10,0	20,0	10,0	30,0

Матрица и результаты опытов приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Матрица и результаты опытов
Table 6 – Matrix and results of experiments

№ опыта / Experience Number	$X_1(V_{bc})$	$X_2(V_o)$	Значения, м / Values, m		
			V_{bc} , м/с	V_o , м/с	Напор аппарата, $H_{г.пр}$, м / Apparatus head, Ng.pr, m
1	+	+	4,0	28,0	15,4
2	-	-	1,6	9,8	9,0
3	+	-	4,0	9,8	10,0
4	-	+	1,6	28,5	17,0
5	0	+	2,8	28,5	17,8
6	0	-	2,8	19,5	11,2
7	0	0	2,8	19,5	12,5
8	0	0	2,8	19,5	11,8

Результаты и обсуждение. Обработка результатов позволила получить математическую модель в виде уравнения второго порядка:

$$H_{г.пр} = 16,88 + 0,44 X_1 + 2,40 X_2 - 2,0 X^2 + 0,20 X^2 \quad (6)$$

Анализ уравнения 4 и значения напора аппарата показаны в таблице 7.

Таблица 7 – Рассчитанный по зависимости напор аппарата в критических точках
Table 7 – The pressure of the device calculated by dependence at critical points

Факторы / Factors		Напор $H_{г.пр}$, м / Pressure Ng.pr, m	Уменьшение энергии, кВт при подачах м ³ /с / Energy reduction, kW at m3/s supply		
			0,40	0,36	0,28
$X_1(V_{bc})$, м/с	$X_2(V_o)$, м/с	$H_{г.пр}=17,92$ м	70,24	63,22	49,17
4,5 («+»)	30,0 («+»)				
1,5 («-»)	10,0 («-»)	$H_{г.пр}=10,24$ м	40,14	36,12	28,04
3,0 («0»)	20,0 («0»)	$H_{г.пр}=16,88$ м	66,16	59,55	46,31

По таблице 7 установлено, что величина напора струйного аппарата $H_{г.пр}$ находится в пределах интервалов 10,2-17,9 м, что указывает на факт роста высоты всасывания, уменьшения напора на 16,8 м и потребляемой энергии от 70,2 до 46,3 кВт. При учете факта принятой величины скорости в трубопроводе 3,0 м/с, значение $H_{г.пр} = 16,9$ м, следует, что увеличенный напор компенсируется потерями [10].

Выводы. Проведёнными экспериментальными исследованиями определены параметры насосного оборудования:

1. Падение мощности от 669,1 до 540,5 кВт для увеличенного напора от 106,8 до 126,5 м, уменьшенной подаче от 0,46 до 0,28 м³/с и КПД от 0,72 до 0,68, при этом значение полной энергии во всасе увеличена от 1,75 до 5,7 м.

2. Неиспользованная, остаточная энергия между точками отбора колеблется по значению напора до 19,0 м и подаче 0,15 м³/с.

3. Расчётное значение увеличения высоты всасывания колеблется в пределах 10,2-17,9 м.

4. Уменьшаемое значение потребляемой энергии составляет до 70,2 кВт при уменьшении подач от 0,4 до 0,28 м³/с.

Сравнение теоретических исследований по значению остаточной энергии при изменении точек отбора и разности мощности в точках замера 96,1 кВт, экспериментальных данных по уменьшению энергии до 70,24 кВт при изменении высоты всасывания указывает на возможность применения остаточной энергии и уменьшении напора и потребляемой мощности [11, 12].

Conclusions. Experimental studies have determined the parameters of the pumping equipment:

1. Power drop from 669.1 to 540.5 kW for increased head from 106.8 to 126.5 m, reduced flow from 0.46 to 0.28 m³/s and efficiency from 0.72 to 0.68, while the value of total energy in suction is increased from 1.75 to 5.7 m.

2. Unused, residual energy between the extraction points varies in head value up to 19.0 m and supply of 0.15 m³/s.

3. The estimated value of the increase in the suction height ranges from 10.2 to 17.9 m.

4. The decreasing value of the consumed energy is up to 70.2 kW with a decrease in the supply from 0.4 to 0.28 m³/s.

Comparison of theoretical studies on the value of residual energy when changing the take-off points and the power difference at the measuring points of 96.1 kW, experimental data on reducing the energy to 70.24 kW when changing the suction height indicates the possibility of using residual energy and reducing the head and power consumption [11, 12].

Библиографический список

1. Воеводин О. В., Кириленко А. А. Методика оценки уровня мобильности мелиоративных насосных станций. Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12. № 2. С. 68-83.
2. Нафиков И. Р., Ситдилов Ф. Ф. Струйные аппараты для создания вакуума. Научная жизнь. 2019. № 1. С. 40-45.
3. Tarasyants S. A., Rudakov V.A., Urzhumova Y. S., Degtiareva K. A. The calculation basis for a four-component jet mixer for fertilizer and water. Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021). E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference. 2021.
4. Уржумова Ю. С., Цыпленков Д. С., Панов В. Б., Тарасьянц С. А. Экспериментальное определение величины снижения энергозатрат мелиоративных насосных станций вследствие использования остаточной энергии в трубопроводной сети. Мелиорация и гидротехника (РосНИИПМ). 2022. Т. 12. № 4. С. 136-153.
5. Бегляров Д. С., Сухарев Ю. И., Али М. С., Назаркин Э. Е. Особенности работы насосных станций на закрытых оросительных системах. Научная жизнь. 2021. Т. 16. № 5 (117). С. 538-553.
6. Михайлова С. В., Погребная И. А. Повышение производительности центробежных насосов. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019. Т. 46. № 2. С. 20-27.
7. Нафиков И. Р., Ситдилов Ф. Ф. Струйные аппараты для создания вакуума. Научная жизнь. 2019. № 1. С. 40-45.
8. Сатункин И. В., Гуляев А. И. Стационарные насосные станции, методы повышения их эффективности и проектные решения при реконструкции Черновской оросительной системы. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (76). С. 129-133.
9. Уржумова Ю. С., Николаенко Д. В., Панов В. Б., Тарасьянц С. А. Методы уменьшения потребляемой энергии мелиоративными насосными станциями. Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 567-574.
10. Рябцев Е. А. Методика критериальной оценки энергоэффективности магистральных насосов. Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. Т. 11. № 3. С. 304-309.
11. Imaev D., Nemudruk M., Fedorov M., Shpakovskaya I. Diagnostics of the Cavitation Modes in the Heavy Petroleum Products Pumping Systems. 2020. Pp. 665-668.
12. Chitale Shivani, Jadhav Pranjal, Dhoble Snehal, Deshmukh Dr. Parameters Affecting Efficiency of Centrifugal Pump – A Review. International Journal of Scientific Research in Science and Technology. 2021. Pp. 49-58.

References

1. Voevodin O. V., Kirilenko A. A. Methodology for assessing the level of mobility of reclamation pumping stations. Melioration and hydraulic engineering. 2022. Vol. 12. No. 2. Pp. 68-83.
2. Nafikov I. R., Sitdikov F. F. Inkjet devices for creating a vacuum. Scientific life. 2019. No 1. Pp. 40-45.

3. Tarasyants S. A., Rudakov V. A., Urzhumova Y. S., Degtiareva K. A. The calculation basis for a four-component jet mixer for fertilizer and water. Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021). E3S Web of Conferences 1st International Scientific and Practical Conference. 2021.

4. Urzhumova Yu. S., Tsyplenkov D. S., Panov V. B., Tarasyants S. A. Experimental determination of the magnitude of the reduction in energy consumption of reclamation pumping stations due to the use of residual energy in the pipeline network. Melioration and hydraulic engineering (RosNIIPM). 2022. Vol. 12. No. 4. Pp. 136-153.

5. Beglyarov D. S., Sukharev Yu. I., Ali M. S., Nazarkin E. E. Features of operation of pumping stations on closed irrigation systems. Scientific life. 2021. Vol. 16. No 5 (117). Pp. 538-553.

6. Mikhailova S. V., Pogrebnaya I. A. Improving the productivity of centrifugal pumps. Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical sciences. 2019. Vol. 46. No 2. Pp. 20-27.

7. Nafikov I. R., Sitdikov F. F. Inkjet devices for creating a vacuum. Scientific life. 2019. No 1. Pp. 40-45.

8. Satunkin I. V., Gulyaev A. I. Stationary pumping stations, methods of increasing their efficiency and design solutions for the reconstruction of the Chernovskaya irrigation system. Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2019. No 2 (76). Pp. 129-133.

9. Urzhumova Yu. S., Nikolaenko D. V., Panov V. B., Tarasyants S. A. Methods of reducing energy consumption by reclamation pumping stations. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: science and higher professional education. 2022. № 3 (67). Pp. 567-574.

10. Ryabtsev E. A. Methodology for the criterion assessment of the energy efficiency of mainline pumps. Science and technology of pipeline transport of oil and petroleum products. 2021. V. 11. No 3. Pp. 304-309.

11. Imaev D., Nemudruk M., Fedorov M., Shpakovskaya I. Diagnostics of the Cavitation Modes in the Heavy Petroleum Products Pumping Systems. 2020. Pp. 665-668.

12. Chitale Shivani, Jadhav Pranjali, Dhoble Snehal, Deshmukh Dr. Parameters Affecting Efficiency of Centrifugal Pump – A Review. International Journal of Scientific Research in Science and Technology. 2021. Pp. 49-58.

Информация об авторах

Трушев Валерий Валерьевич, аспирант кафедры «Водоснабжения и использования водных ресурсов» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А. К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (Российская Федерация, 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, д. 111), e-mail: vipfoggy@mail.ru

Мазанов Руслан Расулович кандидат технических наук, доцент кафедры «Технических систем и цифрового сервиса» ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова» (Российская Федерация, 367032, Россия, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Магомета Гаджиева, 180), e-mail: mazanov.rus@mail.ru

Уржумова Юлия Сергеевна кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиорации земель» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А. К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (Российская Федерация, 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, д. 111), e-mail: urzhumovay@mail.ru

Тарасьянц Сергей Андреевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Водоснабжения и использования водных ресурсов» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А. К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (Российская Федерация, 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, д. 111), e-mail: starasyancz@mail.ru

Author's Information

Trushev Valery Valerievich, Postgraduate student of the Department of "Water Supply and Use of Water Resources" of the Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute named after A. K. Kortunov, Don State Agrarian University (Russian Federation, 346428, Rostov Region, Novocherkassk, Pushkinskaya str., 111), e-mail: vipfoggy@mail.ru

Mazanov Ruslan Rasulovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems and Digital Service, Dagestan State Agrarian University named after M. M. Dzhambulatov (Russian Federation, 367032, Republic of Dagestan, Makhachkala, Magomet Ga-dzhiev str., 180), e-mail: mazanov.rus@mail.ru

Urzhumova Yulia Sergeevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Land Reclamation of the Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute named after A. K. Kortunov, Don State Agrarian University (Russian Federation, 346428, Rostov Region, Novocherkassk, Pushkinskaya str., 111), e-mail: urzhumovay@mail.ru

Tarasyants Sergey Andreevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of "Water Supply and Use of Water Resources" of the Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute named after A. K. Kortunov, Don State Agrarian University (Russian Federation, 346428, Rostov Region, Novocherkassk, Pushkinskaya str., 111), e-mail: starasyancz@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-46

THE USE OF CARBON DIOXIDE IN THE PRODUCTION OF DRY MIXTURES FROM PLANT COMPONENTS

Neverov E. N., Plotnikov I. B., Korotkih P. S., Plotnikova L. V.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kemerovo State University"
Kemerovo, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: neverov42@mail.ru

Received 27.05.2024

Submitted 19.07.2024

Summary

The article discusses current issues of using solid carbon dioxide when pressing instant products and dry mixtures of plant components in order to obtain tablet forms with a high disintegration rate. The methods of experimental research on the sublimation of tableted and crystalline carbon dioxide are described; the results of our own experiments on tableting an instant drink, and dry mixtures of Leuzea safflower, St. John's wort, and chamomile using solid CO₂ are presented. The nature of the connection of particles in tablets. The work presents a new method for tableting instant products and products obtained by tableting dry mix-

tures of plant products using solid CO₂. Studies of the resulting tablet forms were carried out. The results of the process of disintegration of tablet forms and the influence of the tableting method on the extraction of target components are presented.

Keywords: carbon dioxide, tableting, instant products, plant raw materials.

Citation. Neverov E. N., Plotnikov I. B., Korotkih P. S., Plotnikova L. V. The use of carbon dioxide in the production of dry mixtures from plant components. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 440-453 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-46.

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

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

УДК 621.039.54-49

ПРИМЕНЕНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУХИХ СМЕСЕЙ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Неверов Е. Н., доктор технических наук

Плотников И. Б., кандидат технических наук, доцент

Коротких П. С., кандидат технических наук, доцент

Плотникова Л. В., кандидат технических наук, доцент, старший преподаватель

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»
г. Кемерово, Российская Федерация

Актуальность. В статье рассмотрены актуальные вопросы использования твердого диоксида углерода при прессовании инстантированных продуктов и сухих смесей растительных компонентов с целью получения таблетированных форм с высокой скоростью распадаемости. Описаны методики экспериментальных исследований по сублимации таблетированного и кристаллического диоксида углерода, изложены результаты собственных экспериментов по таблетированию инстантированного напитка, и сухих смесей левзеи сафлоровидной, зверобоя продырявленного, ромашки аптечной с применением твердого CO₂. Природа связи частиц в таблетках. В работе представлен новый способ таблетирования инстантированных продуктов и продуктов получаемых путем таблетирования сухих смесей растительных продуктов с применением твердого CO₂. Проведены исследования полученных таблетированных форм. Представлены результаты процесса распадаемости таблетированных форм и влияние способа таблетирования на экстрагирование целевых компонентов.

Ключевые слова: диоксид углерода, таблетирование, инстантированные продукты, растительное сырье.

Цитирование. Неверов Е. Н., Плотников И. Б., Коротких П. С., Плотникова Л. В. Применение диоксида углерода при производстве сухих смесей из растительных компонентов. *Известия НВ АУК.* 2024. 4(76). 440-453. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-46.

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. Широкое распространение инстантированных продуктов, а также особых питательных порошков – сойлентов (soylent) известных в среде поклонников здорового образа жизни и тех, кто следит за фигурой, ведет к расширению доли данных продуктов на рынке.

Форма выпуска данных продуктов в большинстве случаев – порошкообразная, реже гранулированная, что имеет свои недостатки. Так как применение данных продуктов подразумевает получение растворов, путем разведения и растворения порошкообразного продукта в воде или молоке, это приводит к сложности дозирования требуемого количества продукта [1].

Порошкообразная форма продукта требует строго соблюдения параметров хранения, особенно по влажности. Нарушение данного параметра хранения, в виду высокой гигроскопичности порошкообразного материала, ведет к образованию плохо растворимых включений, что в итоге ведет к снижению качества продукции [2, 8].

Ещё одним продуктом, выпускающимся в рассыпном виде, являются измельченные части растений, в том числе лекарственных, потребление которых подразумевает получение экстрактов. Экстрагирование производится обычно горячей водой. Использование данных продуктов, изготавливаемых из высушенных и измельченных частей растений, также имеет ряд неудобств для потребителя – сложность дозирования, распыливание про-

дукта во время дозирования. Кроме того, данная форма выпуска продукта ведет к перетиранию частей материала в процессе транспортирования, что приводит к образованию мелкодисперсной пыли и снижению качества продукта.

С целью снижения данных недостатков продукты данных категорий гранулируют или таблетируют.

Для продуктов первой описанной группы (порошкообразные) способ гранулирования достаточно эффективен. Он позволяет получать отдельные гранулы, что облегчает процесс дозирования необходимого количества продукта при его использовании. Однако гранулы в процессе транспортировки зачастую истираются, и образуется больше количество мелкодисперсной пыли.

Для второй группы продуктов (сухих смесей частей растений) способ гранулирования практически не применяется в виду сложности связывания отдельных частей смеси в гранулы относительно не больших размеров.

Таблетирование данных продуктов позволяет получать отдельные строго дозированные порции. Кроме того, при необходимости внесения отдельного активного (действующего) вещества, способ таблетирования наиболее эффективен. Так при небольшом процентном отношении количества активного вещества относительно всей массы продукта его эффективнее вносить отдельно в каждую таблетку, нежели стремиться распределить его равномерно по всему объему продукта в стадии смешивания [3, 9].

При транспортировании таблетированных форм не происходит его переизмельчения, что повышает качество продукта.

По способу получения различают два класса таблеток:

1. Прессованные. При этом сырье с требуемыми дополнительными компонентами (связующие, разрыхлители и т.п.) подвергается прессованию. Способ наиболее часто применяемый для получения таблетированных форм.

2. Формованные или тритурационные таблетки. Сырье при данном способе таблетирования подвергают формованию. От общей массы выпускаемых таблетированных форм продукции данный способ занимает лишь 1-2%, как способ получения таблеток.

Таблетирование растительного сырья возможно с использованием специализированного оборудования и добавления подходящих вспомогательных веществ, таких как наполнители, связующие вещества и разрыхлители [4].

Процесс включает в себя смешивание растительного сырья с другими компонентами, формирование таблеток и их последующее сжатие или прессование. После формирования таблеток происходит обычно процесс сушки для удаления лишней влаги и повышения их стабильности. Затем таблетки могут быть обработаны для придания им блеска, улучшения сохранности или добавления аромата при необходимости. В конечном итоге они готовы к упаковке и распространению на рынке [5].

При таблетировании могут возникать несколько сложностей:

1. Подходящая дозировка: необходимо подобрать оптимальное сочетание сырья с различными вспомогательными веществами, чтобы обеспечить необходимую консистенцию и стабильность таблеток.

2. Проблемы с компрессией: сырье может быть сложно сжимаемым веществом, что может затруднить процесс формирования таблеток и повысить риск деформации или распада.

3. Растворимость: сырье обладает высокой растворимостью в воде, что может создать сложности при попытке создания таблеток с желаемой структурой и стабильностью.

4. Сохранение активных свойств: во время процесса таблетирования важно обеспечить сохранение активных свойств сырья, чтобы обеспечить его эффективность как пищевой добавкой или функционального ингредиента.

5. Контроль качества: с целью обеспечения безопасности и эффективности готовых таблетированных форм, а также их соответствия существующим стандартам требуется постоянный контроль, как на стадии производства, так и готовой продукции.

Исследования по таблетированию растительного сырья часто направлены на оптимизацию процесса таблетирования для обеспечения эффективности производства, стабильности продукта и его биодоступности. Это может включать в себя исследования по оптимизации формулы таблеток, выбору подходящих вспомогательных веществ и разработке оптимальных условий сжатия [6].

Одной из основных проблем при использовании таблетированных форм продуктов является – низкая скорость распадаемости, что ведет к увеличению продолжительности приготовления готовых растворов или в случае получения экстрактов к снижению скорости экстрагирования и зачастую не полному извлечению целевых компонентов.

Следовательно, актуальной задачей является разработка инновационного способа таблетирования, который позволит получать стабильные формы с заданными показателями качества, при этом с высокой скоростью распадаемости при их использовании.

Использование CO_2 в твердом агрегатном состоянии позволяет получать новые способы таблетирования. Однако способ прессования CO_2 мало изучен и также требует исследования.

Материалы и методы. Механическая теория прессования в таблетировании основывается на принципе преобразования сырьевого материала в компактную форму с помощью применения механической силы. Этот процесс включает в себя несколько этапов: наполнение матрицы: сырьё и вспомогательные вещества, загружается в матрицу пресса; сжатие: механическая сила применяется к матрице, что приводит к сжатию материала, происходит уплотнение и формирование таблетки с заданными характеристиками; разрыв: после достижения заданной силы или давления, таблетка отделяется от матрицы [7, 15].

Механическая теория прессования учитывает различные параметры, такие как скорость нагрузки, давление прессования, время сжатия и свойства сырья, для оптимизации процесса таблетирования и обеспечения высокого качества готовых таблеток.

С целью изучения процесса таблетирования была использована экспериментальная установка.

Исследование проводилось на порошкообразных и сухих измельченных смесях пищевых продуктах, имеющих одинаковое значение дисперсности.

Для исследований использовалось растительное сырьё, заготовленное и обработанное в соответствии с требованиями фармакопейных статей. Наименования растений были выбраны из условия различия анатомо-формологического строения. Такими растениями явились: ромашка аптечная, зверобой продырявленный, левзея сафлоровидная. В качестве порошкообразного сырья использовался сухая смесь инстантированного киселя [18].

Все образцы имели одинаковую начальную влажность 6%, которую предварительно определяли на влагомере модели A&D ML-50 и далее образцы помещались в эксикатор. Взвешивание компонентов производилось при помощи лабораторных весов M-ER-122 ACF-150-005.

CO_2 в твердом агрегатном состоянии получали путем дросселирования сжатого газа из предварительно охлажденного до температуры – минус 30°C баллона.



Рисунок 1 – Экспериментальная установка на базе пресса ПМ–МГ4
Figure 1 – Experimental setup based on the PM-MG4 press

Испытание материалов при сжатии и процесс формования таблетированного изделия выполнялись на универсальной гидравлической испытательной машине марки ПМ–МГ4 (рисунок 1), максимальное развиваемое усилие составляет 1 кН. Данная машина применяется для испытания образцов элементов конструкций и различных материалов. Допускаемая погрешность показаний при статических нагрузках составляет $\pm 1\%$ от измеряемой нагрузки, а частота динамической нагрузки может изменяться от 3 до 12 миллиметров в минуту.

Принцип работы установки заключается в следующем. Предварительно смешенное сырье с вспомогательными компонентами при получении таблетированных форм из порошкообразных или сухие смеси растительных компонентов дозируется в отверстия матрицы. При прессовании твердого CO_2 он также дозируется в отверстия матрицы. После этого верхняя плита пресса опускается до соприкосновения с матрицей. Матрица и пуансоны предварительно подвергались охлаждению до температуры -75°C в морозильной камере марки SUFsg 7001 MediLine.

После образования таблеток верхняя плита поднимается в свое исходное положение, а нижняя плита поднимается вверх. Таким образом, пуансоны выталкивают готовую таблетку на поверхность матрицы. Оказавшуюся на поверхности таблетку сбивает в изотермический контейнер с диоксидом углерода, начинается движение к матрице для заполнения отверстий новой порцией.

На рисунке 2 изображен поэтапный принцип работы установки для получения таблеток CO_2 .

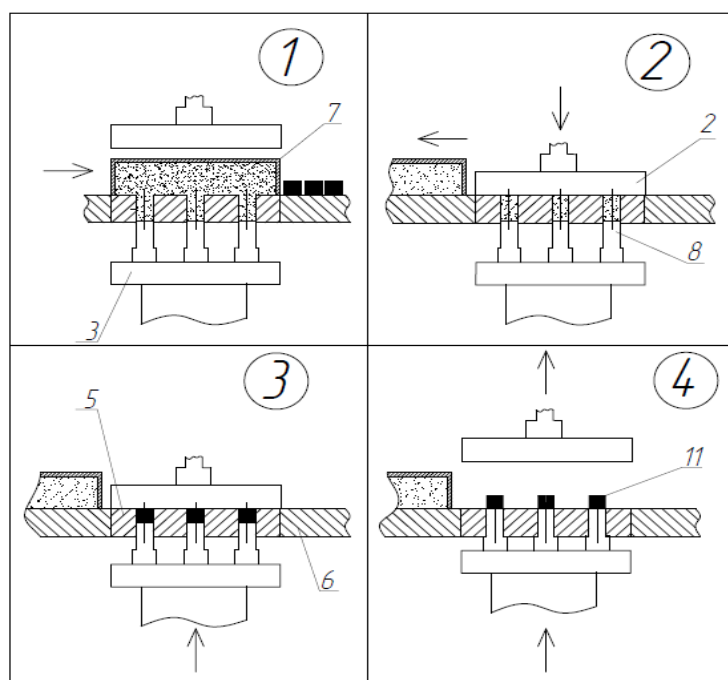


Рисунок 2 – Принцип работы установки
Figure 2 – Principle of operation of the unit

Применение отдельных цилиндров обусловлено меньшей металлоемкостью, тем самым более быстрым охлаждением контактируемых частей с прессуемым диоксидом углерода. Также отдельный цилиндр мобильнее, поэтому его проще охлаждать, заполнять снегообразным CO_2 и производить уплотнение. В остальном же принцип работы отдельными пресс-формами не отличается от стационарной матрицы.

Важным параметром готовых таблетированных форм при получении их из сухих смесей растительного сырья является прочность. Для определения прочности использовался метод сжатия. Сжатие проводилось в диаметральной направлении. Значение коэффициента прочности готовых таблетированных форм должно составлять $K_n = 0,6 \dots 1,0$ Мпа.

Коэффициент прочности определялся по формуле

$$K_n = \frac{P_p}{D * H} \quad (1)$$

где P_p – разрушающая таблетку нагрузка, приложенная в диаметральном направлении, Н;
 D , H – диаметр и высота таблетки, м.

Для испытания таблетированных форм на прочность применялась установка на базе пресса МИП-100. Относительная погрешность измерений при этом не превышала 1%.

Фракционный состав таблетированного сырья оказывает одно из основных влияний на процесс таблетирования и на прочность готовых таблеток. Так фракционный состав влияет на пикнометрическую плотность, которая, в свою очередь, влияет на прочность готовых изделий. Следовательно, одним из параметров, требующих контроля является пикнометрическая плотность, которая определялась исходя из выражения

$$\rho = \frac{\rho_1 * m_1}{m_2 - (m_3 - m_1)} \quad (2)$$

где ρ_1 – плотность петролейного эфира, кг/м³;

m_1 – масса навески порошка, кг;

m_2 – масса пикнометра с петролейным эфиром, кг;

m_3 – масса пикнометра с петролейным эфиром и порошком, кг.

Полученные таблетированные формы порошкообразных и сухих смесей подвергались исследованию на скорость распадаемости.

Для определения времени распадаемости применялась следующая методика. По пять образцов из каждой группы подвергались процессу распадаемости. В качестве растворителя выступала вода питьевая температурой $20 \pm 2^\circ\text{C}$ при исследовании таблетированных форм из порошкообразных инстантированных продуктов и $95 \pm 5^\circ\text{C}$ при исследовании таблетированных форм из сухих смесей растительного сырья.

Измерение времени распадаемости таблетированного продукта проводилось путем фиксации времени от момента соприкосновения с растворителем до момента полного разрушения таблетированного изделия при помощи механического секундомера СОПр-1в-3-000. Из полученных пяти образцов каждой группы были вычислены средние значения.

Для анализа полученных таблетированных форм из сухих смесей растительного сырья при получении экстрактов, кинетики процесса и степени извлечения целевых компонентов была проведена серия экспериментов. В качестве исследуемых таблетированных форм из сухих смесей растительного сырья были выбраны таблетки, полученные с применением CO_2 при таблетировании и без CO_2 , а также смесь, без применения таблетирования. При получении таблетированных форм с применением CO_2 давление прессования составляло $P_{\text{пр}} = 140 - 160$ МПа, а при прессовании без CO_2 давление находилось в диапазоне $P_{\text{пр}} = 100 - 140$ МПа. Таблетки имели следующие параметры: масса 14×10^{-3} кг, высота $(10...12) \times 10^{-3}$ м и диаметр 25×10^{-3} м. Сырьем для таблетированных форм являлась сухая смесь левзеи сафлоровидной со средним диаметром частиц $d_r \approx 1 \times 10^{-3}$ м, кроме того применялся связующий компонент – сахарный раствор 5% [14, 15].

Экстрагирования проводили согласно следующим параметрам: гидромодуль 0,05, продолжительность процесса 3600 с, температура экстрагента (вода) – $T = 95 \pm 5^\circ\text{C}$. В процессе экстрагирования систему компонентов сырье-экстрагент подвергали перемешиванию, с периодичностью раз в 600 с [4].

Определение содержания сухих водорастворимых веществ в экстракте проводили рефрактометрическим способом [16, 17], для чего с периодичностью 5 минут отбирались пробы в объеме 10 мл. Температура проб при определении содержания сухих веществ составляла 20°C . При этом устанавливалась связь $C_{\text{ж}} = f(t)$ изменения концентрации сухих веществ от продолжительности процесса.

Результаты и обсуждение. Предлагаемый способ таблетирования состоит в использовании твёрдого CO_2 , который при последующей сублимации из готовой таблетированной формы позволит увеличить пористость таблетки и тем самым ускорить её распадаемость.

Технологическая схема представлена на рисунке 3.

Способ включает в себя следующие этапы: а) получение смесей для таблетирования – смешивания сырья со связующими компонентами и CO_2 в твердом агрегатном состоянии; б) получение таблетированных форм путем прессования подготовленной смеси; в) полученная таблетированная форма подвергалась термостатированию при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$, при этом происходило сублимирование CO_2 из внутренних слоев, полученная газообразная смесь выходила из внутренних слоев, образуя развитую пористую структуру [12].

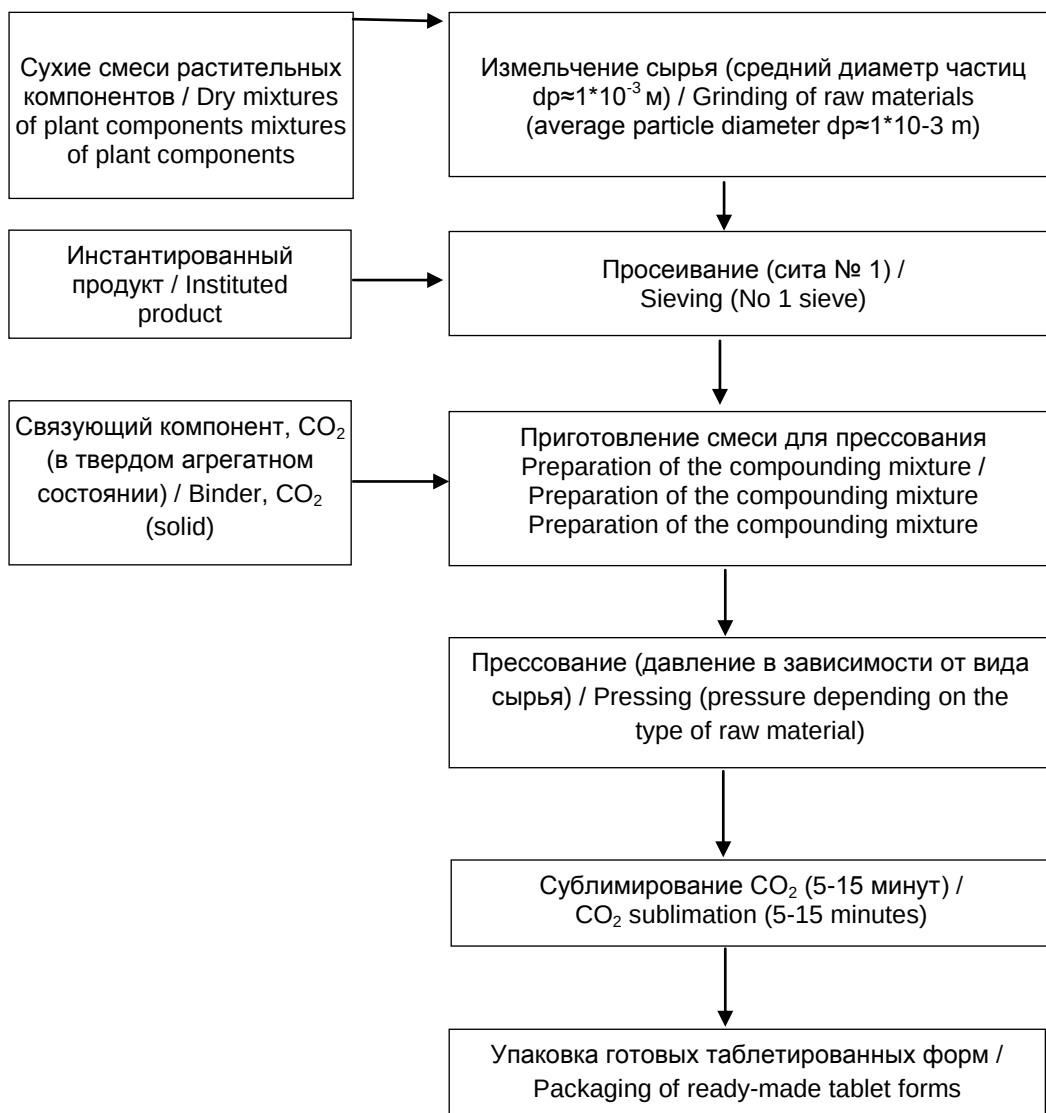


Рисунок 3 – Технологическая схема производства таблетированных продуктов из растительного сырья
Figure 3 – Technological scheme of production of tablet products from plant raw materials

В качестве связующего компонента при таблетировании порошкообразного инстантированного продукта применялся этиловый спирт. А при таблетировании сухих смесей растительного сырья – сахарный раствор с концентрацией 5% масс.

Результаты распадаемости таблеток без использования CO_2 и с его использованием представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты продолжительности распадаемости таблетированных форм инстантированного продукта без применения CO_2 и с его применением
Table 1 – Results of the duration of disintegration of tablet forms of the instanted product without the use of CO_2 and with its use

№, п/п	CO_2	Продолжительность распадаемости таблетированных форм, с / Duration of disintegration of tablet forms, s
1	Без применения CO_2 / CO_2 -free	90...120
2	С применением CO_2 / Using CO_2	10...15

Полученные результаты подтверждают целесообразность использования CO_2 при таблетировании, так как это позволяет добиться развитой внутренней пористой структуры, что ускоряет процесс распадаемости и как следствие снижает продолжительность процесса получения готовых растворов.

Продолжительность процесса распадаемости таблетированных форм, полученных из сухих смесей растительного сырья, также сокращается в 10-15 раз при использовании CO_2 . Кроме того наблюдалось полная распадаемость, без образования отдельных трудно растворимых частей.

Результаты измерений величины деформации таблетированных форм от давления представлены в виде графика на рисунке 4.

Анализируя полученные кривые, можно выделить две зоны процесса таблетирования. Для первой зоны характерен интенсивный рост величины деформации, что можно объяснить удалением части воздуха и частично сублимированного CO_2 , переориентацией и занятием более выгодных позиций частицами сырья. На второй стадии – зона 2 наблюдается образование адгезионных и когезионных связей, максимальное сближение частиц и формирование прочности готовой таблетированной формы.

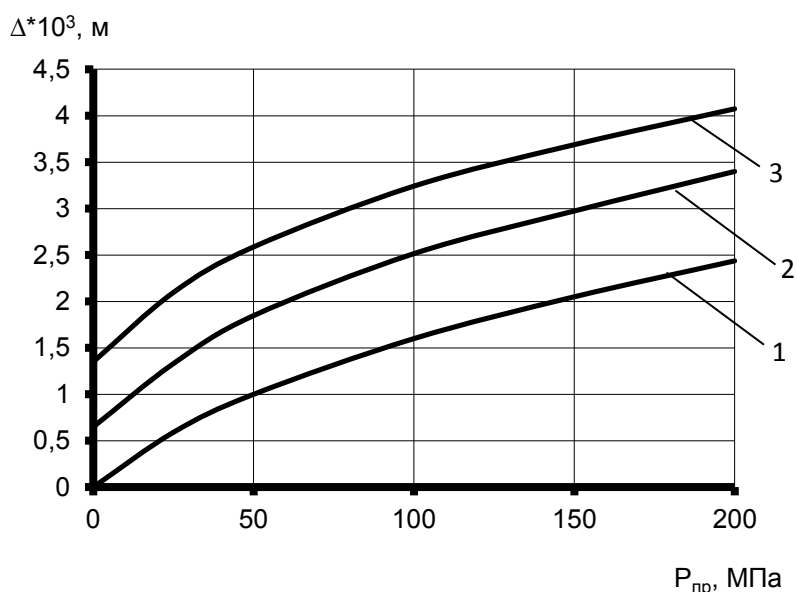


Рисунок 4 – Кривые таблетирования растительного сырья:

1 – левзея сафлоровидная; 2 – зверобой продырявленный; 3 – ромашка аптечная

Figure 4 – Tableting curves of plant raw materials:

1 – Leuzea safflower; 2 – St. John's wort; 3 – chamomile

Снижение энергозатрат на процесс таблетирования следует осуществлять на первой стадии, путем сокращения первой зоны, что может быть достигнуто более высокой степенью измельчения сырья.

Результаты исследования прочностных характеристик готовых таблетированных форм, полученных из сухих смесей растительного сырья представлены на рисунке 5.

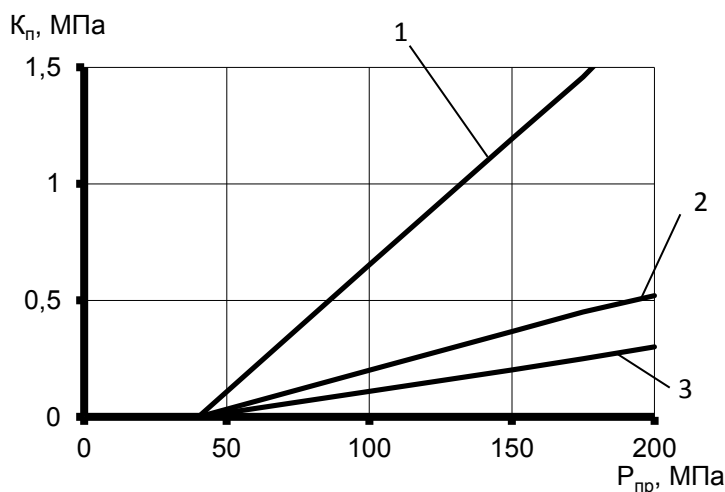


Рисунок 5 – Прочность таблеток из растительного сырья в зависимости от таблетирования:

1 – левзея сафлоровидная; 2 – зверобой продырявленный; 3 – ромашка аптечная

Figure 5 – Strength of tablets from plant raw materials depending on tableting:

1 – Leuzea safflower; 2 – St. John's wort; 3 – chamomile

Из полученных результатов можно сделать вывод, что для различного сырья для получения требуемого коэффициента прочности необходима различная величина прессующего давления. При таблетировании левлеи сафлоровидной коэффициент прочности 0,6...1,0 МПа может быть получен при давлении прессования 100...140 МПа, а для трудно-таблетировуемого сырья – ромашки аптечной и зверобоя продырявленного, необходимо давление выше – 250 МПа.

Зависимость плотности различного растительного сырья от его фракционного состава представлена на рисунок 6.

Анализ полученных данных позволяет утверждать, что пикнометрическая плотность сырья увеличивается при уменьшении размеров частиц.

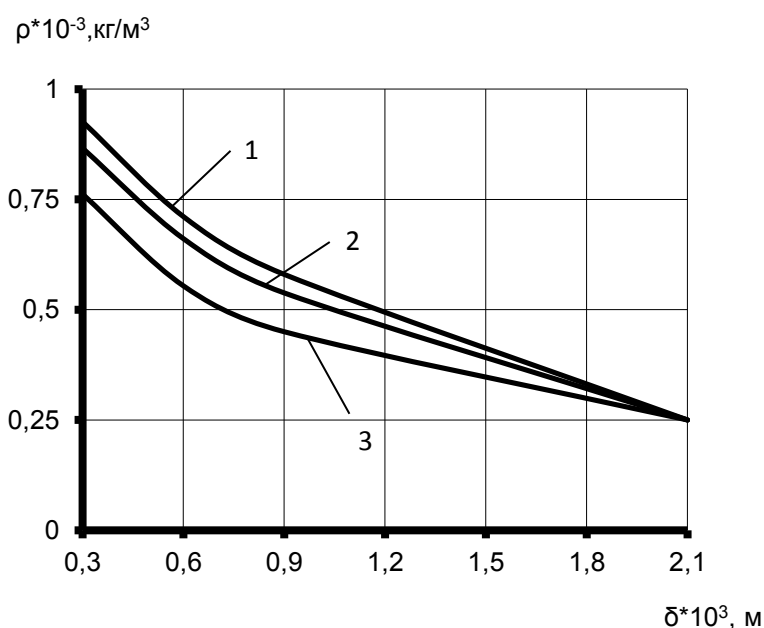


Рисунок 6 – Изменение пикнометрической плотности растительного сырья от величин фракции:

1 – левзея сафлоровидная, 2 – зверобой продырявленный, 3 – ромашка аптечная

Figure 6 – Change in the pycnometric density of plant raw materials from the values of the fraction:

1 – Leuzea safflower, 2 – St. John's wort, 3 – chamomile

Исследования показали, что прочность таблетированных форм из сухих смесей растительного сырья увеличивается на 12-18% в соответствующем интервале размеров частиц от 0,3 до 2 м⁻³. Однако высокая степень измельчения ведет к более продолжительной фильтрации готового продукта и незначительно сказывается на степени экстрагирования. Следовательно, оптимальным размером части можно обозначить 1 м⁻³, что увеличивает прочность на 6-8%. Результаты приведенных исследований установили взаимосвязь между прочностью и плотностью таблетированной формы, а также влияние фракционного состава растительного сырья на прочность готовой таблетки, что позволит более точно проводить расчет технологического процесса таблетирования растительного сырья различных анатомо-морфологических групп.

Кинетические кривые для таблетированных форм левзеи сафлоровидной и традиционного резанного сырья представлены на рисунке 7.

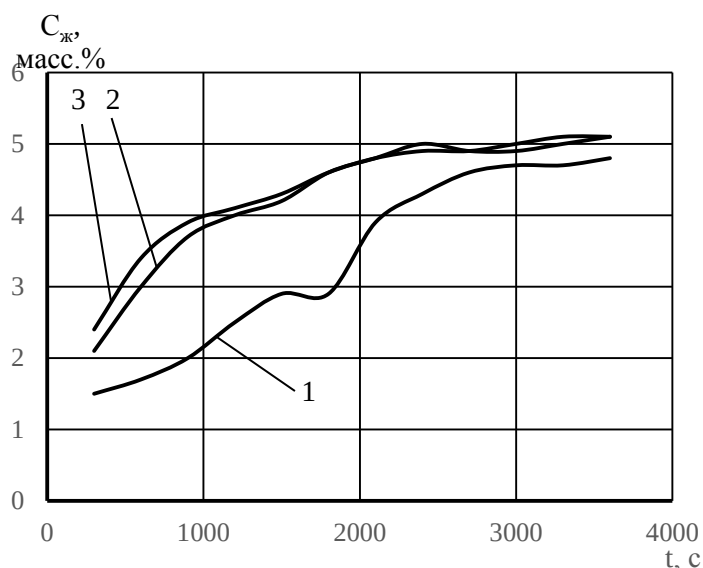


Рисунок 7 – Кинетические кривые извлечения водорастворимых веществ из левзеи сафлоровидной: 1 – таблетированной форме без CO₂; 2 – таблетированной форме с CO₂; 3 – традиционно резанном виде
Figure 7 – Kinetic curves of extraction of water-soluble substances from Leuzea safflower:
1 – tablet form without CO₂; 2 – tablet form with CO₂; 3 – traditionally cut

В процессе приготовления экстрактов скорость распадаемости оказывает прямое влияние на продолжительность получения готовых экстрактов. Так, при высокой скорости распадаемости высвобождаются отдельные частички смеси, увеличивается площадь контакта фаз твердого сырья с экстрагентом, что ведет к сокращению продолжительности процесса экстрагирования и более полному извлечению целевых компонентов.

Кривые извлечения целевых компонентов от продолжительности процесса подтверждают, что применение CO₂ при таблетировании ведет не только к увеличению скорости распадаемости таблетированных форм, но и сокращению продолжительности экстрагирования и более полному извлечению целевых компонентов.

Для определения зависимости скорости сублимации от давления прессования был проведен ряд экспериментов. результаты данных исследований позволяют усовершенствовать рассмотренную технологию получения таблетированных форм из сухих смесей растительного сырья и инстантированных продуктов с применением CO₂.

Для эксперимента использовались таблетки цилиндрической формы, которые имели начальный диаметр 18 мм, высоту 20±1 мм и массу 7±0,5 грамм. Замороженная углекислота имела параметры близкие к исследуемым образцам таблеток. Геометрические отличия связаны с условиями получения.

Образцы находились в морозильной камере с температурой -30°C, влажностью 20%, концентрация CO₂ в камере не превышала 20%. Таблетки цилиндрической формы имели начальный диаметр 18 мм, высоту 20±1 мм и массу 6±1 грамм.

Таблица 2 – Начальные параметры таблеток CO₂
Table 2 – Initial parameters of CO₂ tablets

	Давление таблетки CO ₂ , кПа / CO ₂ tablet pressure, kPa					
	20	15	10	5	0	Замороженный CO ₂ / Frozen CO ₂
Вес, грамм / Weight, grams	6,38	6,88	7,2	5,95	6,5	5,59

На рисунке 8 показаны графики сублимации таблеток углекислоты при -30 °С.

Масса таблетки,

грамм

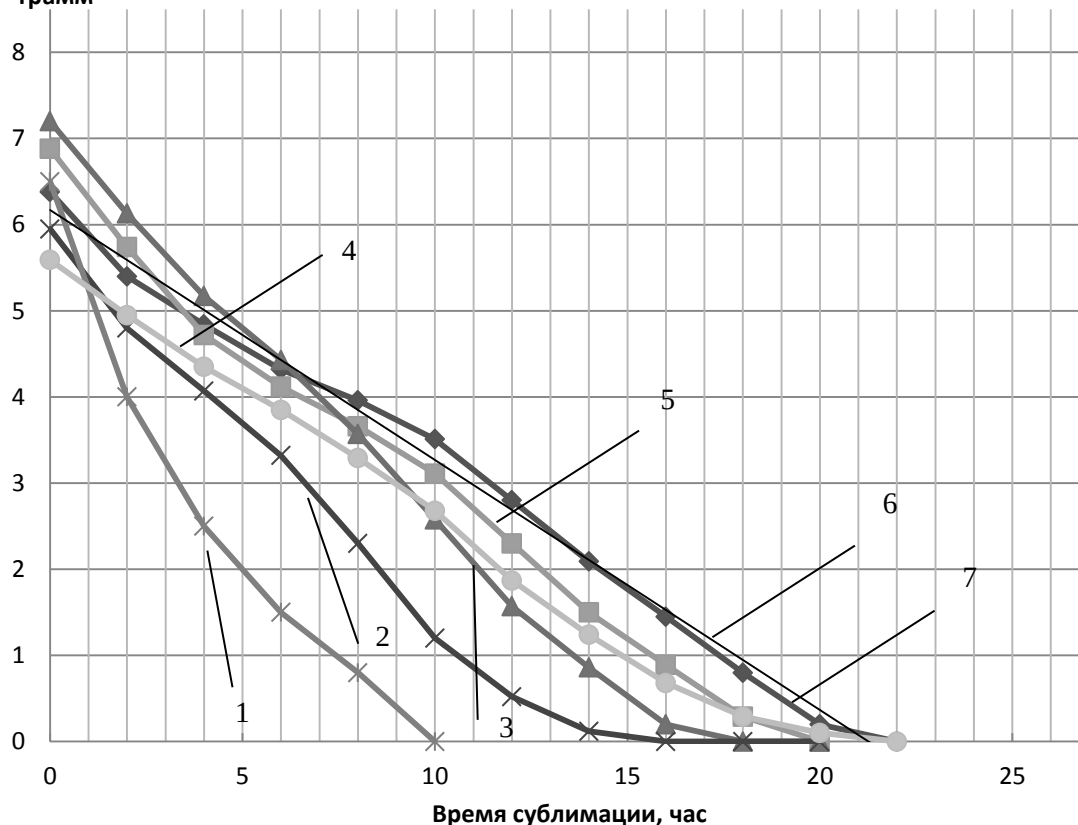


Рисунок 8 – График сублимации таблеток углекислоты при -30 °С

1 – 0 кПа; 2 – 5 кПа; 3 – 10 кПа; 4 – 15 кПа; 5 – 20 кПа; 6 – водный лед 7 – замороженный CO₂
Figure 8 – Graph of sublimation of carbon dioxide tablets at -30 °C 1 – 0 kPa; 2 – 5 kPa; 3 – 10 kPa;
4 – 15 kPa; 5 – 20 kPa; 6 – water ice 7 – frozen CO₂

При -30 °С более явно наблюдается зависимость давления от потери массы таблеток.

Анализируя графики, можно сделать вывод, что продолжительность сублимации снегообразного CO₂ при 20 кПа и замороженного CO₂ составила 22 часа. У таблеток, прессованных при 15 кПа и 10 кПа продолжительность составила 20 и 18 часов соответственно. С большим отрывом образец, прессованный при 5 кПа – 15 часов. При этом эксперимент подтверждает, что необходимость прессовать, хоть и небольшим давлением, все же существует, так как разница между прессованным образцом и непрессованным составляет более 5 часов, а разница в сублимирование образцов 5 кПа и ближайшего к нему образца 10 кПа составляет 3 часа.

На данном графике хорошо видно, что у всех таблетированных образцов через несколько часов наблюдается замедление сублимации, это связано с выпадением инея на поверхности таблеток, при конденсации влаги из-за подвода тепла от окружающей среды. Выпадение влаги должно было привести к увеличению теплообмена, но выпавшая влага при низкой температуре в камере вымерзала, образуя слой рыхлого инея, который

выступает в качестве теплоизоляции, поэтому под ним процесс сублимации происходил медленнее. При этом данный эффект заметен независимо от температуры хранения, но чем ниже температура хранения, тем быстрее вымерзала влага и выпадал иней.

Также было замечено, что у замороженного монолитного CO_2 выпадение инея наблюдалось в меньшей степени, тем самым графики имеют более линейный характер нежели прессованного снегообразного CO_2 .

Выводы. Использование таблетированных форм позволяет сократить потери сырья при транспортировании, облегчить дозировку компонентов.

Способ таблетирования с применением CO_2 в твердом агрегатном состоянии позволяет создать при последующей сублимации развитую пористую структуру, что позволит сократить продолжительность распадаемости таблеток. Так, скорость распадаемости таблетированных форм, полученных из порошкового сырья, сокращается более чем в 9 раз, а при таблетированных формах, полученных из сухих смесей растительного сырья, распадаются быстрее более чем в 10 раз.

Использование CO_2 для таблетирования сухих смесей растительного сырья ведёт к более полной распадаемости при приготовлении экстрактов, что позволяет получать качественный продукт.

Conclusions. The use of tablet forms allows you to reduce the loss of raw materials during transportation, to facilitate the dosage of components. The method of tableting with the use of CO_2 in a solid state of aggregation makes it possible to create a developed porous structure during subsequent sublimation, which will reduce the duration of tablet disintegration. Thus, the disintegration rate of tablet forms obtained from powder raw materials is reduced by more than 9 times, and tablet forms obtained from dry mixtures of plant raw materials disintegrate more than 10 times faster. The use of CO_2 for tableting dry mixtures of plant raw materials leads to more complete disintegration in the preparation of extracts, which allows you to obtain a high-quality product.

Библиографический список

1. Плотников К. Б. и др. Исследование процесса уноса мелкодисперсной фракции при производстве инстантированных продуктов. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2021. № 4 (50). С. 37-45.
2. Попов А. М. и др. Исследование удельных энергозатрат процессов структурообразования и сушки инстантированных продуктов. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 3. С. 190-199.
3. Neverov E. N., et al. Studying the sublimation of carbon dioxide. Periodico Tche Quimica. 2021. V. 18. № 37. Pp. 1-12.
4. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ: ГОСТ 28562-90. М.: Стандартинформ, 1990. 12 с.
5. Плотников И. Б. и др. Способ получения таблетированных инстантированных продуктов. Патент на изобретение RU 2748361 C1, 24.05.2021. Заявка № 2020119275 от 03.06.2020.
6. Неверов Е. Н. и др. Перспективные направления декарбонизации промышленного производства с высокой составляющей углеродного следа в выпускаемой продукции. Ползуновский вестник. 2022. № 4. Т. 2. С. 54-65.
7. Wang J., et al. Thermodynamic properties for carbon dioxide. Acs Omega. 2019. V. 4. Pp. 19193-19198.
8. Arshad M. S., Sedhain K., Hussain A. Quantification of carbon dioxide released from effervescent granules as a predictor of formulation quality using modified Chittick apparatus. Tropical Journal of Pharmaceutical Research. 2019. Vol. 18 (3). Pp. 449-458.
9. Alenezi A., Kapat J. S. Thermodynamic analysis of CO_2 Allam cycle for concentrated solar power complemented with oxycombustion. In Proceedings of AIAA Propulsion and Energy Forum, Indianapolis. Indiana, USA, 2019.
10. Неверов Е. Н. и др. Аппаратное оформление производства твердого диоксида углерода. Вестник Международной академии холода. 2020. № 1. С. 22-26.
11. Неверов Е. Н. и др. Исследование параметров процесса теплообмена при сублимации диоксида углерода. Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (159). С. 215-222.
12. Иодис В. А., Сарайкина И. П., Ажигитов А. А. Проектирование схемы установки получения твердого диоксида углерода. Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития. 2022. С. 93-96.
13. Sadi S. S., Kalimullin M. I., Poznyakovskiy V. M. An innovative technology for natural raw materials processing and phytocomplex production of a functional purpose. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2019. V. 395. № 1. P. 012089.
14. Isrigova T. A., et al. Development of a technology for the production of a functional food based on plant raw materials. E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. V. 222. P. 03003.
15. Budniak L., et al. The antibacterial activity of the tablets with dry extract of round-leaved wintergreen leaves. Pharmacologyonline. 2021. V. 2. Pp. 672-679.
16. Markl D., et al. Review of real-time release testing of pharmaceutical tablets: State-of-the art, challenges and future perspective. International journal of pharmaceuticals. 2020. V. 582. P. 119353.

17. Ervasti T., et al. The comparison of two challenging low dose APIs in a continuous direct compression process. *Pharmaceutics*. 2020. V. 12. № 3. P. 279.
18. Aguiar J. B., et al. Water sustainability: A waterless life cycle for cosmetic products // *Sustainable Production and Consumption*. 2022. V. 32. Pp. 35-51.
19. Соболев И. В. Влияние технологической обработки на сохраняемость пектиновых веществ растительного сырья. *Вестник КрасГАУ*. 2019. № 1 (142). С. 167-172.
20. Мартыненко К. В., Баланов П. Е., Смирнова И. В. Исследование потенциала экстрактов из вегетативных частей растений Алтая для использования в пищевой промышленности. *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 10 (187). С. 215-220.

References

1. Plotnikov K. B. et al. Study of the process of carryover of a finely dispersed fraction in the production of instant products. *Scientific journal of NRU ITMO*. 2021. № 4 (50). Pp. 37-45.
2. Popov A. M. et al. Study of specific energy consumption of the processes of structure formation and drying of instant products. *Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products*. 2021. № 3. Pp. 190-199.
3. Neverov E. N., et al. Studying the sublimation of carbon dioxide. *Periodico Tche Quimica*. 2021. V. 18. № 37. Pp. 1-12.
4. Fruit and vegetable processing products. Refractometric method for determining soluble solids: GOST 28562-90. Moscow, Standartinform Publ., 1990. 12 p.
5. Plotnikov I. B., et al. Method for obtaining tablet instant products. Patent for invention RU 2748361 C1, 24.05.2021. Application No 2020119275 dated 03.06.2020.
6. Neverov E. N., et al. Promising Directions for Decarbonization of Industrial Production with a High Carbon Footprint in Products. *Polzunov's Bulletin*. 2022. № 4. V. 2. Pp. 54-65.
7. Wang J., et al. Thermodynamic properties for carbon dioxide. *Acs Omega*. 2019. V. 4. Pp. 19193-19198.
8. Arshad M. S., Sedhain K., Hussain A. Quantification of carbon dioxide released from effervescent granules as a predictor of formulation quality using modified Chittick apparatus. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 2019. V. 18 (3). Pp. 449-458.
9. Alenezi A., Kapat J. S. Thermodynamic analysis of CO₂ Allam cycle for concentrated solar power complemented with oxycombustion. In *Proceedings of AIAA Propulsion and Energy Forum*, Indianapolis. Indiana, USA, 2019.
10. Neverov E. N. et al. Study of the parameters of the heat transfer process during sublimation of carbon dioxide. *Bulletin of the International Academy of Refrigeration*. 2020. № 1. Pp. 22-26.
11. Neverov E. N., et al. Investigation of the Parameters of the Heat Transfer Process in the Sublimation of Carbon Dioxide. *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*. 2020. № 6 (159). Pp. 215-222.
12. Iodis V. A., Saraykina I. P., Akzhigitov A. A. Design of the Scheme of the Solid Carbon Dioxide Production Plant. *Technical Operation of Water Transport: Problems and Ways of Development*. 2022. Pp. 93-96.
13. Sadi S. S., Kalimullin M. I., Pozhnyakovskiy V. M. An innovative technology for natural raw materials processing and phytocomplex production of a functional purpose. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2019. V. 395. № 1. P. 012089.
14. Isrigova T. A., et al. Development of a technology for the production of a functional food based on plant raw materials. *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2020. V. 222. P. 03003.
15. Budniak L., et al. The antibacterial activity of the tablets with dry extract of round-leaved wintergreen leaves. *Pharmacologyonline*. 2021. V. 2. Pp. 672-679.
16. Markl D., et al. Review of real-time release testing of pharmaceutical tablets: State-of-the art, challenges and future perspective. *International journal of pharmaceutics*. 2020. V. 582. P. 119353.
17. Ervasti T., et al. The comparison of two challenging low dose APIs in a continuous direct compression process. *Pharmaceutics*. 2020. V. 12. № 3. P. 279.
18. Aguiar J. B., et al. Water sustainability: A waterless life cycle for cosmetic products. *Sustainable Production and Consumption*. 2022. V. 32. Pp. 35-51.
19. Sobol I. V. Effect of Technological Processing on the Preservation of Pectin Substances of Plant Raw Materials. *Vestnik KrasGAU*. 2019. № 1 (142). Pp. 167-172.
20. Martynenko K. V., Balanov P. E., Smirnova I. V. Investigation of the Potential of Extracts from Vegetative Parts of Altai Plants for Use in the Food Industry. *Vestnik KrasGAU*. 2022. № 10 (187). Pp. 215-220.

Информация об авторах

Неверов Евгений Николаевич, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (Российская Федерация, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6), e-mail: neverov42@mail.ru

Плотников Игорь Борисович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Мехатроники и автоматизации технологических систем», ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (Российская Федерация, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6), e-mail: plotnikov-ib@mail.ru

Коротких Павел Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплохладотехники», ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (Российская Федерация, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6), e-mail: korotkix42@gmail.com

Плотникова Любовь Васильевна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (Российская Федерация, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6), e-mail: plotnikova.lyba@yandex.ru

Author's Information

Neverov Evgeny Nikolaevich, Doctor of Engineering Sciences, Head of the Department of Technosphere Safety, Kemerovo State University (Russian Federation, 650000, Kemerovo, Krasnaya Street, 6), e-mail: plotnikov-ib@mail.ru

Plotnikov Igor Borisovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department Mechatronics and Automation of Technological Systems Kemerovo State University (Russian Federation, 650000, Kemerovo, Krasnaya Street, 6), e-mail: plotnikov-ib@mail.ru

Korotkikh Pavel Sergeevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Heat and Refrigeration Engineering, Kemerovo State University (Russian Federation, 650000, Kemerovo, Krasnaya Street, 6), e-mail: korotkix42@gmail.com

Plotnikova Lyubov Vasilyevna, Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer of the Department Technosphere Safety, Kemerovo State University (Russian Federation, 650000, Kemerovo, Krasnaya Street, 6), e-mail: plotnikova.lyba@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-47

BIOLOGICAL VALUE OF YOGURT ENRICHED WITH A PREBIOTIC COMPLEX

¹Kontareva V. Yu., ²Belik S. N., ^{3,4,5}Gorlov I. F., ³Mosolova N. I., ³Slozhenkina A. A.,
^{3,4}Vorontsova E. S.

¹Don State Agrarian University
Persianovsky, Rostov Region, Russian Federation

²Rostov State Medical University
Rostov-on-Don, Russian Federation

³Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production

⁴Volgograd State Agrarian University

⁵Volgograd State Technical University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 18.05.2024

Submitted 03.07.2024

Abstract

Introduction. For dietary modulation of the human gut microbiota, the consumption of probiotics and prebiotics is essential. One of the promising complex prebiotics is a drug containing inactivated yeast culture *Saccharomyces cerevisiae* (vini), dietary fiber (wheat bran), vitamins, amino acids, macro- and microelements. We used this drug to enrich yogurt in order to increase its biological value. **Object.** The object of research is samples of yogurt enriched with a prebiotic complex (experiment) and yogurt not enriched with a prebiotic complex (control). **Materials and methods.** Studies of the amino acid content in yogurt samples were carried out in the complex analytical laboratory of the VRIMMP, Volgograd. **Results and conclusion.** It has been established that the biological value of proteins in both traditional and enriched yogurt is characterized by their high content, balance in four essential amino acids and the presence of three limiting amino acids. Enrichment of yogurt with a prebiotic complex slightly increased its biological value and the ability to absorb essential amino acids; therefore, it is not advisable to use this component to increase the biological value of protein in traditional products.

Keywords: prebiotic complexes, biological value of yogurts, amino acid composition of yogurts, yogurts.

Citation. Kontareva V. Yu., Belik S. N., Gorlov I. F., Mosolova N. I., Slozhenkina A. A., Vorontsova E. S. Biological value of yogurt enriched with a prebiotic complex. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 4(76). 453-462 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-04-47.

The author's contribution. The authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. 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 637:613.2/613.2

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ЙОГУРТА, ОБОГАЩЕННОГО
ПРЕБИОТИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ**

¹Контарева В. Ю., кандидат технических наук, доцент

²Белик С. Н., кандидат медицинских наук, доцент

^{3,4,5}Горлов И. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

³Мосолова Н. И., доктор биологических наук

³Слозhenкина А. А., аспирант

^{3,4}Воронцова Е. С., кандидат биологических наук

¹ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»
п. Персиановский, Ростовская область, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет»
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

³ФГБНУ Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции
⁴ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

⁵ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Для диетической модуляции кишечной микробиоты человека крайне необходимо употребление пробиотиков и пребиотиков. Одним из перспективных комплексных пребиотиков является препарат, содержащий в своём составе инактивированную дрожжевую культуру

Saccharomyces cerevisiae (vini), пищевые волокна (пшеничные отруби), витамины, аминокислоты, макро- и микроэлементы. Данный препарат мы использовали для обогащения йогурта с целью повышения его биологической ценности. **Объект.** Объектом исследований являются образцы йогурта, обогащенного пребиотическим комплексом (опыт) и йогурта необогащенного пребиотическим комплексом (контроль). **Материалы и методы.** Исследования содержания аминокислот в образцах йогурта проводились в комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП, г. Волгоград. **Результаты и выводы.** Установлено, что биологическая ценность белков как традиционного йогурта, так и обогащенного характеризуется высоким их содержанием, сбалансированностью по четырём незаменимым аминокислотам и наличием трёх лимитирующих аминокислот. Обогащение йогурта пребиотическим комплексом незначительно повысило его биологическую ценность и возможность усвоения незаменимых аминокислот, следовательно, данный компонент использовать для повышения биологической ценности белка традиционных продуктов нецелесообразно.

Ключевые слова: пребиотические комплексы, биологическая ценность йогуртов, аминокислотный состав йогуртов, йогурты.

Цитирование. Контарева В. Ю., Белик С. Н., Горлов И. Ф., Мосолова Н. И., Сложенкина А. А., Воронцова Е. С. Биологическая ценность йогурта, обогащенного пребиотическим комплексом. *Известия НВ АУК*. 2024. 4(76). 453-462. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-04-47.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) человека является одной из самых сложных экосистем в мире живых существ. Сообщество микроорганизмов ЖКТ находятся в сложных взаимоотношениях, которые сложились эволюционно. Во всем генетическом разнообразии микробиоты кишечника закодировано около 3,3 млн микробных генов [1]. Комменсальные микроорганизмы (микробиом) играют ключевую роль в сохранении здоровья человека. Нарушение гомеостаза микробиоты – "дисбактериоз", является ключевым звеном в развитии ряда патологических состояний, в числе которых ожирение, диабет, сердечно-сосудистые заболевания и даже онкологические заболевания. Установлено, что дисбиоз кишечника сопровождается увеличением продукции воспалительных цитокинов, дисфункцией кишечного барьера и активацией клеточного апоптоза, что может привести к развитию полиорганной недостаточности [2]. В связи с этим резко возрос спрос на использование пробиотиков с целью восстановления и поддержания нормальной кишечной микрофлоры. Результаты некоторых исследований [1, 3] показали такие положительные эффекты пробиотиков, как индукция антимикробных пептидов, продукция антимикробных факторов, стимуляция продукции слизи и IgA, предотвращение индуцированного цитокинами апоптоза кишечных эпителиальных клеток, регуляция развития и функционирования иммунных и эпителиальных клеток, антиоксидантная и антимутагенная активность и др.

Общий недостаток питательных веществ в рационах питания, уровень потребления липидов, а также потребления белка и некоторых отдельных аминокислот могут влиять на состав и метаболическую активность кишечной микрофлоры и, следовательно, продуктов ее синтеза и брожения, потенциально доступных хозяину [3]. Но всё же ключевое место в сохранении многообразия и поддержания функций нормальной микрофлоры занимают пребиотики.

В последние десятилетия подробно изучена польза пребиотиков для здоровья [4], включая влияние на ЖКТ (предотвращение повреждения патогенами и модуляция иммунной системы, улучшение барьерной функции кишечника, сокращение популяции патогенных бактерий, производство короткоцепочечных жирных кислот, КЦЖК) [5], на сердечно-сосудистую систему (снижение уровня липидов в крови или влияние на резистентность к инсулину), на психическое здоровье (влияние метаболитов микрофлоры на функцию мозга, энергетический обмен и когнитивные функции) и на кости (увеличение биодоступности минералов) и т.д. [4, 6].

Самым доступным естественным способом восстановления и сохранения нормальной микрофлоры является регулярное употребление кисломолочных функциональных продуктов (ФП). Установлено, что использование в питании кисломолочных ФП, обогащенных пробиотиками и пребиотиками, не только способствует восстановлению нормальной микрофлоры после использования антибиотиков широкого спектра действия, но и повышает пищевую и биологическую ценность базового продукта [6, 7].

В настоящее время активно ведутся работы по созданию кисломолочных продуктов с высокой биологической ценностью [8]. Одним из перспективных комплексных пребиотиков является препарат, содержащий в своём составе инактивированную дрожжевую культуру *Saccharomyces cerevisiae* (vini), пищевые волокна (пшеничные отруби), витамины, аминокислоты, макро- и микроэлементы. Данное средство мы использовали для обогащения йогурта [8]. В представленном исследовании поставлена задача оценить влияние пребиотического комплекса на биологическую ценность йогурта.

Материалы и методы. Объектами исследований стали образцы йогурта, обогащенного пребиотическим комплексом (опыт) и йогурта необогащенного пребиотическим комплексом (контроль).

Биологическая ценность образцов йогурта оценивалась по содержанию аминокислот, в первую очередь незаменимых, в конце предполагаемого срока хранения (на 10 сутки).

Аминокислотный состав образцов исследовали с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель-105». Перевод свободных аминокислот (СА) в фенилтиокарбамильные (ФТК) производные осуществляли с помощью фенилизотиоцианата, далее разделяли ионные формы в кварцевом капилляре под действием электрического поля с последующей регистрацией ФТК-производных при длине волны 254 нм в соответствующем буферном растворе.

Аминокислотный скор определяли последовательно, сравнивая содержание аминокислот в продукте со стандартной шкалой ФАО/ВОЗ.

Аминокислотный скор рассчитывали по формуле:

$$AC = \frac{AC_{i \text{ продукт}}}{AC_{\text{ФАО/ВОЗ}}}$$

где AC – аминокислотный скор i-й незаменимой аминокислоты, в долях единицы или в %;

$AC_{i \text{ продукт}}$ – содержание i-й незаменимой аминокислоты в продукте, г/100г белка;

$AC_{\text{ФАО/ВОЗ}}$ – содержание i-й незаменимой аминокислоты в белке ФАО/ВОЗ, г/100г белка.

Для вычисления сбалансированности аминокислотного состава белка рассчитывали утилитарность аминокислотного состава, т.е. возможность усвоения каждой аминокислоты:

$$\alpha_i = \frac{C_{\min}}{C_i}$$

где α_i – утилитарность аминокислот, в усл. ед.;

$C_{\min}$ – минимальный аминокислотный скор, в долях единицы или в %;

C_i – аминокислотный скор i-й незаменимой аминокислоты, в долях единицы или в %.

Заключительной стадией расчетов явилось вычисление коэффициента утилитарности аминокислотного состава белков:

$$\mu = \frac{\sum_{k=0}^n (A_i * \alpha_i)}{\sum_{k=0}^n A_i}$$

где n – количество аминокислот;

A_i – количество каждой аминокислоты, в г/100г;

α_i – утилитарность аминокислот, в усл. ед.

Сбор, обработку и данных осуществляют с помощью персонального компьютера с операционной системой Windows® 2000/XP.

Результаты и обсуждение. Схематично основные технологические этапы обработки образцов йогурта представлены на рисунке 1. Полученные образцы продукта исследовали на содержание аминокислот.

Результаты исследования аминокислотного состава образцов йогурта, обогащенного пребиотическим комплексом и йогурта без пребиотического комплекса приведены на рисунках 2, 3.

Для организма человека наиболее важное значение имеют 20 аминокислот, закодированных в ДНК, 9 из них считаются незаменимыми, так как организм не способен синтезировать их углеродный скелет. К этим аминокислотам относят лейцин, валин, изолейцин, гистидин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин. Кроме того, из незаменимых предшественников синтезируются ещё две аминокислоты: цистеин из метионина и тирозин из фенилаланина [10, 11]. В ЖКТ белки перевариваются и всасываются в виде небольших пептидов (ди- и трипептидов) и свободных аминокислот, а затем используются для ресинтеза белков в клетках. Кроме того, некоторые аминокислоты также используются для синтеза специфических (небелковых) продуктов, таких как оксид азота, полиамины, креатин, глутатион, нуклеотиды, глюкозамин, гормоны, нейротрансмиттеры и другие факторы [12].

В связи с этим основным показателем качества белка является его биологическая ценность, которая показывает, насколько соответствует аминокислотный состав пищевого белка потребности организма в АК для белкового синтеза. Биологическая ценность белков пищевых продуктов определяется различными методами. Один из доступных способов расчёта биологической ценности – расчет сора аминокислот.



Рисунок 1 – Технологические этапы выработки образцов йогурта
Figure 1 – Technological stages of producing yogurt samples

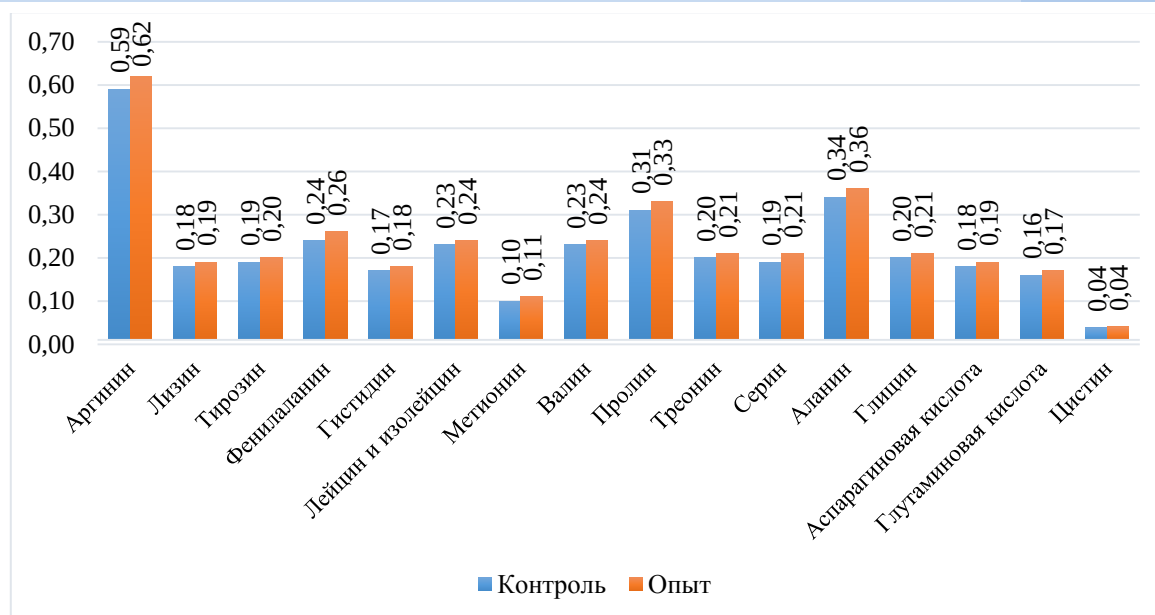


Рисунок 2 – Аминокислотный состав образцов йогуртов (в г/100 г), где контроль – йогурт без пребиотического комплекса, опыт – йогурт, обогащенный пребиотическим комплексом
Figure 2 – Amino acid composition of yoghurt samples (in g/100 g), where the control is yoghurt without a prebiotic complex, the experiment is yoghurt enriched with a prebiotic complex

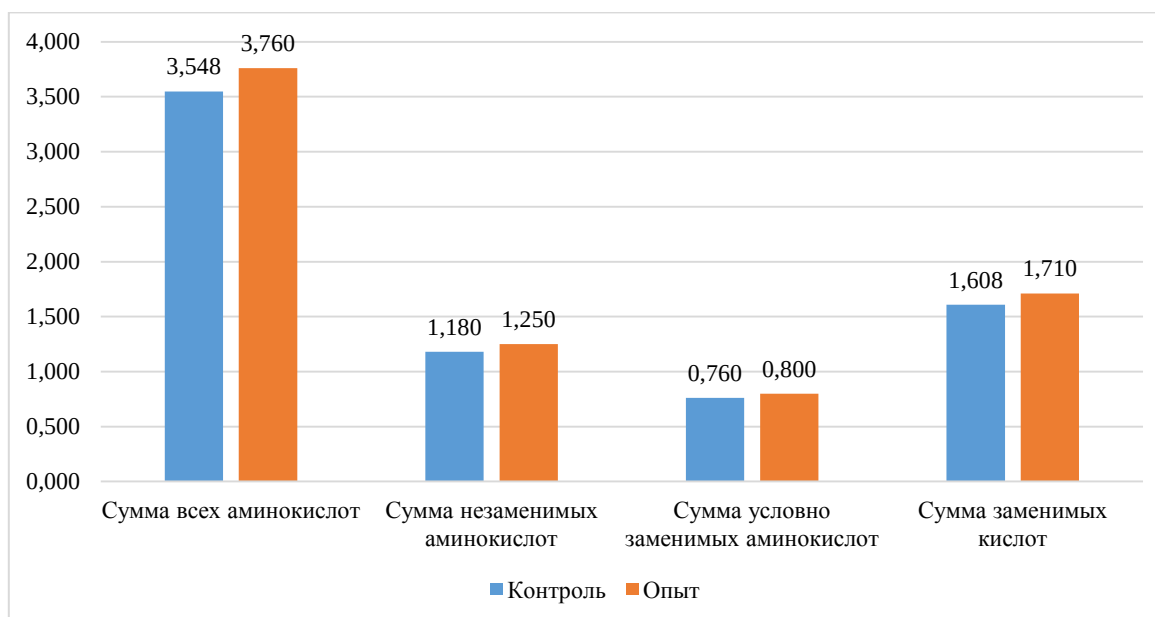


Рисунок 3 – Суммарное содержание всех аминокислот, незаменимых аминокислот, условно-заменимых аминокислот, заменимых аминокислот в образцах йогуртов (г/100 г), где контроль – йогурт без пребиотического комплекса, опыт – йогурт, обогащенный пребиотическим комплексом
Figure 3 – Total content of all amino acids, essential amino acids, conditionally essential amino acids, non-essential amino acids in yoghurt samples (g/100 g), where control – yogurt without a prebiotic complex, experiment – yogurt enriched with a prebiotic complex

Идеальным является белок, в котором каждая незаменимая кислота имеет аминокислотный скор соответствующий 100%. Аминокислота с наименьшим скором ограничивает биологическую ценность белка и называется лимитирующей, именно она определяет биологическую ценность исследуемого продукта. Среди традиционных продуктов питания для взрослых по химическому составу очень близок белок куриного яйца. Ещё одним практически идеальным белком является грудное женское молоко.

На рисунках 4 и 5 отражен аминокислотный состав идеального белка в соответствии с рекомендациями ФАО/ВОЗ и суточная потребность в незаменимых аминокислотах взрослого человека.

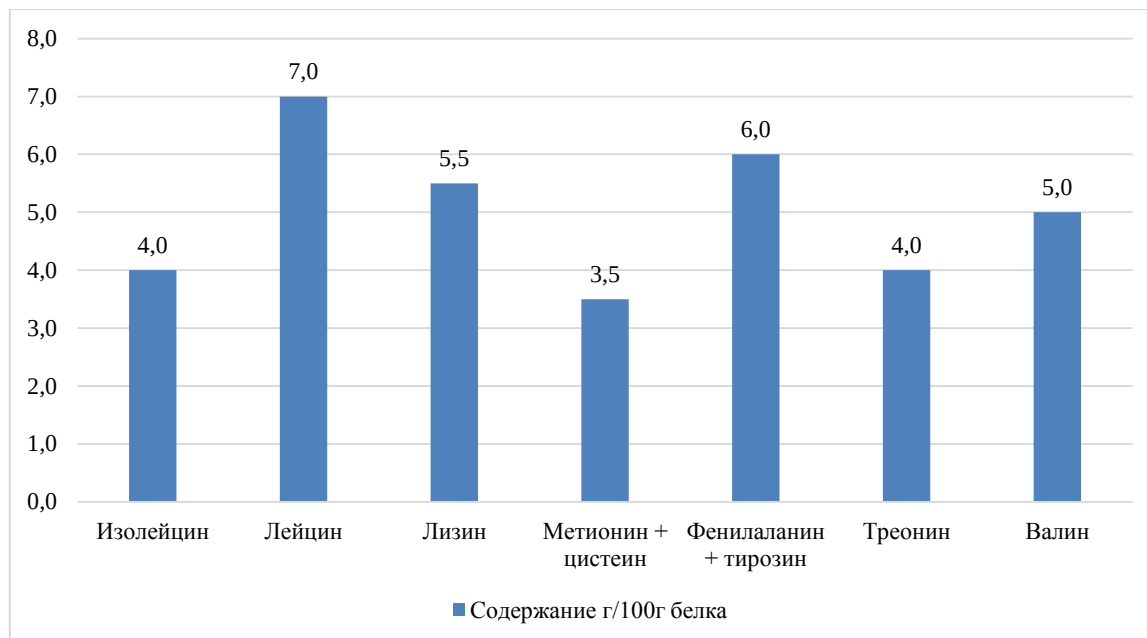


Рисунок 4 – Эталонный белок: содержание незаменимых аминокислот, в г/100 г белка
Figure 4 – Reference protein: content of essential amino acids, in g/100 g protein

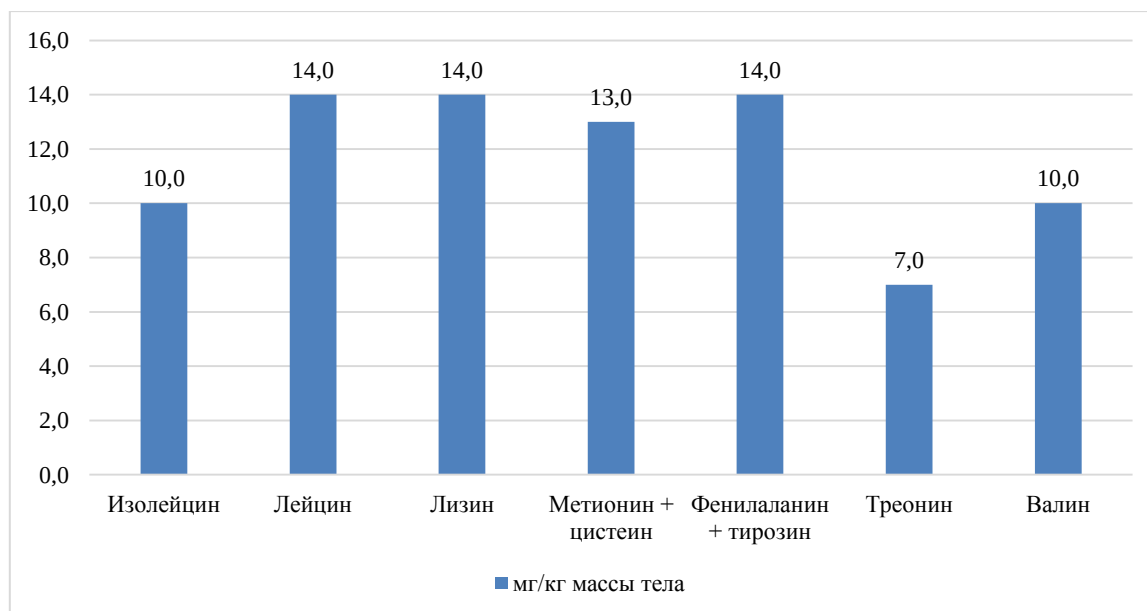


Рисунок 5 – Суточная потребность взрослых в незаменимых аминокислотах, мг/кг массы тела
Figure 5 – Daily requirement of adults for essential amino acids, mg/kg body weight

Результаты расчета биологической ценности белков разработанного йогурта с пребиотическим комплексом и йогурта без пребиотического комплекса представлены в таблице 1.

Нами установлено, что первыми лимитирующими аминокислотами в опытном образце являются изолейцин и лейцин; вторые лимитирующие аминокислоты – метионин и цистеин; третья – лизин. В данном случае мы наблюдаем незначительное повышение биологической ценности в обогащённом продукте.

Таблица 1 – Результаты расчета аминокислотного сора образцов йогуртов: без пребиотического комплекса (контроль) и обогащенного пребиотическим комплексом (опыт)
Table 1 – Results of calculating the amino acid score of yoghurt samples: without a prebiotic complex (control) and enriched with a prebiotic complex (experiment)

Аминокислота / Amino acid	Эталонный белок, г/100 г белка / Reference protein, g/100 g protein	Содержание незамени- мых аминокислот в продукте, г/100 г / Content of essential amino acids in the product, g/100 g		Содержание незамени- мых аминокислот, г / 100 г белка / Content of essential amino acids, g/100 g protein		Аминокислотный сор, % / Amino acid score, %	
		контроль / control	опыт / experience	контроль / control	опыт / experience	контроль / control	опыт / experience
Изолейцин / Isoleucine	4	0,23	0,24	5,4	5,5	49	50
Лейцин / Leucine	7						
Лизин / Lysine	5,5	0,18	0,19	4,28	4,3	77,8	78,2
Метионин + цистеин / Methionine + cysteine	3,5	0,10	0,11	2,3	2,5	65,7	71,4
Фенилаланин + тирозин / Phenylalanine + tyrosine	6	0,43	0,46	10,2	10,5	170	175
Треонин / Threonine	4	0,20	0,21	4,78	4,77	119,5	117,5
Валин / Valin	5	0,23	0,24	5,4	5,5	108	110

Под утилитарностью (a_i) следует понимать возможность усвоения каждой аминокислоты. Этот показатель представляет собой отношение минимального сора (C_{min}) к сору каждой аминокислоты (C_i) [13]. Для исследуемых продуктов результаты расчетов представлены на рисунке 6.

На основании данных рисунка 6 можно заключить, что сбалансированность незаменимых аминокислот исследуемых продуктов по отношению к эталону белка более высокая у обогащенного продукта.

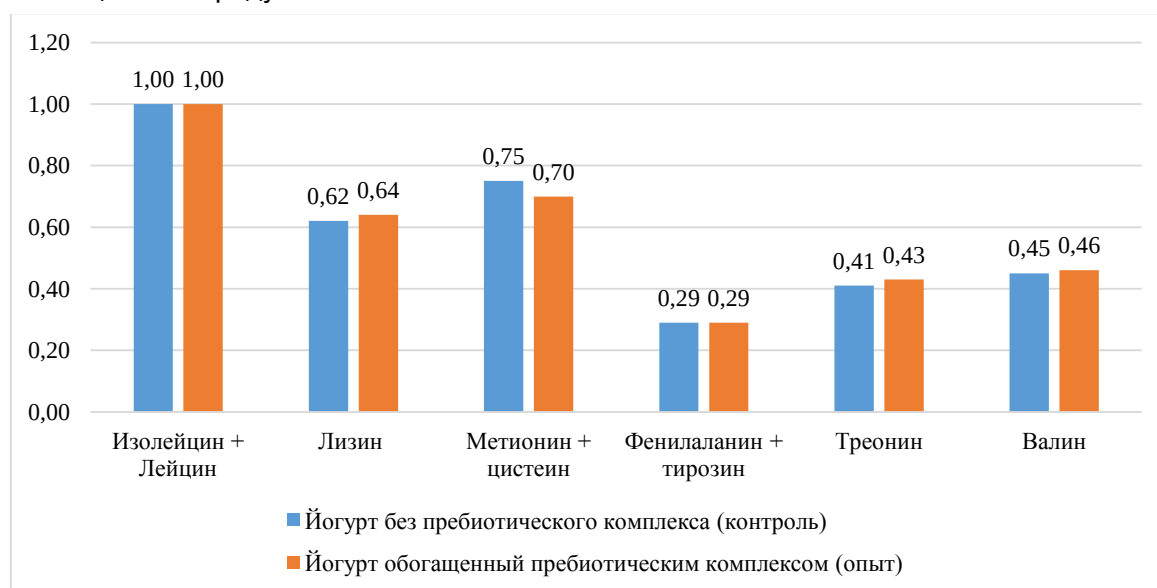


Рисунок 6 – Сравнительный анализ утилитарности аминокислот, в усл. ед.
Figure 6 – Comparative analysis of the utility of amino acids, in conventional units

Коэффициент утилитарности аминокислотного состава имеет практическое значение, так как возможность утилизации аминокислот организмом predetermined минимальным скором одной из них [14], это дает возможность дать характеристику сбалансированности аминокислот применительно к эталону (рисунок 7).

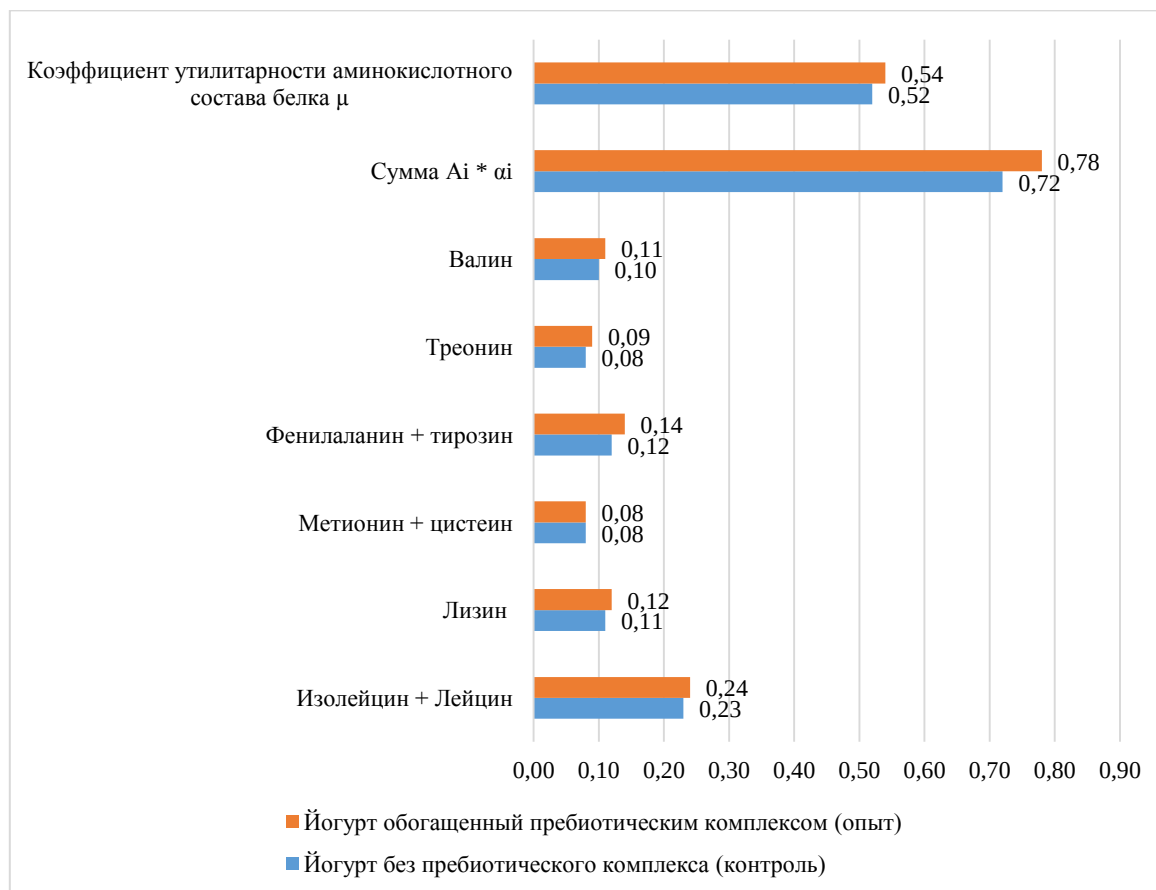


Рисунок 7 – Коэффициент утилитарности аминокислотного состава белка
Figure 7 – Utility coefficient of amino acid composition

Заключение. Биологическая ценность белков как традиционного йогурта, так и обогащённого, характеризуется высоким их содержанием, сбалансированностью по трём незаменимым аминокислотам и наличием трёх лимитирующих аминокислот. Обогащение йогурта пребиотическим комплексом незначительно повысило его биологическую ценность и возможность усвоения незаменимых аминокислот.

Учитывая вышеизложенное, можно заключить, что пребиотический компонент (в дозах, используемых авторами – 1%) использовать для повышения биологической ценности белка традиционных продуктов нецелесообразно. Основной функцией пребиотического компонента изучаемого йогурта является стабилизация кишечной микрофлоры, что и определяет его функциональную значимость.

Conclusions. The biological value of proteins, both traditional and enriched yogurt, is characterized by their high content, balance in three essential amino acids and the presence of three limiting amino acids. Enrichment of yogurt with a prebiotic complex slightly increased its biological value and the ability to absorb essential amino acids.

Taking into account the above, we can conclude that the prebiotic component (in the doses used by the authors – 1%) is not advisable to use to increase the biological value of protein in traditional products. The main function of the prebiotic component of the studied yogurt is the stabilization of intestinal microflora, which determines its functional significance.

Библиографический список

1. Cronin P., Joyce S. A., O'Toole P. W., O'Connor E. M. Dietary Fibre Modulates the Gut Microbiota. *Nutrients*. 2021. V. 13. N. 13 (5). P. 1655.

2. Klingensmith N. J., Coopersmith C. M. The Gut as the Motor of Multiple Organ Dysfunction in Critical Illness. *Crit Care Clin.* 2016. N 32 (2). Pp. 203-212.
3. Kumar A., Ali A., Kapardar R. K., Dar G. M., Nimisha A., Sharma A. K., et al. Implication of gut microbes and its metabolites in colorectal cancer. *J. Cancer Res. Clin. Oncol.* 2023. V. 149. Pp. 441-465.
4. Guarino M. P. L., Altomare A., Emerenziani S., Di Rosa C., Ribolsi M., Balestrieri P., Iovino P., Rocchi G., Cicala M. Mechanisms of Action of Prebiotics and Their Effects on Gastro-Intestinal Disorders in Adults. *Nutrients.* 2020. V. 9. No 12 (4). P.1037.
5. Lo Presti A., Zorzi F., Del Chierico F., Altomare A., Cocca S., Avola A., De Biasio F., Russo A., Cella E., Reddel S., et al. Fecal and Mucosal Microbiota Profiling in Irritable Bowel Syndrome and Inflammatory Bowel Disease. *Front. Microbiol.* 2019. No 10. P. 1655.
6. Храмов А. Г., Рябцева С. А., Будкевич Р. О., Ахмедова В. Р., Родная А. Б., Маругина Е. В. Пребиотики как функциональные пищевые ингредиенты: терминология, критерии выбора и сравнительной оценки, классификация. *Вопросы питания.* 2018. Т. 87. № 1. С. 5-17.
7. Kontareva V. Yu., Belik S. N., Morgul E. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I. Yogurt enriched to correct intestinal microflora in dysbiosis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations.* 2020. P. 82051.
8. Контарева В. Ю., Крючкова В. В., Скрипин П. В., Савицкая Т. С. Способ производства йогурта с пребиотическим комплексом и растительными компонентами: патент на изобретение RU 2681987 C1, 14.03.2019. Заявка № 2017140370 от 20.11.2017.
9. Kontareva V. Yu., Belik S. N., Morgul E. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I. The effect of prebiotic components on the quality of yogurt. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations.* 2020. P. 82054.
10. Kryuchkova V. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Lomonova N. V., Belik S. N. Functional curd product of increased biological value // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation,* 2021. P. 32073.
11. Watford M., Wu G. Protein. *Adv Nutr.* 2018. V. 1. No 9 (5). Pp. 651-653.
12. Tu Z., Yang J., Fan C. The role of different nutrients in the prevention and treatment of cardiovascular diseases. *Front Immunol.* 2024. V. 10. No 15. P. 1393378.
13. Елисеева Л. И., Сидоров А. А. Биологическая ценность якутского национального кисломолочного продукта «Издэгэй». *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания.* 2019. № 3 (29). С. 14-17.
14. Кравченко Н. В., Вакуленко Н. А. Анализ пищевой и биологической ценности хлеба. *Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования».* 2021. № 70-2. С. 151-154.

References

1. Cronin P., Joyce S. A., O'Toole P. W., O'Connor E. M. Dietary Fibre Modulates the Gut Microbiota. *Nutrients.* 2021. V. 13. N. 13 (5). P. 1655.
2. Klingensmith N. J., Coopersmith C. M. The Gut as the Motor of Multiple Organ Dysfunction in Critical Illness. *Crit Care Clin.* 2016. N 32 (2). Pp. 203-212.
3. Kumar A., Ali A., Kapardar R. K., Dar G. M., Nimisha A., Sharma A. K., et al. Implication of gut microbes and its metabolites in colorectal cancer. *J. Cancer Res. Clin. Oncol.* 2023. V. 149. Pp. 441-465.
4. Guarino M. P. L., Altomare A., Emerenziani S., Di Rosa C., Ribolsi M., Balestrieri P., Iovino P., Rocchi G., Cicala M. Mechanisms of Action of Prebiotics and Their Effects on Gastro-Intestinal Disorders in Adults. *Nutrients.* 2020. V. 9. No 12 (4). P.1037.
5. Lo Presti A., Zorzi F., Del Chierico F., Altomare A., Cocca S., Avola A., De Biasio F., Russo A., Cella E., Reddel S., et al. Fecal and Mucosal Microbiota Profiling in Irritable Bowel Syndrome and Inflammatory Bowel Disease. *Front. Microbiol.* 2019. No 10. P. 1655.
6. Khramtsov A. G., Ryabtseva S. A., Budkevich R. O., Akhmedova V. R., Rodnaya A. B., Marugina E. V. Prebiotics as Functional Food Ingredients: Terminology, Selection and Comparative Evaluation Criteria, Classification. *Nutrition issues.* 2018. V. 87. № 1. Pp. 5-17.
7. Kontareva V. Yu., Belik S. N., Morgul E. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I. Yogurt enriched to correct intestinal microflora in dysbiosis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations.* 2020. P. 82051.
8. Kontareva V. Yu., Kryuchkova V. V., Skripin P. V., Savitskaya T. S. Method of Yogurt Production with Prebiotic Complex and Plant Components: Patent for Invention RU 2681987 C1, 14.03.2019. Application No 2017140370 dated 11/20/2017.
9. Kontareva V. Yu., Belik S. N., Morgul E. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I. The effect of prebiotic components on the quality of yogurt. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations.* 2020. P. 82054.
10. Kryuchkova V. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Lomonova N. V., Belik S. N. Functional curd product of increased biological value // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation,* 2021. P. 32073.
11. Watford M., Wu G. Protein. *Adv Nutr.* 2018. V. 1. No 9 (5). Pp. 651-653.
12. Tu Z., Yang J., Fan C. The role of different nutrients in the prevention and treatment of cardiovascular diseases. *Front Immunol.* 2024. V. 10. No 15. P. 1393378.

13. Eliseeva L. I., Sidorov A. A. Biological value of the Yakut national fermented milk product "Iledegei". Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products. 2019. № 3 (29). Pp. 14-17.

14. Kravchenko N. V., Vakulenko N. A. Analysis of the Food and Biological Value of Bread. Peer-reviewed scientific journal "Trends in the Development of Science and Education". 2021. № 70-2. Pp. 151-154.

Информация об авторах

Контарева Валентина Юрьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, механизации и автоматизации технологических процессов и производств ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (Российская Федерация, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, д. 24), e-mail: valia_k@bk.ru

Белик Светлана Николаевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» (Российская Федерация, 344022, г. Ростов-на-Дону, переулок Нахичеванский, д. 29), e-mail: superbelik@mail.ru

Горлов Иван Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), заведующий кафедрой «Технология пищевых производств» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, проспект им. В. И. Ленина, д. 28), ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Мосолова Наталья Ивановна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0001-6559-6595, e-mail: niimmp@mail.ru

Сложенкина Александра Алексеевна, соискатель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0001-5913-5303, e-mail: slozhenkina@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Author's Information

Kontareva Valentina Yurievna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety, Mechanization and Automation of Technological Processes and Production "Don State Agrarian University" (Russian Federation, 346493, Rostov Region, Oktyabrsky District, Persianovsky Village, Krivoshlykova Street, 24), e-mail: valia_k@bk.ru

Belik Svetlana Nikolaevna, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of General Hygiene "Rostov State Medical University" (Russian Federation, 344022, Rostov-on-Don, Nakhichevansky Lane, 29), e-mail: superbelik@mail.ru

Gorlov Ivan Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Supervisor "Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products" (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), Head of the Department of Food Production Technology Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, Lenin Avenue, 28), Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Mosolova Natalia Ivanovna, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher "Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products" (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), ORCID: 0000-0001-6559-6595, e-mail: niimmp@mail.ru

Slozhenkina Aleksandra Alekseevna, applicant "Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products" (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), ORCID: 0000-0001-5913-5303, e-mail: slozhenkina@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher "Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products" (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

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

Тютюма Н. В., Айтпаева А. А., Воронов С. И., Булахтина Г. К. Корреляционно-регрессионный анализ влияния уровня минерального питания на урожайность картофеля, выращиваемого на орошении Tyutyuma N. V., Aitpaeva A. A., Voronov S. I., Bulakhtina G. K. Correlation-regression analysis of the influence of the level of mineral nutrition on the yield of potatoes grown under irrigation.....	22
Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Оценка устойчивости свеклы столовой к церкоспорозу Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. Assessment of canteen beet resistance to cercosporosis.....	30
Медведев Г. А., Михальков Д. Е., Екатериничева Н. Г. Урожайность подсолнечника в различных системах возделывания на черноземах южных Волгоградской области Medvedev G. A., Mikhalkov D. E., Ekaterinicheva N. G. Sunflower yield in various cultivation systems on the southern chernozems of the Volgograd region...	38
Остонакулов Т. Э., Адилов М. М. Фотосинтетическая активность и урожайность различной спелости сортов картофеля при двуурожающей культуре Ostonakulov T. E., Adilov M. M. Photosynthetic activity and yield of potato varieties of different ripeness in a double cropping culture..	46
Петров Н. Ю., Воронин С. М., Курепина Н. Л., Беляев И. А., Петров Ю. Н. Вопросы плодородия почв в посевах ярового ячменя южного региона России Petrov N. Yu., Voronin S. M., Kurepina N. L., Belyaev I. A., Petrov Yu. N. Issues of soil fertility in spring barley crops in the southern region of Russia.....	53
Семенов С. Я. Экологический императив в инновационных технологиях полива животноводческими стоками Semenenko S. Ya. The environmental imperative in innovative technologies of irrigation with livestock wastewater	60
Турчин Т. Я., Ребриев Ю. А., Пронина Е. Н., Арчаков Д. И. Итоги работы Южно-Европейской НИЛОС по созданию «Национальной программы действий по борьбе с опустыниванием Ростовской области» Turchin T. Y., Rebriev Y. A., Pronina E. N., Archakov D. I. Results of the work of the South European SRFES on the creation of a «National action program to combat desertification in the Rostov region»	70
Айтпаева А. А., Тютюма Н. В., Кадралиев Д. С., Булахтина Г. К. Роль совместных посевов кукурузы и сорго в устойчивом развитии орошаемого кормопроизводства в аридной зоне Aitpaeva A. A., Tyutyuma N. V., Kadraliev D. S., Bulakhtina G. K. The role of joint cropping of corn and sorghum in the sustainable development of irrigated forage production in the arid zone	80
Булахтина Г. К., Подопригоров Ю. Н. Выращивание саженцев джугуна безлистного на светло-каштановых почвах Северного Прикаспия Bulahtina G. K., Podoprigorov Yu. N. Growing seedlings of leafless juzgun on light chestnut soils of the Northern Caspian region	88
Ганич В. А., Наумова Л. Г., Фатахетдинова М. В. Реакция сортов винограда межвидового происхождения на погодные условия Нижнего Придонья Ganich V. A., Naumova L. G., Fatakhettinova M. V. Reaction of grape varieties of interspecific origin to weather conditions of lower Don region	95

Гиченкова О. Г., Лаптина Ю. А., Маликова П. С., Лаптина У. А. Эффективность различных систем защиты картофеля в технологии возделывания сортов с пигментированной мякотью Gichenkova O. G., Laptina Yu. A., Malikova P. S., Laptina U. A. The efficiency of various potato protection systems in the technology of cultivating varieties with pigmented pulp.....	103
Григорьев С. В., Илларионова К. В. Качество волокна хлопчатника российской селекции. Анализ главных компонент Grigoriev S. V., Illarionova K. V. Cotton fiber quality of russian breeding. Principal component analysis.....	115
Демьяненко Е. В., Федорова З. С., Малахова С. Д., Трунов В. В. Фитосанитарное состояние посевов сои в Калужской области Demyanenko E. V., Fedorova Z. S., Malakhova S. D., Trunov V. V. Phytosanitary condition of soybean crops in the Kaluga region.....	122
Зайцева Н. А., Климова И. И., Ячменева Е. В. Новый перспективный сорт сафлора Астраханский 646 Zaitseva N. A., Klimova I. I., Yachmeneva E. V. A new promising variety of safflower Astrakhan 646.....	132
Иозус А. П., Завьялов А. А., Бойко С. Ю., Бойко Н. А. Межвидовые и внутривидовые гибриды сосны Pinus L. в сухой степи Нижнего Поволжья Iozus A. P., Zavyalov A. A., Boyko S. Yu., Boyko N. A. Interspecific and intraspecific hybrids of Pinus L. pine in the dry steppe of the Lower Volga region.....	138
Курапина Н. В., Медведицкова О. Н. Интеграция растительных элементов и парковых сооружений в контексте рекреационного ландшафта в аридной зоне Kurapina N. V., Medveditskova O. N. Integration of plant elements and park structures in the context of recreational landscape in the arid zone.....	149
Неверов А. А., Абдрашитов Р. Р. Прогноз урожайности агрокультур и погодных условий в 2024 году для центральной зоны Оренбургского Предуралья Neverov A. A., Abdrashitov R. R. Forecast of crop yields and weather conditions in 2024 for the central zone of the Orenburg Cis-Urals.....	160
Гузенко А. Ю., Гузенко А. В. Результаты влияния обработок инновационными микроудобрениями на фотосинтетический потенциал и урожайность ярового ячменя в засушливых условиях Нижнего Поволжья Guzenko A. Yu., Guzenko A. V. Results of the influence of innovative microfertilizer treatments on the photosynthetic potential and yield of spring barley in the arid conditions of the Lower Volga region	167
Каракаджиев А. С., Кигашпаева О. П., Гулин А. В. Создание банка доноров генетических источников ценных признаков перца сладкого Karakadzhiev A. S., Kigashpaeva O. P., Gulin A. V. Creation of a donor bank of genetic sources of valuable traits of sweet pepper	177
Подласова Е. Ю., Новикова А. А. Оценка сортов яровой твердой пшеницы оренбургской селекции по показателям качества и количества клейковины Podlasova E. Y., Novikova A. A. Evaluation of spring durum wheat varieties of Orenburg breeding in terms of quality and quantity of gluten.....	186

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ / ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

Горлов И. Ф., Сложенкина М. И. Основные направления к развитию животноводства в агроэкологических условиях Юга России (анализ полученных результатов). Gorlov I. F., Slozhenkina M. I. Main directions to the development of animal husbandry in agroecological conditions of the South of Russia (analysis of the results obtained).....	194

Горлов И. Ф., Мосолова Н. И., Антипова Т. А., Кудряшова О. В., Анисимова Е. Ю., Воронцова Е. С., Сложенкина А. А. Результаты исследований миграции минеральных веществ в молочно-пищевой цепочке в условиях Волгоградской области Gorlov I. F., Mosolova N. I., Antipova T. A., Kudryashova O. V., Anisimova E. Y., Vorontsova E. S., Slozhenkina A. A. The results of research on the migration of mineral substances in the dairy-food chain in the conditions of the Volgograd region.....	214
Кощаев А. Г., Крючин Д. В., Костенко С. В. Продуктивные качества иммунокастрированного молодняка свиней в условиях племенного репродуктора Koshchaev A. G., Kryuchin D. V., Kostenko S. V. Productive qualities of immunocastrated young pigs under the conditions of a breeding reproducer....	225
Новиков А. Е., Тихонова М. К., Московец М. В., Торопов А. Ю. Использование инновационной биотехнологии в развитии товарной аквакультуры Novikov A. E., Tikhonova M. K., Moskovets M. V., Toropov A. Y. The use of innovative biotechnology in the development of commercial aquaculture.....	235
Кабардиев С. Ш., Биттиров А. М., Карпущенко К. А., Шапиев Б. И. Биоразнообразие фауны трематод и цестод и эпизоотологические особенности у коз дагестанской пуховой породы в условиях Прикаспийского региона России Kabardiev S. Sh., Bittirov A. M., Karpuschenko K. A., Shapiev B. I. Biodiversity of the fauna of trematodes and cestodes and epizootological features of goats of the Dagestan downy breed in the conditions of the Caspian region of Russia.....	243
Колосов Ю. А., Панфилова Г. И., Епифанов К. С., Чамурлиев Н. Г. Сравнительная оценка симментальской и красно-пестрой пород в условиях сухостепной зоны Kolosov Yu. A., Panfilova G. I., Epivanov K. S., Chamurliiev N. G. Comparative assessment of simmental and red-mottled breeds in the conditions of the dry steppe zone.....	250
Карпенко Е. В., Гришин В. С., Горлов И. Ф., Лазарева Е. Ю., Бадмаева К. Е., Мосолова Д. А. Зависимость плодовитости первотелок мясного направления продуктивности от генотипа и живой массы Karpenko E. V., Grishin V. S., Gorlov I. F., Lazareva E. Yu., Badmaeva K. E., Mosolova D. A. The dependence of the fertility of first-calf heifers the meat production line on genotype and live weight.....	257
Малкова Н. Н., Остякова М. Е., Ирхина В. К. Биохимический профиль лактирующих коров с субклинической и серозной формами мастита Malkova N. N., Ostyakova M. E., Irkhina V. K. Biochemical profile of lactating cows with subclinical and serous forms of mastitis.....	264
Харзинова В. Р., Доцев А. В., Зиновьева Н. А. Полногеномный анализ генетического разнообразия и структуры региональных популяций ненецкой породы северного оленя Kharzinova V. R., Dotsev A. V., Zinovieva N. A. Genome-wide analysis of the genetic diversity and structure of regional populations of the nenets reindeer breed.....	271
Иванищева А. П., Сизова Е. А., Камирова А. М., Шошин Д. Е. Влияние различных концентраций экстракта corticis quercus на рубцовое пищеварение <i>in vitro</i> Ivanishcheva A. P., Sizova E. A., Kamirova A. M., Shoshin D. E. The effect of different concentrations of corticis quercus extract on rumen digestion in vitro.....	280
Пузанкова В. А., Кудряшова О. В., Горлов И. Ф., Мосолова Н. И., Ткаченкова Н. А., Воронцова Е. С., Сложенкина А. А. Влияние новой кормовой добавки «КД-Биш» в рационе высокопродуктивных коров на качество кисломолочных продуктов для детского питания Puzankova V. A., Kudryashova O. V., Gorlov I. F., Mosolova N. I., Tkachenkova N. A., Vorontsova E. S., Slozhenkina A. A. Effect of the new feed additive «KD-Bish» in the diet of highly productive cows on the quality of fermented milk products for baby food.....	287

**АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ /
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES****Цепляев В. А.**

Технологии и средства механизированной борьбы с корнеотпрысковыми сорняками в посевах бахчевых культур методом вычесывания

Tseplyaev V. A.

Technologies and means of mechanized control of root weeds in melon crops by combing..... 296

**Овчинников А. С., Киселев А. А., Бочарников В. С., Киселев А. П., Козинская О. В.,
Кузнецова Н. В.**

Технические решения для эффективной работы дождевальных машин

**Ovchinnikov A. S., Kiselev A. A., Bocharnikov V. S., Kiselev A. P., Kozinskaya O. V.,
Kuznetsova N. V.**

Technical solutions for effective operation of sprinkling machines..... 302

Брюханов А. Ю., Шалавина Е. В., Васильев Э. В.

Обоснование метода эффективной переработки смеси конского и козьего навоза в установках закрытого типа

Briukhanov A. Yu., Vasilev E. V., Shalavina E. V.

Justifying a method for effective processing of horse and goat manure mix in closed-type installations..... 310

Будаговская О. Н., Жидехина Т. В.

Потенциальные возможности интерферометрии для анализа гибридов смородины черной

Budagovskaya O. N., Zhidekhina T. V.

Potential possibilities of interferometry for the analysis of black currant hybrids..... 320

Короткий И. А., Расщепкин А. Н., Короткая Е. В., Усов А. В., Осинцев А. М.

Оптимизация энергетических затрат режима флюидизации при замораживании ягод черной смородины

Korotkiy I. A., Rasshchepkin A. N., Korotkaya E. V., Usov A. V., Osintsev A. M.

Optimization of the energy consumption of the fluidization mode when freezing black currant berries. 327

Кочеткова О. В.

Архитектура информационной системы и архитектура растениеводческого предприятия, использующего технологию IOT

Kochetkova O.V.

Information system architecture and architecture of a crop enterprise, using IOT technology..... 338

Субботин С. И., Фомин С. Д., Гапич Д. С.

Моделирование процесса взаимодействия частиц почвы с поверхностью рабочего органа, упрочненного продольным армировочным валиком

Subbotin S. I., Fomin S. D., Gapich D. S.

Simulation of the process of interaction of soil particles with the surface of the working body strengthened with a longitudinal reinforcing roller..... 348

Субботин С. И., Гапич Д. С., Фомин С. Д.

Экспериментальные исследования чизельного агрегата, оборудованного рабочими органами с улучшенными геометрическими характеристиками

Subbotin S. I., Gapich D. S., Fomin S. D.

Experimental studies of a chisel unit equipped with working bodies with improved geometric characteristics..... 355

Успенский И. А., Колотов А. С., Ушанев А. И., Фадеев И. В., Филюшин О. В., Прибылов Д. О.

Физико-механические свойства яблок

Uspenskiy I. A., Kolotov A. S., Ushanev A. I., Fadeev I. V., Filyushin O. V., Pribylov D. O.

Physical and mechanical properties of apples..... 364

Шемякин А. В., Лимаренко Н. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Юмаев Д. М.

Концептуальные основы повышения эффективности обеззараживания свиного бесподстилочного навоза цифровыми решениями

Shemyakin A. V., Limarenko N. V., Uspenskiy I. A., Yukhin I. A., Yumaev D. M.

Conceptual foundations for improving the efficiency of disinfection of pig bedding manure by digital solutions..... 373

Пархоменко Н. Г., Камбулов С. И., Подлесный Д. С., Божко И. В., Белоусов С. В. Почвозащитные показатели нового рабочего органа парового культиватора Parhomenko G. G., Kambulov S. I., Podlesny D. S., Bozhko I. V., Belousov S. V. Soil protection indicators of the new working body steam cultivator	381
Сенкевич С. Е., Годжаев З. А., Ильченко Е. Н., Алексеев И. С. Определение частот и форм собственных крутильных колебаний многомассовой системы самоходного шасси тягового класса 0,6 Senkevich S. E., Gojaev Z. A., Ilchenko E. N., Alekseev I. S. Determination of frequencies and shapes of natural torsional oscillations of a multimass system of a self-propelled chassis of traction class 0.6.....	387
Чаплыгин М. Е., Беспалова О. Н., Кадыргалиев А. З. Концептуальные положения технологии производства зерновых культур для селекционных работ с помощью цифровых методов Chaplygin M. E., Bepalova O. N., Kadyrgaliev A. Z. Conceptual provisions of grain production technology for selection works using digital methods.....	419
Трушев В. В., Мазанов Р. Р., Уржумова Ю. С., Тарасьянц С. А. Экспериментальные исследования определения остаточной энергии в напорном трубопроводе насосной станции вследствие изменения местоположения потребителя Trushev V. V., Mazanov R. R., Urzhumova Y. S., Tarasyants S. A. Experimental studies of the determination of residual energy in the pressure pipeline of a pumping station as a result of a change in the location of the consumer.....	429
Неверов Е. Н., Плотников И. Б., Коротких П. С., Плотников Л. В. Применение диоксида углерода при производстве сухих смесей из растительных компонентов Neverov E. N., Plotnikov I. B., Korotkih P. S., Plotnikova L. V. The use of carbon dioxide in the production of dry mixtures from plant components.....	440
Контарева В. Ю., Белик С. Н., Горлов И. Ф., Мосолова Н. И., Сложенкина А. А., Воронцова Е. С. Биологическая ценность йогурта, обогащенного пребиотическим комплексом Kontareva V. Yu., Belik S. N., Gorlov I. F., Mosolova N. I., Slozhenkina A. A., Vorontsova E. S. Biological value of yogurt enriched with a prebiotic complex.....	453
СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS	463

**ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ
НАУЧНЫХ СТАТЕЙ 2024**

Редакция журнала в своей деятельности руководствуется принципами научности, объективности и беспристрастности

1. Содержание статьи должно соответствовать специальностям:
 - 4.1.1 Общее земледелие и растениеводство.
 - 4.1.2 Селекция, семеноводство биотехнология растений.
 - 4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений.
 - 4.1.4 Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры.
 - 4.1.5 Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика.
 - 4.1.6 Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация.
 - 4.2.1 Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология.
 - 4.2.2 Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность.
 - 4.2.3 Инфекционные болезни и иммунология животных.
 - 4.2.4 Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства.
 - 4.2.5 Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных.
 - 4.2.6 Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство.
 - 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.
 - 4.3.2 Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.
 - 4.3.3 Пищевые системы.
2. Технический анализ рукописи осуществляется ответственным секретарем журнала, согласно требованиям для авторов, в трехдневный срок после представления рукописи в электронной форме (izvestiya-volgau@mail.ru) и передается на проверку отсутствия неправомерных и некорректных заимствований, определения объема оригинальности авторского текста в Центр наукометрического анализа международных систем индексирования (НАМСИ).
3. Проверка цитирований и ссылок на использованные источники, определение степени заимствования, обусловленного целями цитирования, объема **оригинальности** авторского текста осуществляется в трехдневный срок **по всем коллекциям** в системе Antiplagiat.ru. Допустимый объем цитирований (корректного правомерного заимствования) – не более 30% от общего объема статьи (неправомерные заимствования не допускаются!) в соответствии с COPE.
4. Передача на рецензирование осуществляется зам. главного редактора после технического анализа и проверки оригинальности авторского текста, в течение трех дней. Издание осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих ее тематике, с целью их экспертной оценки. Рецензирование статьи производится **независимыми экспертами** журнала (не менее 2) в течение не более 30 дней с момента получения рукописи. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Рецензии хранятся в издательстве и в редакции издания в течение 5 лет. При наличии существенных замечаний рукопись возвращается авторам с письменным перечислением замечаний, требующих устранения. В журнале используется двустороннее слепое рецензирование (double-blind reviewing): рецензент и автор не знают имён друг друга.
5. Повторное рецензирование осуществляется после представления варианта статьи, с устраненными замечаниями, в течение не более 30 дней. При трехкратном повторном возврате рукописи с замечаниями рецензента вопрос о ее принятии или отклонении решается на заседании редакционной коллегии.
6. Решение о публикации принимается в соответствии с Уставом редакции главным редактором на основе научных рецензий и мнения членов редколлегии. При принятии решения о публикации главный редактор руководствуется достоверностью представления данных и научной значимостью рассматриваемой работы.

7. В случае принятия решения о публикации в течение трех дней рукопись статьи передается в РИО и НТБ для корректуры и редактирования материала статьи, в том числе англоязычной части.

8. Рецензии предоставляются авторам рукописей и по запросам экспертных советов в ВАК. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ. Рукописи возврату не подлежат.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Оформление статьи должно соответствовать Межгосударственным и национальным стандартам Российской Федерации по издательскому делу.

Статья представляется в редакцию в электронной версии (в формате Word Windows), Статья должна иметь УДК (можно определить на сайте <http://teacode.com/online/udc/>). Количество авторов – не более четырех.

Статья набирается в текстовом процессоре Microsoft Word со следующими установками: поля страницы сверху, снизу – 2,4 см; слева, справа – 2,8 см. Стиль обычный. Шрифт – Arial, размер шрифта 10,5. Межстрочный интервал для текста – одинарный, для таблиц – одинарный, режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Абзацный отступ должен быть одинаковым по тексту – 1,27 см.

Рисунки, схемы, фотографии представляются в формате PDF, JPEG, TIFF с разрешением не ниже 300 dpi (сканировать таблицы, схемы, рисунки не допускается). Все рисунки должны быть четкими, надписи хорошо видны.

В статье помещаются: УДК, название статьи, инициалы и фамилия автора (авторов), ученая степень, звание автора (ов), аннотация, ключевые слова. Образец форматирования – на сайте журнала.

В статье следует четко выделять следующие составные части: **1 Введение (Introduction), 2 Материалы и методы (Materials and methods), 3 Результаты (Results), 4 Обсуждение (Discussion), 5 Заключение (Conclusions), 6 Библиографический список (References).**

Особое внимание следует уделить *полноте пристатейного библиографического списка* (не менее **12-15** источников, в том числе отражающих зарубежные исследования). При этом необходимо избегать **недобросовестного цитирования** (необоснованного «накручивания» цитат, а также самоцитирования), **некорректного цитирования** (неоправданного содержанием цитируемых статей). *Цитирование должно быть максимальным, но обоснованным. Недостаточное или избыточное цитирование снижает рейтинг журнала.*

В конце работы ставятся дата и подпись автора (авторов), приводятся сведения об авторе (авторах): место работы, факультет, кафедра, (отдел, научное подразделение), ученое звание, ORCID, контактные телефоны, почтовый и электронный адрес.

Авторы должны раскрывать в своей рукописи любой финансовый или какой-либо другой существенный конфликт интересов, который мог бы быть 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 № 4 (76), 2024**

Ответственный редактор – *Д. А. Шишлянникова*
Технический редактор – *Т. А. Ситникова*
Компьютерная верстка – *Е. С. Дергачева*
Перевод – *Н. В. Тураева*

Реестровая запись: серия ПИ № ФС77-80865 выдано 23.04.2021
Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
Издается с 1997 г. Выходит 6 раз в год.

Подписной индекс ПП573
Адрес издателя и редакции: 400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.
Электронная почта izvestiya-volgau@mail.ru
Дата выхода 30.08.2024.
Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 206.
Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе Волгоградского ГАУ «Нива»
400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Цена свободная

* * *

**Proceedings
of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
Science and higher vocational education № 4 (76), 2024**

Executive editor – *D. A. Shishlyannikova*
Technical editor – *T. A. Sitnikova*
Desktop publishing – *E. S. Dergacheva*
Translation – *N. V. Turaeva*

Registry entry: PI series no. FS77-80865 issued on 23.04.2021
Federal Service for Supervision of Communications,
Information technology and mass communications
Published since 1997. Published 6 times a year.

Subscription Index ПП573
Address of publisher and editorial staff: 400002, Volgograd, University Avenue, 26
E-mail: izvestiya-volgau@mail.ru
Release Date 30.08.2024.
Edition 1000 (first factory 100). Order 206.
Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»
400002, Volgograd, University Avenue, 26.

Free price